A.O DOCW 1462
1
12
II

PANEL '81 EXPODATA

JAIIO 12

VIII CONFERENCIA LATINOAMERICANA DEL CLEI

Centro Latinoamericano de Estudios en **Informática**

12° Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa

BUENOS AIRES MARZO, 1981

Decreto de Interés Nacional Nro. 2746

Decreto de Interés Municipal Nro. 7316

PATROCINADO POR:

IBI, Oficina Intergubernamental para la Informática

CON LOS AUSPICIOS DE:

Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología, SECYT

Subsecretaría de Informática, Secretaría de Planeamiento, Presidencia de la Nación

Subsecretaría de la Función Pública, Presidencia de la Nación

Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires

FUNDACION CEDINFOR
ORIGEN SADIO
DOCUMENTO
NRO. INV 0463
FECHA 25 MAR 1987

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

CAPITULO H

APLICACIONES EN INGENIERIA

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

RESOLUCION DEL CABLEADO LONGITUDINAL DE UN PUENTE PRETENSADO CONSTRUIDO POR EL METODO DE AVANCE POR VANOS

Radko Balcar
Alfredo R. Nordmann

División Computación de la Universidad de la República
(DI. C. U. R.)
Casilla de Correo 1535, Montevideo - Uruguay.

RESUMEN

El programa que se expone sirve para hallar el cableado longitudinal de un puente continuo precomprimido, construído por avance por vanos.

Esta solución de puentes contínuos es económica para luces medianas (30 -60 m.). Se trata de llegar a una solución de tramos de luces iguales para uniformizar los momentos sobre los apoyos.

Este problema es dificultoso por ser la estructura hiperestática y por la forma de construcción que trae problemas de aparición de momentos secundarios o parasitarios en el primer caso y de fluencia lenta en el segundo caso. Por estas razones el cálculo del puente sin uso de computadora se hace difícil y largo sin tener la certeza de obtener una solución exacta por tener que usar métodos aproximados. Además si hay variación de inercia es prácticamente imposible hacer el cálculo del cable en forma manual.

El programa luego del estudio de solicitaciones externas que serán datos, halla las ordenadas del baricentro de los cables y los esfuerzos aplicados a los mismos.

Se utilizan ecuaciones clásicas de resistencia de materiales, aplicando el método iterativo "por aproximaciones sucesivas" para resolver el problema.

No se pretende hallar la solución más ventajosa, sino encontrar una de las infinitas soluciones posibles.

El programa asegura una convergencia del método para el caso en que haya alguna solución.

Se utilizan métodos numéricos para hallar derivadas, integrales y resolución de sistemas de ecuaciones.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

APLICACIONES DE LA INVESTIGACION DE OPERACIONES EN LA INGENIERIA ELECTRICA DE POTENCIA

Patricio A. Rebolledo Reyes

Empresa Nacional de Electricidad S.A.
Casilla 1392, Santiago, Chile

OBJETIVO DEL TRABAJO

Estudio y aplicación de técnicas de investigación de operaciones en Ingeniería Eléctrica de Potencia, realizadas en la Empresa Nacional de Electricidad S.A. ENDESA-CHILE.

INTRODUCCION

Existe un número importante de aplicaciones, que para la obtención de soluciones óptimas, requieren de técnicas de investigación de operaciones. Muchas de ellas deben manejar un volumen considerable de variables y alternativas de cálculo, lo que hace necesario el uso de computadores que permitan llevar a la práctica dichas técnicas de optimización.

Ejemplos de lo anterior expuesto, lo constituyen la utilización de la Programación Dinámica en la Programación de la Generación de Centrales Eléctricas y en el Diseño de Líneas de Transmisión. Estas aplicaciones son el motivo de este trabajo, en el cual se desarrollan modelos que utilizan las técnicas de investigación de operaciones anteriormente mencionadas.

DESARROLLO DEL TRABAJO

I. ¿QUE ES LA PROGRAMACION DINAMICA?

La Programación Dinámica es una técnica de investigación de operaciones, que se basa en el principio de optimidad desarrollado por R. Bellman, que en su concepto fundamental dice : "Si se considera una trayectoria óptima entre dos puntos A y B (función F); bajo ciertas condiciones y, en particular, si hemos elegido adecuadamente el espacio en el cual se representan las evoluciones del sistema, toda porción MN de esta trayectoria es en sí óptima entre todas las posibles trayectorias de M a N.

Esto es así, ya que si existiera una mejor trayectoria MN, por ella pasaría la trayectoria óptima de A a B. Sin embargo, para que esto sea verdadero la contribución de la porción de trayectoria MN a la función F sólo debe depender de M y N, y no de las porciones AM y NB de la trayectoria". Ver figura 1.

II. PROGRAMACION DINAMICA EN LA PROGRAMACION DE GENERACION DE CENTRALES ELECTRICAS

La programación de generación de centrales tiene gran importancia económica en la generación eléctrica, ya que optimiza el uso de recursos energéticos de una central.

En este trabajo, se ha desarrollado un modelo que confecciona una "tabla de operación" para una central, la cual indica como repartir una determinada potencia entre las máquinas de la central, de manera de minimizar el gasto total. La minimización se consigue mediante el uso de la programación dinámica, conociendo la curva potencia-gasto de cada máquina, sin considerar la regulación de frecuencia y el mayor desgaste a que están sujetas las máquinas de mayor rendimiento. Además, el modelo contempla la posibilidad de realizar la repartición económica considerando una de las máquinas de la central como motor síncrono, lo que permite obtener alternativas con mayor respaldo de energía.

El modelo de optimización, construye máquinas equivalentes, cuya tabla potencia-gasto se forma con la contribución de potencia de 2 máquinas de la central, de manera que el gasto de la máquina equivalente sea mínimo para cada potencia de generación. La máquina equivalente, así formada, constituye la programación económica de generación para 2 máquinas de la central.

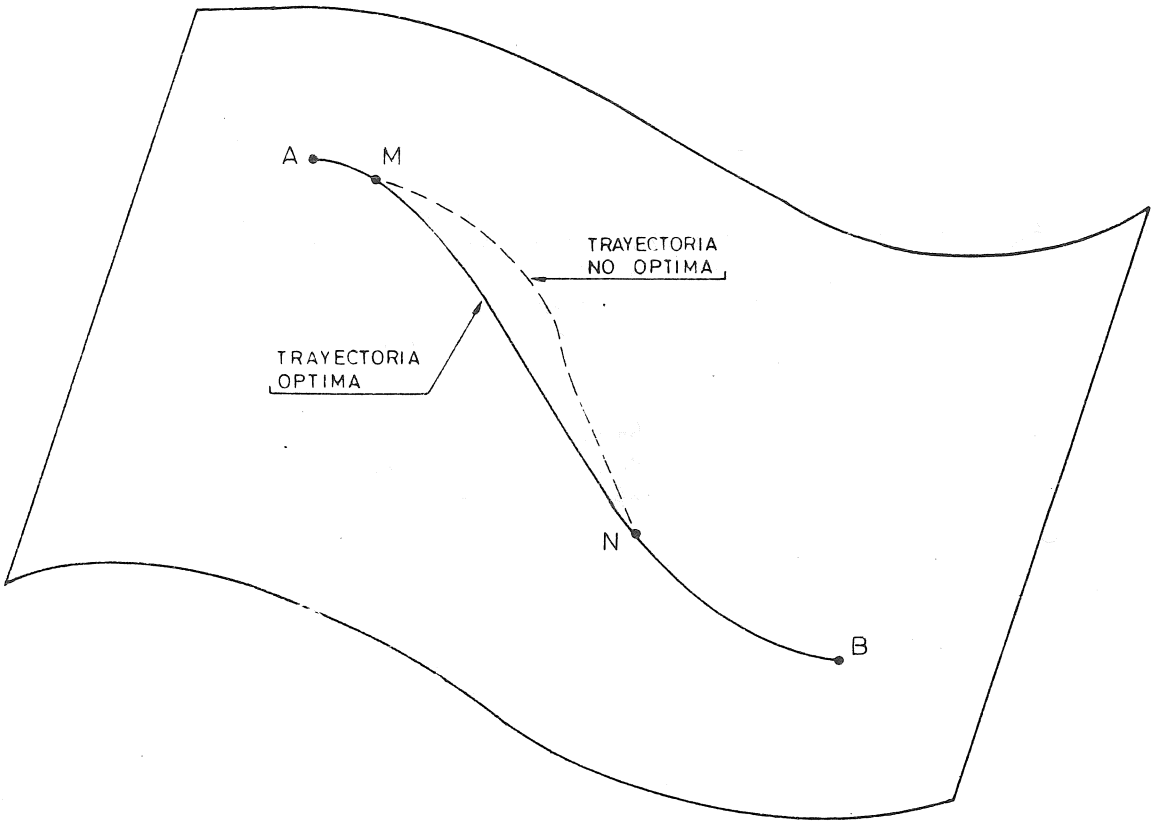


FIGURA 1

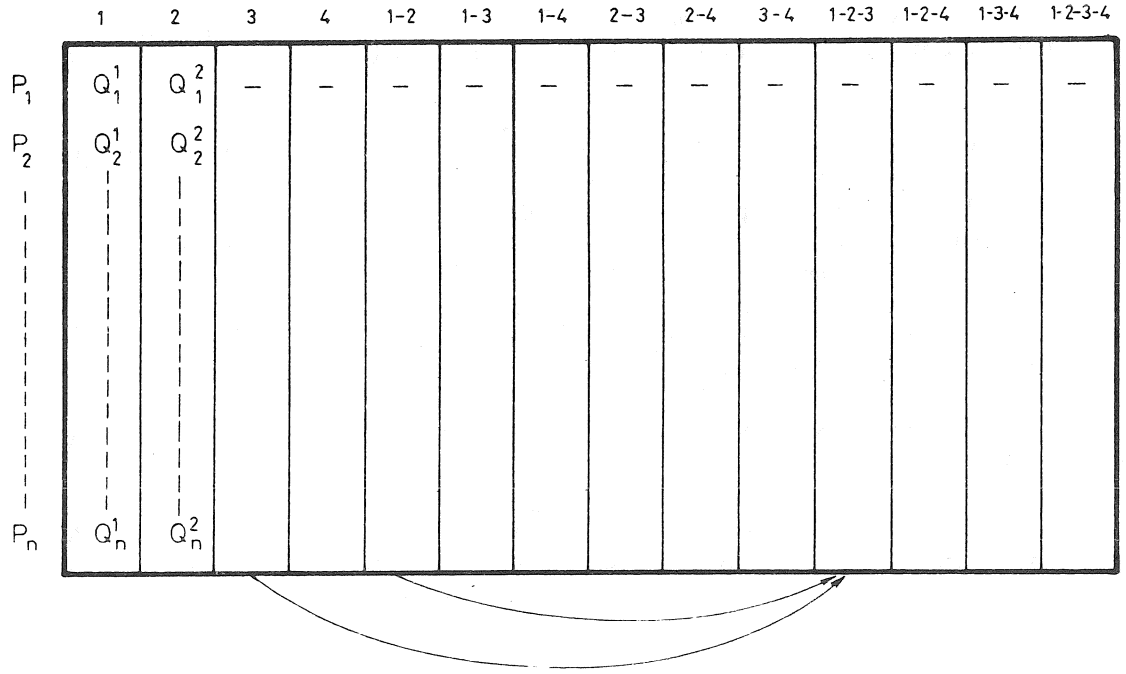


FIGURA 2

Para obtener la programación económica de generación para 3 máquinas de la central, se aplica el mismo modelo anterior, construyendo una nueva máquina equivalente, la cual se forma con contribuciones de potencia de una máquina de la central y una máquina equivalente formada en un paso previo de cálculo.

La programación económica de generación de la central, se consigue aplicando el modelo hasta completar todas las posibles combinaciones con las máquinas de la central.

Un ejemplo de aplicación del método de optimización se muestra en la figura 2.

La figura 2 representa una tabla de operación de una central con 4 máquinas. Las primeras 4 columnas, constituyen la tabla de potencia-gasto de cada una de las máquinas, la cual se utiliza como base para la formación de máquinas equivalentes (nuevas columnas) que permitan obtener la programación económica de generación de la central.

ESPECIFICACIONES DEL PROGRAMA DE COMPUTACION :

El programa de computación que realiza la programación de generación de centrales eléctricas, tiene las siguientes características :

- Permite realizar estudios de centrales de hasta 6 máquinas.
- Utiliza 255 Kbytes de memoria, para 400 MW de potencia máxima de la central (puede ser ampliada).
- El tiempo de UCP para cada estudio es aproximadamente 1 minuto, en un computador IBM 370/138.
- Permite realizar estudios normales o considerando una de las máquinas como motor síncrono, de manera de obtener estudios con respaldo de energía.

III. PROGRAMACION DINAMICA EN EL DISEÑO DE LINEAS DE TRANSMISION

En el diseño de líneas de transmisión, la selección y ubicación de estructuras constituye uno de los factores más importantes, ya que éste afecta directamente los aspectos técnicos y económicos del diseño de la línea.

Soluciones anteriores a este problema, requerían de la técnica manual, empleando plantillas con las trayectorias de los conductores, las que se aplican sobre el perfil del terre-

no. La buena calidad de este método, se basa en la experien - cia del proyectista y es eficiente sólo en el caso de tramos cortos de línea.

Actualmente, el uso de computadores digitales, ha permi tido el desarrollo de programas de computación que permiten realizar la selección y ubicación de estructuras. Sin embargo, la mayoría de estas soluciones se basan en una simulación opti mizada del procedimiento manual y no siempre entregan las solu ciones óptimas esperadas. Entre estos, uno de los programas de computación más difundidos es el "Transmission Line Design Program for the IBM S/360 Computer", desarrollado por Virginia Electric and Power Company.

La figura 3 muestra un tramo intermedio de línea, don- de el problema es encontrar la trayectoria de mínimo costo has ta A1 (una de las posibles alturas de estructuras en la esta - ción A). Los puntos Bi corresponden a uniones del conductor con las estructuras de la línea que han sido ubicadas en pasos previos de cálculo. Cada uno de ellos tiene asociado una tra- yectoria que lo conecta con la primera estructura de la línea y un costo que es el mínimo para dicha trayectoria.

Para determinar la trayectoria de mínimo costo hasta A1, bastará con conectar este punto con algún Bi. Sin embargo, no todos los puntos Bi pueden conectarse con A1, por ejemplo, en la figura, sólo es posible conectar A1 con los puntos B2 y B3.

B1 no puede conectarse con A1, ya que este punto está ubicado a una distancia mayor que el vano máximo permisible.

B4 no puede conectarse directamente con A1, ya que de hacerlo, la curvatura de la trayectoria del conductor cortaría el perfil del terreno.

B5 no puede conectarse con A1, ya que este punto está a menor distancia que el mínimo vano posible.

Finalmente, de todos los puntos posibles de conectar con A1, se elije el de menor costo que cumpla con las restric- ciones técnicas.

El algoritmo continúa analizando, según el procedimien- to descrito, todas las posibles alturas en A, originando de es te modo, un conjunto de puntos de costos mínimos, que pasarán a formar parte del conjunto de puntos Bi para el cálculo en la próxima estación A.

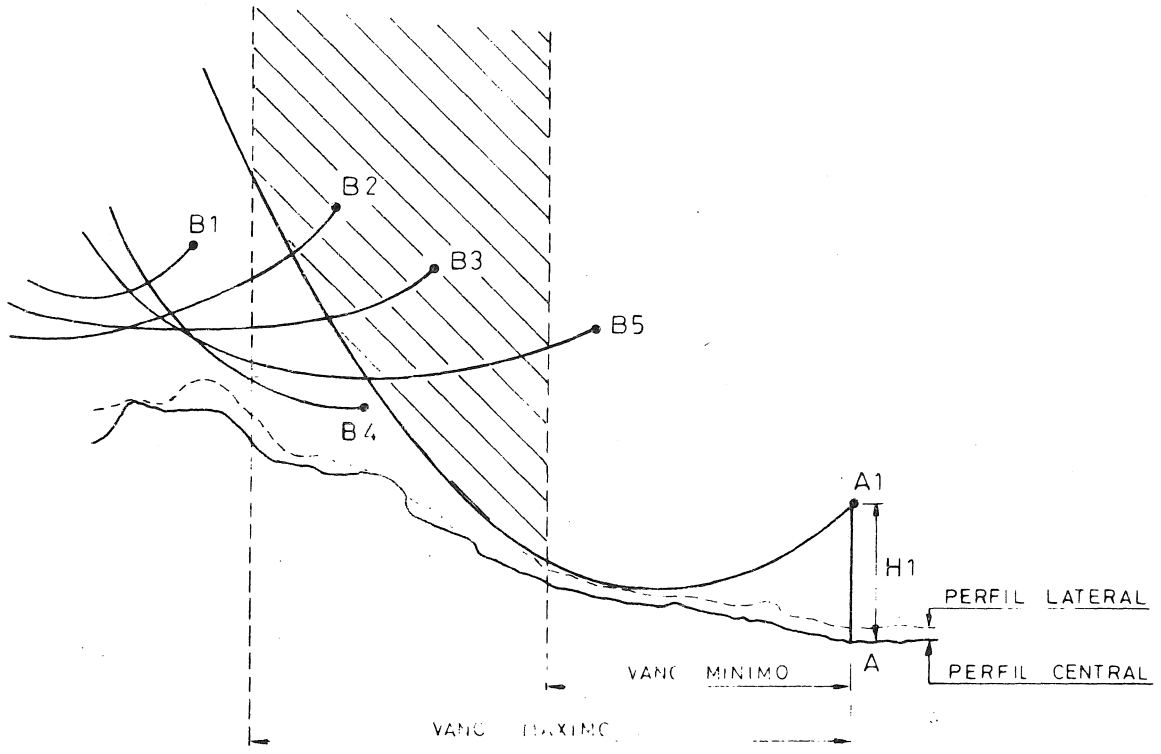


FIGURA 3

En resumen, dado una estación A y una altura de torre H1, el desarrollo del algoritmo contempla los siguientes pasos :

1. Se determina el punto A1, ubicando la estructura de altura H1 en el perfil central del terreno.

2. Desde A1 se traza la parábola tangente al perfil lateral del terreno, esto es así, ya que la altura de trabajo de las estructuras es inferior a la altura real, en una distancia igual a la altura mínima del conductor al suelo; y es tangente al perfil lateral, ya que en él están contempladas las mayores alturas del terreno.

3. Se seleccionan los puntos Bi que están comprendidos entre vano máximo, vano mínimo y por encima de la parábola mencionada anteriormente.

4. Del conjunto de puntos seleccionados se determina el punto de mínimo costo y que cumpla las restricciones técnicas.

5. Conectar el punto Bi elegido con A1 e incrementar el costo de A1 con el costo acumulado en Bi.

En teoría, el sistema contempla una gran cantidad de combinaciones alternativas de ubicación de estructuras que deben ser consideradas, sin embargo, una gran cantidad de estas combinaciones son físicamente irrealizables o son subóptimos matemáticos que son descartados durante el trazado de la línea. Al final del proceso, una información base se ha construído, la cual está constituída por un conjunto de trazados de líneas de costos mínimos para cada punto discreto del terreno y un posterior proceso desde el terminal de más bajo costo (entre el conjunto de terminales de costos mínimos) produce el diseño de línea óptimo.

ESPECIFICACIONES DE PROGRAMAS DE COMPUTACION :

El sistema que optimiza la selección y ubicación de estructuras, está dividido en tres estados. El primero valida los datos perforados y prepara los cálculos para la optimización final; el segundo realiza los cálculos que permitan determinar la solución óptima del problema y el último estado realiza la graficación de la línea en un trazador.

Para realizar los procesos mencionados anteriormente, el sistema dispone de cuatro programas de computación.

1. Programa Preeditor : Detecta los errores de inconsistencia de los datos que definen el perfil topográfico. Ocupa 30 Kbytes de memoria y demora aproximadamente 2 minutos de UCP en un computador IBM 370/138, para un perfil del terreno con 30.000 estaciones.

2. Programa Editor : Realiza modificaciones sobre los datos del perfil, de manera que puedan ser utilizados en el programa de optimización. El programa ocupa 26 Kbytes de memoria y demora aproximadamente 3 minutos de UCP en un computador IBM 370/138, para una línea con 30.000 estaciones de perfil.

3. Programa Diseñador : Realiza la selección y ubicación óptima de estructuras. El programa ocupa 70 Kbytes de memoria principal y 30 Mbytes de memoria auxiliar en disco magnético.

4. Programa Trazador : Realiza la graficación de la línea, incluyendo el perfil topográfico y las estructuras seleccionadas por el programa Diseñador. Ocupa 50 Kbytes de memoria y demora aproximadamente 2 minutos de UCP en un computador IBM 370/138 y 30 minutos de trazador, para una línea con 30.000 estaciones de perfil y 100 estructuras.

IV. OTRAS APLICACIONES DE INVESTIGACION DE OPERACIONES

Entre otras aplicaciones desarrolladas en la Empresa Nacional de Electricidad S.A. ENDESA-CHILE que utilizan técnicas de investigación de operaciones, podemos mencionar la Planificación de Sub-Estacionss de Distribución de Energía Eléctrica, en la cual se utilizan algoritmos de recorrido mínimo y de transporte; y el Sistema Automático de Alambrado y Tendido de Cables de Centrales y Sub-Estaciones Eléctricas, el cual utiliza algunas técnicas de la teoría de grafos.

REFERENCIAS

1. AHLBORG, Fredrik and Yngve Palm. Optimun Tower Spotting on Transmission Lines by Means of Electronic Computer. Swedish, Swedish State Power Board, 1962. 28 p. (Blue-White Series, 33).

2. BELLMAN, Richard E. and Stuart E. Dreyfus. Applied Dynamic Programming. Princeton, N.J., Princeton University Press, 1964. 363 p.

3. CHECA, Luis María. Líneas de Transporte de Energía. Barcelona, Marcombo, 1973. 417 p.

4. KAUFMAN, A. Métodos y Modelos de la Programación Dinámica. México, D.F., Compañía Editorial Continental, 1967. 567 p.

5. LAVANCHY, Ch. Etude et Construction des Lignes Electriques Aériennes. París, Librairie J.B. Bailliere et Fils, 1952. 638 p.

6. TRANSMISSION Line Design Program (Tower Spot) for the IBM S/360 Computer. Richmond, Virginia, Virginia Electric and Power Company System Planning Departament, 1968. p.i.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

ECUACION GENERAL DE MOVIMIENTO DE VIGAS: ESTABILIDAD NUMERICA DE SU SIMULACION EN DIFERENCIAS FINITAS

C. P. Filipich

Departamento de Ingeniería Universidad Nacional del Sur
Departamento de Construcciones Universidad Tecnológica Nacional
Bahía Blanca - Argentina

INTRODUCCION

Ingenieros y Físicos tienen frecuentemente la necesidad de conocer la respuesta transitoria en el problema de flexión de vigas prismáticas de sección cualquiera, sometidas a la acción de cargas variables con la longitud y con el tiempo. Para ello cuentan, especialmente, con tres ecuaciones diferenciales de movimiento, que gobiernan las vibraciones transversales de barras elásticas uniformes, que son: la ecuación elemental, la ecuación de Rayleigh y la ecuación general, denominada de Timoshenko [1]. En la deducción de esta última se tiene en cuenta no sólo la inercia rotatoria -como sucede en la de Rayleigh-, sino también la deformación debida al esfuerzo de corte.

Ahora bien: el efecto de cargas concentradas, aplicadas súbitamente, no es descrito con exactitud por la ecuación elemental, pues el desarrollo de Fourier de las cargas concentradas que contiene armónicos de longitud de onda infinitésima y el carácter parabólico de esta ecuación, producirán velocidades de fase infinitas [2]; por lo tanto, perturbaciones baja longitud de onda no serán reproducidas con precisión por la ecuación elemental.

Si definimos como fenómeno de "dispersión" la relación entre velocidad de fase y longitud de onda en barras infinitamente largas [+], y comparamos valores de dispersión calculados exactamente por la teoría elástica para barras de sección

---

(+) Este fenómeno se da en forma más complicada en barras vinculadas.

circular, con los obtenidos por las ecuaciones de Rayleigh y elemental, se observa una fuerte discrepancia para valores altos de longitud de onda. Sin embargo, en la primera no se produce una trasmisión infinitamente rápida de perturbaciones como señalamos para la segunda. En cambio, las curvas de dispersión para el modo flexional de una barra circular de la ecuación de Timoshenko y la exacta, coinciden satisfactoriamente para un ancho espectro de longitudes de onda, por lo que podrá presumirse que esta ecuación general que nos ocupa, dará resultados precisos para barras con otras formas de sección transversal (3).

Hemos así justificado sucintamente la importancia de la ecuación general de movimiento en problemas prácticos y de allí su uso divulgado; una de las formas más simples de afrontar un estudio real, es a través de la simulación de la ecuación diferencial, por medio de una aproximación en diferencias finitas.

Sabemos que simulación en diferencias finitas de la ecuación Timoshenko, trae aparejado, como acaece en todo problema de ondiciones iniciales, el estudio de la que denominamos estabilidad numérica, es decir, garantizar que el crecimiento en el tiempo de los errores introducidos en los datos para t = 0, no invaliden los resultados. En este trabajo se calcula el límite o zona de estabilidad de una viga Timoshenko simplemente apoyada, a través de unos parámetros que relacionan los intervalos temporal y espacial de una malla rectangular uniformemente espaciada, con la que cubriremos el dominio de validez de la solución. Se utiliza un análisis matricial de estabilidad.

Los prámetros de estabilidad se han buscado de manera tal que sean semejantes al que se utiliza en el problema de estabilidad en la simulación de la ecuación elemental de movimiento(2) (4) (5) ;pero en nuestro caso no surgen sólo en función de las constantes físico-geométricas de la viga y del número de puntos interiores en que dividimos la misma, sino también de la medida absoluta del intervalo espacial o temporal, dependiendo del parámetro adoptado. Tal cosa no sucede con la ecuación elemental.

Dos métodos se utilizan para acotar el parámetro de estabilidad, y ambos se fundamentan en la filosofía de introducir vectores ficticios de desplazamiento, para con ello disminuir el número de niveles de la ecuación matricial original que gobierna el proceso en el tiempo. Transformamos así el estudio inicial en un problema lineal de autovalores con matrices ampliadas, que a su vez equivalen a otro no lineal de autovalores con una matriz, función de las originales, que es posible resolver exactamente.

El primero de los métodos desarrollados permitirá llegar más directamente a la epxresión del límite buscado.

Se presentan un esquema explícito y otro implícito.

Se calculan, por simple pasaje al límite, los parámteros de estabilidad de las ecuaciones de Rayleigh y de la elemental.

ECUACION GENERAL DE MOVIMIENTO

La ecuación diferencial ordinaria que gobierna el problema de vibraciones transversales de una viga elástica prismática de sección constante con al menos un eje de simetría, de longitud L, teniendo en cuenta en su deducción la inercia rotato-

ria y la deformación por corte, y vibrando en el plano de simetría, es [1] :

$$\frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - b\frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial t^2} + a\frac{\partial^4 u}{\partial t^4} = \frac{p}{EI} + \frac{1}{qGA}\left(\frac{\rho}{E}\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}\right) \qquad (1)$$

siendo:

$$\rho A c^2 = EI\,;\quad qEG.b = \rho(qG+E) \text{ y } qEG.a = \rho^2 \qquad (2)$$

donde hemos denominado como:

u = u(x,t) al desplazamiento transversal al eje de la pieza, donde x($0 \leq x \leq L$) y t($t > 0$) son las coordenadas espacial y temporal respectivamente.

E - módulo de Young

G - módulo de elasticidad transversal: $\frac{E}{2(1+\nu)}$

ν - coeficiente de Poisson

ρ - masa específica

A - área de la sección transversal

I - momento de inercia de la sección

$\frac{1}{q}$ - factor de corte

p - p(x,t) - carga aplicada

Definiremos como condiciones o datos iniciales a los siguientes valores para t = 0:

$$u(x,0) = f_1(x) \qquad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}(x,0) = f_2(x) \qquad (4)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}(x,0) = f_3(x) \qquad (5)$$

$$\frac{\partial^3 u}{\partial t^3}(x,0) = f_4(x) \qquad (6)$$

donde f_1, f_2, f_3 y f_4 son funciones conocidas de x.

Asimismo, las condiciones de borde de una viga Timoshenko simplemente apoyada y sin momentos aplicados a sus extremos, son:

$$u(0,t) = 0 \qquad (7)$$

$$\mu(0,t) = 0 \qquad (8)$$

$$u(L,t) = 0 \qquad (9)$$

$$\mu(L,t) = 0 \qquad (10)$$

siendo $\mu(x,t)$ el momento flector.

SIMULACION DEL PROBLEMA EN DIFERENCIAS FINITAS

Para utilizar una aproximación en diferencias finitas, espaciamos uniformemente el dominio de solución en sentido x y en sentido t , tal que:

$$x_i = i.h \quad (i = -1, 0, 1, 2 \ldots M, M+1, M+2) \tag{11}$$

$$t_j = j.k \quad (j = -2, -1, 0, 1, 2, \ldots) \tag{12}$$

donde h y k son los intervalos espacial y temporal respectivamente, siendo M el número de puntos interiores en que dividimos la viga, o sea:

$$M.h = L \tag{13}$$

Denominaremos, además, como:

$$p_j^i = p(x_i, t_j) \equiv p(ih, jk) \tag{14}$$

y

$$u_j^i = u(x_i, t_j) \equiv u(ih, jk) \tag{15}$$

y definiremos como U_j^i la solución para la aproximación en diferencias, correspondiente al valor teórico u_j^i, o sea, que tendremos:

$$U_j^i = u_j^i - e \tag{16}$$

denominando con e al error de discretización.

Como observamos en (11) y (12), deberemos hacer uso durante el cómputo del proceso, de los siguientes puntos "ficticios":

$$i = -1 \quad e \quad i = M + 2 \text{ en sentido } x$$

$$y \quad j = -2 \quad y \quad j = -1 \text{ en sentido } t.$$

Para pasar a la forma vectorial de la ecuación en cuestión, debemos desarrollar en diferencias finitas las derivadas que aparecen en (1) y las condiciones de borde (7), (8), (9) y (10). Utilizaremos, tanto para el esquema explícito como para el implícito, diferencia central, pero debemos tener en cuenta que la discretización de las condiciones de borde, al tratarse de una ecuación donde se han considerado las deformaciones por flexión y por corte, incidirá sobre el término independiente, es decir, que el vector de cargas será modificado al pasar a diferencias finitas.

Veamos, entonces, la expresión, en diferencia central, de las condiciones de borde (7), (8), (9) y (10) respectivamente:

$$U_j^o = 0 \tag{17}$$

$$U_j^{-1} = -\left(U_j^1 + \frac{q h^2}{GA} \cdot p_j^0 \right) \tag{18}$$

$$U_j^{M+1} = 0 \tag{19}$$

$$U_j^{M+2} = -\left(U_j^M + \frac{q h^2}{GA} \cdot p_j^{M+1} \right) \tag{20}$$

Así podremos definir los siguientes vectores:

$$\{V\}_j = \{ U_j^1 \; U_j^2 \ldots U_j^M \}^T \tag{21}$$

$$EI \{\Pi\}_j = \{ p_j^{*1} \; p_j^2 \ldots p_j^{M-1} \; p_j^{*M} \}^T \tag{22}$$

donde:

$$p_j^{*1} = p_j^1 + \left(q \frac{EI}{GA} \cdot h^2 \right) p_j^0 \tag{23}$$

$$p_j^{*M} = p_j^M + \left(q \frac{EI}{GA} \cdot h^2 \right) p_j^{M+1} \tag{24}$$

FORMA VECTORIAL DEL PROCESO

Luego de hacer el pasaje a diferencias finitas de la ecuación (1) y de las condiciones de borde, llegamos al siguiente esquema de recurrencia en el tiempo de cinco niveles, que nos permitirá, numéricamente, predecir la respuesta transitoria de una viga bajo el efecto de una carga $q(x,t)$:

$$\{V\}_{j+2} = [A]\{V\}_{j+1} + [B]\{V\}_j + [A]\{V\}_{j-1} - [I]\{V\}_{j-2} + [K]\{\Pi\}_j \tag{25}$$

donde las matrices [A] , [B] y [K] , de orden M, dependerán del esquema explícito o implícito que adoptemos, y que describiremos en cada caso. [I] es la matriz unitaria.

Por otro lado, debemos indicar que en el estudio de propagación de errores, el vector de cargas no tiene influencia, razón por la cual de aquí en adelante no será tenido en cuenta.

REDUCCION DEL ESQUEMA (1er METODO)

Definimos un vector ficticio de desplazamiento $\{W\}_m$ de orden (3M), como:

$$\{W\}_m = \begin{Bmatrix} \{V\}_{m+1} \\ \{V\}_m \\ \{V\}_{m-1} \end{Bmatrix} \tag{26}$$

Introduciendo (26) en la forma vectorial (25), sin consideración de cargas, llegamos al siguiente esquema equivalente:

$$[Q]\{W\}_{j+1} = [P]\{W\}_j - [Q]\{W\}_{j-1} \tag{27}$$

o el análogo:

$$\{W\}_{j+1} = [Q]^{-1}[P]\{W\}_j - [I]\{W\}_{j-1} \tag{28}$$

Observamos que el esquema vectorial (28), de tres niveles, es formalmente idéntico al correspondiente a la simulación de la ecuación elemental de movimiento de vigas.

Hemos denominado en (27) y (28) como matrices [P] y [Q], de orden (3M), a las siguientes:

$$[P] = \left[\begin{array}{c|c|c} [\alpha] & [B]+2[I] & [\alpha] \\ \hline [\beta] & [0] & [\beta] \\ \hline [\gamma] & [0] & [\gamma] \end{array}\right] \tag{29}$$

$$[Q] = \left[\begin{array}{c|c|c} [I] & [\alpha]-[A] & [I] \\ \hline [0] & [\beta] & [0] \\ \hline [0] & [\gamma] & [0] \end{array}\right] \tag{30}$$

donde todas las submatrices de $[P]$ y $[Q]$ son de orden M y $[\alpha]$, $[\beta]$ y $[\gamma]$ son matrices arbitrarias, pero tales que $[Q]$ no sea singular.

Ahora bien: la condición para que el esquema (28) sea estable (y por lo tanto también el (25)), es que los autovalores de la matriz $[Q]^{-1}.[P]$ estén acotados por las siguientes desigualdades:(5)

$$-2 < \varepsilon(Q^{-1}P) \leq 2 \quad (+) \tag{31}$$

De acuerdo con la teoría de autovalores, deberá ser:

$$([Q]^{-1}[P] - \varepsilon(Q^{-1}P)[I])\{x\} = 0 \tag{32}$$

que equivale a:

$$([P] - \varepsilon(Q^{-1}P)[Q])\{x\} = 0 \tag{33}$$

Hemos denominado como $\{x\}$ a los autovectores del problema, son vectores de orden (3M), o sea, que podemos escribirlos como:

$$\{x\} = \{\{x_1\} : \{x_2\} : \{x_3\}\}^T \tag{34}$$

siendo los vectores $\{x_i\}$ de orden M:

$$\{x_i\} = \{x_{i1}\ x_{i2} \ldots x_{iM}\}^T \quad (i = 1,2,3) \tag{35}$$

Expandiendo la ecuación vectorial (33) de acuerdo a (34), podemos escribir -denominando a ε como $\varepsilon(Q^{-1}P)$ - que:

$$([\alpha] - \varepsilon[I])\{x_1\} + ([B] + 2[I] - \varepsilon[\alpha] + \varepsilon[A])\{x_2\} + ([\alpha] - \varepsilon[I])\{x_3\} \tag{36}$$

$$[\beta]\{x_1\} - \varepsilon[\beta]\{x_2\} + [\beta]\{x_3\} = 0 \tag{37}$$

$$[\gamma]\{x_1\} - \varepsilon[\gamma]\{x_2\} + [\delta]\{x_3\} = 0 \tag{38}$$

(+) Los autovalores de cualquier matriz $[R]$ serán indicados por medio de una letra minúscula griega, de las siguientes formas equivalentes: $\varepsilon(R)$ o $\lambda(R)$ o $\delta(R)$, etc.

De la expresión (37) o (38), obtenemos:

$$\{x_1\} + \{x_3\} - \varepsilon\{x_2\} = 0 \tag{39}$$

que, reemplazada en la (36), nos permite deducir:

$$\left((\varepsilon^2 2)[I] - \varepsilon.[A] - [B]\right)\{x_2\} = 0 \tag{40}$$

Hemos conducido así nuestro problema lineal inicial de autovalores (33), al equivalente dado por (40), que no es lineal. Sin embargo, el orden de las matrices y vectores es M, mientras que el correspondiente a (33) es de orden (3M). Señalemos también que la expresión de las matrices $[\alpha]$, $[\beta]$ y $[\delta]$ no hacen a la esencia del problema, ya que no interviene en la resolución del mismo.

La ecuación característica correspondiente a (40), será entonces:

$$|[E]| \equiv |(\varepsilon^2 2)[I] - \varepsilon[A] - [B]| = 0 \tag{41}$$

Para el esquema explícito e implícito que describiremos más adelante, la matriz $[E]$ es pentadiagonal y será el cuadrado de una matriz tridiagonal (+), por lo que la expresión de sus autovalores $\lambda_i(E)$ es sencillo de hallar (6). La forma específica se presentará con cada esquema. Los autovalores $\lambda_i(E)$ será función de 2º grado en ε como podemos ver en (41).

Ahora bien: por la teoría de determinantes, sabemos que la ecuación característica (41) puede escribirse como:

$$|[E]| = \prod_{i=1}^{M} \lambda_i(E) = 0 \tag{42}$$

Para que (42) se satisfaga, al menos algún $\lambda_i(E)$ debe anularse. Por medio de esta condición encontraremos los autovalores $\varepsilon \equiv \varepsilon(Q^{-1}P)$ como raíces de una ecuación cuadrática. Por lo tanto, con la condición de estabilidad (31), limitamos la zona dentro de la cual el esquema será estable.

NIVELES MULTIPLES (2º Método)

Richtmyer (7) desarrolla un método matricial para el estudio de la estabilidad, utilizando una matriz equivalente y que nosotros aplicaremos al esquema (25) de la

(+) Sucede esto debido a que tenemos una viga simplemente apoyada. Si tuviéramos otras condiciones de borde, el problema del análisis matricial de la estabilidaddebería abordarse a través de métodos aproximados. Esto puede verse para la viga elemental con cualquier condición de borde en la Ref. (5).

ecuación general de movimiento. Para ello definimos un vector $\{Y\}_m$ de orden (4M) de la siguiente forma:

$$\{Y\}_m = \{\{V\}_{m+1} ; \{V\}_m ; \{V\}_{m-1} ; \{V\}_{m-2}\}^T \tag{43}$$

Introduciéndolo en la forma vectorial (25) de cinco niveles, se reduce a una forma equivalente de sólo dos niveles:

$$\{Y\}_{j+1} = [R]\{Y\}_j \tag{44}$$

donde [R] es la matriz de equivalencia. Observamos que el esquema (44) es formalmente idéntico a los que surgen de la simulación de ecuaciones parabólicas de 2º orden. La matriz [R] de orden (4M) vale:

$$[R] = \begin{bmatrix} [A] & [B] & [A] & [I] \\ [I] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [I] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [I] & [0] \end{bmatrix} \tag{45}$$

Para que el esquema (44) (y por lo tanto el (25)) sea estable, debe cumplirse que:

$$|\delta_i(R)| \leq 1 \qquad (i = 1, 2 \ldots 4M) \tag{46}$$

Denominando como δ a $\delta(R)$, y de acuerdo con la teoría de matrices, podemos escribir:

$$([R] - \delta[I])\{y\} = 0 \tag{47}$$

que es un problema lineal de valores propios, donde:

$$\{y\} = \{\{y_1\} ; \{y_2\} ; \{y_3\} ; \{y_4\}\}^T \tag{48}$$

El vector $\{y\}$ de orden (4M) indica los autovectores del problema (47). Cada vector $\{y_i\}$ es de orden M:

$$\{y_i\} = \{y_{i1}\ y_{i2} \cdots y_{iM}\}^T \qquad (i = 1,2,3,4) \tag{49}$$

Cuderley [8] indica cómo puede pasarse de un problema lineal (47) a uno no lineal equivalente, que nos permitirá hallar los δ. Para ello deberá cumplirse:

$$\left(\frac{1+\delta^4}{\delta^2}[I] - \frac{\delta+\delta^3}{\delta^2}[A] - [B]\right)\{y_i\} = 0 \tag{50}$$

Pero es fácil observar que si denominamos como:

$$\varepsilon = \frac{1+\delta^2}{\delta} \qquad (\delta \equiv \delta(R)) \tag{51}$$

La ecuación (44) es idéntica a la (40), que fue hallada por medio del 1er. método. Una vez calculadas las expresiones de ε, sólo se deberá resolver la ecuación (51) de 2° grado en δ e imponer la condición (46), que garantiza la estabilidad del proceso numérico.

Vale la pena, sin embargo, hacer una pequeña ampliación respecto a la búsqueda de los δ, que nos confirmará por qué es más directo el 1er método expuesto. En efecto: de la expresión (51), observamos que:

$$|\varepsilon| = \frac{1+\delta^2}{|\delta|} \tag{52}$$

Entonces, según (52), se deduce que debería ser $|\varepsilon| \geq 2$, que es justamente lo contrario a lo expresado por las desigualdades (31); la contradicción proviene de suponer que los valores de δ son reales. Por otro lado, de (51) obtenemos:

$$2\delta = \varepsilon \pm \sqrt{\varepsilon^2 - 4} \tag{53}$$

Aplicando (46):

$$|\delta| = \frac{1}{2}\left|\varepsilon \pm \sqrt{\varepsilon^2 - 4}\right| \leq 1 \tag{54}$$

Admitir que los δ son reales es admitir: $\varepsilon^2 \geq 4 \; (|\varepsilon| \geq 2)$, pero si $\varepsilon = |\varepsilon| > 0$ o $\varepsilon = -|\varepsilon| < 0$, la condición (54) más desfavorable es para ambos casos:

$$|\varepsilon| + \sqrt{\varepsilon^2 - 4} \leq 2 \tag{55}$$

que, por lo tanto, es imposible de satisfacer. Luego, deducimos que la única condición posible es:

$$|\varepsilon| < 2 \tag{56}$$

que no es más que la (31); entonces los autovalores de R serán imaginarios y siempre:

$$|\delta| = 1 \tag{57}$$

con lo cual (57) o (56) garantizan la estabilidad numérica del proceso, en coincidencia con lo hallado por el 1er Método.

UN ESQUEMA EXPLICITO

Utilizando una aproximación en diferencias finitas central para simular la ecuación (1) y las condiciones de borde de una viga simplemente apoyada, y definiendo previamente los siguientes parámetros de estabilidad:

$$r = \left(\frac{k.c}{h^2}\right)^2$$

$$w = \left(\frac{h}{c}\right)^2 \quad (+) \tag{58}$$

llegamos a que la forma matricial (25) es explícita [9][10] y las matrices [A] y [B] valen en este caso:

$$[A] = \frac{rw}{2}\,[a_{ij}] \tag{59}$$

$$[B] = [I] - \frac{rw}{2}\,[a_{ij}] \tag{60}$$

matriz banda tridiagonal de orden M, donde:

$$a_{ii} = \left(\frac{4}{rw} - 2b - w\right) \quad (i = 1,2 \ldots M) \tag{61}$$

+) No son necesariamente los únicos parámetros, pues es posible definir $\sqrt{r}$ y $(\sqrt{r}.w) = k/c$. Los parámetros r o $\sqrt{r}$ son los utilizados en el problema de estabilidad de la ecuación elemental.

$$a_{i(i+1)} = a_{i(i-1)} = a_{12} = a_{M(M-1)} = b \quad (i = 2,3 \ldots M-1) \tag{62}$$

y

$$[B] = \frac{rw}{2}[b_{ij}] \tag{63}$$

matriz banda pentadiagonal de orden M, donde:

$$b_{ii} = (2w + 4b - \frac{6a}{w} - 6rw) \quad (i = 2,3, \ldots M-1) \tag{64}$$

$$b_{11} = b_{MM} = b_{ii} + r \cdot w \quad (i = 2,3, \ldots M-1) \tag{65}$$

$$b_{i(i+1)} = b_{i(i-1)} = b_{12} = b_{M(M-1)} = 4rw - 2b \quad (i = 2,3 \ldots M-1) \tag{66}$$

$$b_{i(i+2)} = b_{i(i-2)} = b_{13} = b_{M(M-2)} = b_{24} = b_{(M-1)(M-3)} = -rw \quad (i = 3,4 \ldots M-2) \tag{67}$$

Los a_{ij} y b_{ij} no especificados son nulos.

De esta manera, de la ecuación característica (41) deducimos que:

$$\lambda_i(E) = \varepsilon^2 - (4 - m_i)\varepsilon + [4 - 2m_i + \frac{4}{2}(rwz_i)^2] \tag{68}$$

siendo:

$$m_i = \frac{rw}{2}(2bz_i + w) \tag{69}$$

$$z_i = 1 + \cos\frac{i\pi}{M+1} \tag{70}$$

De la condición de nulidad de algún $\lambda_i(E)$, ecuación (42), encontramos:

$$2\varepsilon_j \equiv 2\varepsilon_j(Q^{-1}P) = 4 - m_i \pm \frac{rw}{2}[4(b^2 - 4a)z_i^2 + 4bwz_i + w^2]^{1/2}$$
$$(i = 1,2 \ldots M) \quad (j = 1,2 \ldots 2M) \tag{71}$$

De la condición de estabilidad (31), y observando que para todo i se cumple:

$$m_i \geq \frac{rw}{2}\left[4(b^2-a)z_i^2+4bwz_i+w^2\right]^{1/2} > 0 \qquad (72)$$

vemos que para que el esquema numérico sea estable, debe ser:

$$r < \frac{1}{2wz_i^2}\left[2bz_i+w+\sqrt{4(b^2-a)z_i^2+4bwz_i+w^2}\right] \qquad (73)$$

Hemos así acotado para la ecuación Timoshenko, el mismo parámetro de estabilidad que se utiliza para la ecuación elemental; sin embargo, deducimos que, fijados el número de puntos interiores M y la longitud L de la viga, en realidad estamos acctando solamente el intervalo k de tiempo; esta restricción no aparecía en la ecuación elemental.

Por otro lado, como casos particulares deduzcamos la cota de estabilidad para la ecuación de Rayleigh (a = 0, b = ρ/E) y para la ecuación elemental (a = b = 0) por simple pasaje al límite de la expresión (73):

Ecuación de Rayleigh

$$r_R < \frac{2bz_i+w}{wz_i^2} \qquad (74)$$

Ecuación Elemental

$$r_E < \frac{1}{z_i^2} \qquad (75)$$

Este último valor coincide con los hallados en las referencias (4) y (5).

UN ESQUEMA IMPLICITO

Aplicando a la ecuación (1) una aproximación en diferencias finitas central, pero promediando en el tiempo las derivadas espaciales, tal como sigue:

$$\left(\frac{\partial^4 u}{\partial x^4}\right)_j^i \sim \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial^4 u}{\partial x^4}\right)_{j-1}^i + \left(\frac{\partial^4 u}{\partial x^4}\right)_{j+1}^i\right] \qquad (76)$$

$$\left(\frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial t^2}\right)_j^i \sim \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial t^2}\right)_{j-1}^i + \left(\frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial t^2}\right)_{j+1}^i\right] \tag{77}$$

obtenemos un esquema implícito (9))10), es decir, que se deberá resolver un sistema lineal de ecuaciones por cada línea j-ésima de tiempo. Además, mantenemos las aproximaciones (17), (18), (19) y (20) para las condiciones de borde. De esta forma, llegamos a que en la forma matricial (25) es:

$$[A] = [C]^{-1}[S] \tag{78}$$

$$[B] = [C]^{-1}[T] \tag{79}$$

siendo

$$[C] = \frac{rw}{2}[c_{ij}] \tag{80}$$

una matriz banda tridiagonal de orden M, donde:

$$c_{ii} = b + \frac{a}{rw} \quad (i = 1,2 \ldots M) \tag{81}$$

$$c_{i(i+1)} = c_{i(i-1)} = c_{12} = c_{M(M+1)} = -\frac{b}{2} \quad (i = 2,3 \ldots M-1) \tag{82}$$

También:

$$[S] = \frac{rw}{2}[s_{ij}] \tag{83}$$

donde [S] es una matriz banda pentadiagonal de orden M y:

$$s_{ii} = \left(\frac{4a}{rw} + 2b - w - 3rw\right) \quad (i = 2,3 \ldots M-1) \tag{84}$$

$$s_{11} = s_{MM} = s_{ii} + \frac{rw}{2} \quad (i = 2,3 \ldots M-1) \tag{85}$$

$$s_{i(i+1)} = s_{i(i-1)} = s_{12} = s_{M(M-1)} = 2rw - b \quad (i = 2,3 \ldots M-1) \tag{86}$$

$$s_{i(i+2)} = s_{i(i-2)} = s_{13} = s_{M(M-2)} = s_{24} = s_{(M-1)(M-3)} = -\frac{1^{\circ}W}{2} \quad (i = 3,4 \ldots M-2) \tag{87}$$

Además:

$$[T] = \frac{rw}{2}[t_{ij}] \tag{88}$$

es una matriz banda tridiagonal de orden M, donde:

$$t_{ii} = \left(2W - 2b - \frac{6a}{1^{\circ}W}\right) \quad (i = 1,2 \ldots M) \tag{89}$$

$$t_{i(i+1)} = t_{i(i-1)} = t_{12} = t_{M(M-1)} = b \quad (i = 2,3 \ldots M-1) \tag{90}$$

Los valores de c_{ij}, s_{ij} y t_{ij} no especificados, son nulos. De esta forma, la ecuación (40) puede escribirse así:

$$\left((\varepsilon^2 - 2)[I] - \varepsilon[C]^{-1}[S] - [C]^{-1}[T]\right)\{x_2\} = 0 \tag{91}$$

que equivale a la siguiente ecuación característica:

$$|[E]| = |(\varepsilon^2 - 2)[C] - \varepsilon[S] - [T]| = 0 \tag{92}$$

Nuevamente, como ocurría con el esquema explícito, la matriz $[E]$ es una matriz pentadiagonal, y es el cuadrado de una matriz tridiagonal, cuyos autovalores son fáciles de hallar (6).

Entonces, debe ser:

$$|[E]| = \prod_{i=1}^{M} \lambda_i(E) = 0 \tag{93}$$

De (93) observamos que algún $\lambda_i(E)$ debe anularse y ello nos conduce a:

$$0 = [2 + rwbz_i]\varepsilon^2 + [2(rwz_i)^2 - 2rwbz_i + rw^2 - 4a]\varepsilon + [4a - 2rw^2] \tag{94}$$

donde r, w y z_i han sido definidos en (58), (59) y (70) respectivamente.

De la condición (31) obtenemos la condición de estabilidad de la ecuación Timoshenko para el esquema implícito adoptado. No nos detenemos a analizar la cota del caso general, pues dependerá de los valores absolutos de los intervalos en relación con las constantes físico-geométricas a, b y c. Como verificación necesaria, analicemos el caso de la ecuación elemental (a = b = 0). Entonces, de (94):

$$\varepsilon = \frac{2}{1+2r z_i^2} \tag{95}$$

De las condiciones (31), se observa que deberá ser simultáneamente:

$$r z_i^2 \geq 0 \tag{96}$$

$$1 + r z_i^2 \geq 0 \tag{97}$$

por lo que se satisfacen para todo valor de r, en coincidencia con lo hallado en la Referencia (5).

ACRADECIMIENTO

El autor desea expresar su gratitud a los Profesores J.A.Reyes y R.E.Rossi, por su desinteresada colaboración con respecto al trabajo y sus valiosas sugerencias en lo referente al tema del mismo.

R E F E R E N C I A S

1. Y. C. Fung, Foundation of Solid Mechanics, Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi, 1968.

2. S. H. Crandall, "Numerical Treatmente of a four order parabolic partial differential equation", J. Assoc. for Comp. Mach. 111-118 (1953).

3. W. A. Green, "Dispersion Relations for Elastic Waves in Bars", Progress in Solid Mechanics, Vol. I, Edited by I. N. Sneddon and R-Hill. North-Holland Publishing Company, Amsterdan, 225-261 (1960).

4. L. Collatz, "Zur Stabilitat Differenzenverfahrens bei der Stabschwingungsglichung", Z. angew. Math. Mech. Bd. 31 Nr. 11/12,392-393 (1951).

5. C. P. Filipich, "Análisis de la Estabilidad Numérica para la Ecuación Elemental de Movimiento de Vigas". Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca, Argentina (1979).

6. R. Bellman, Introduction to Matrix Analysis. Mc Graw-Hill, New York, 1960.

7. R. D. Richtmyer, Difference Methods for Initial-Value Problems, Interscience Publishers, Inc. New York, 1957.

8. K. G. Guderley, "On Non Linear Eigenvalue Problems for Matrices", J. Soc. Indust. and Appl. Math. 6, 335-353 (1958).

9. W. F. Ames, Numerical Methods for Partial Differential Equations, Barnes and Noble, Inc. New York, 1969.

10. F. B. Hildebrand, Finite-Difference Equations and Simulations, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1968.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

CAPITULO I

SISTEMAS DE INFORMACION

CEDINFOR

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

SELEÇÃO DE OBJETOS NA DESCRIÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Maximilian Emil Hehl

João Sahão Junior

Margareth Lauand

Instituto de Ciências Matemáticas de Sâo Carlos - USP
Departamento de Ciências de Computaçâo e Estatística
Av. Dr. Carlos Botelho 1465, Sao Carlos, Brasil

RESUMO

O problema da seleção de objetos, quando se faz a descrição de sistemas de informação com o apoio de computador, é analisado e é apresentado um conjunto de rotinas que constitue um subsistema de programação destinado a permitir que essa seleção seja feita com o auxílio de computador. A seleção é executada através da manipulação de conjuntos com as operações usuais da teoria dos conjuntos. Uma linguagem para a especificação de seleções é apresentada através de descrição formal. A estrutura de dados usada no processo de seleção é apresentada juntamente com a adotada para armazenamento da descrição do sistema de informação. O subsistema de programação desenvolvido para executar a tarefa de seleção é descrito sucintamente.

I. INTRODUÇÃO

A descrição de um sistema consiste basicamente de objetos que representam as entidades que o compõem e relações que indicam a forma pela qual essas entidades interagem entre si.

Quando um sistema atinge um porte muito grande, envolvendo para o seu trabalho de projeto e desenvolvimento uma equipe de pessoas, é conveniente a utilização de um computador para auxiliar a interação de todas essas pessoas. Isso é feito mantendo no computador uma descrição atualizada do sistema, de for-

ma a possibilitar que cada um possa ter com facilidade uma visão dos aspectos de seu interesse.

A vantagem da utilização de um computador reside em sua capacidade de poder selecionar na descrição os objetos envolvidos no aspecto requisitado pelo usuário, de forma a lhe possibilitar a obtenção de relatórios significativos.

Essa vantagem deve ser aproveitada de modo a permitir selecionar os objetos necessários para qualquer informação que o usuário necessitar da descrição, de uma forma eficiente e de fácil especificação, reunindo ao mesmo tempo flexibilidade de uso e capacidade de realizar seleções de grande complexidade.

II. ESTRUTURAÇÃO DOS DADOS RELATIVOS À DESCRIÇÃO DE UM SISTEMA

Após o estudo e análise comparativa de várias metodologias para projeto, desenvolvimento, descrição e análise de sistemas de informação, vem sendo elaborado e desenvolvido, no Laboratório de Computação do Departamento de Ciências de Computação e Estatística do Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos - USP, um sistema apoiado por computador que abrange as melhores características das metodologias analisadas.

Este sistema consiste de uma linguagem relacional e de um pacote de programas integrados. À medida que um sistema vai sendo descrito através desta linguagem, é criada na memória do computador uma estrutura de dados que representa a descrição realizada. Tal estrutura pode ser vista como uma representação do modelo matemático de hiperdígrafos categorizados com rótulos, como foi demonstrado em [Ge76] e [Ni77].

A literatura traz numerosas formas de representação de dígrafos categorizados com rótulos. Foi realizado um estudo dessas representações [Tr78], com o objetivo de adequá-las às características específicas dos hiperdígrafos que caracterizam estruturas de dados representativas de descrições de sistemas. A forma de representação que se concluiu ser a mais adequada é a mostrada na figura 1.

A cada objeto da descrição é associado um nome, através do qual a ele se tem acesso, e vários atributos, como por exemplo sinônimos, proteções, datas, etc... Além disso cada objeto está envolvido em relações com outros objetos. Essas relações são armazenadas em estrutura de lista. A cada objeto está associada uma lista que contém todas as relações que partem desse objeto.

As relações entre objetos podem ser classificadas em dois tipos: simples ou múltiplas. Simples são as relações que envolvem apenas dois objetos. Múltiplas são relações que envolvem mais de dois objetos. Cada uma delas tem seu próprio esquema de armazenamento. De uma forma geral, cada célula de uma lista tem as seguintes informações: objeto-destino dessa relação; código da relação; ponteiro para a próxima célula da lista; e ponteiro de multiplicidade da relação (caso a relação seja simples, esse ponteiro é nulo).

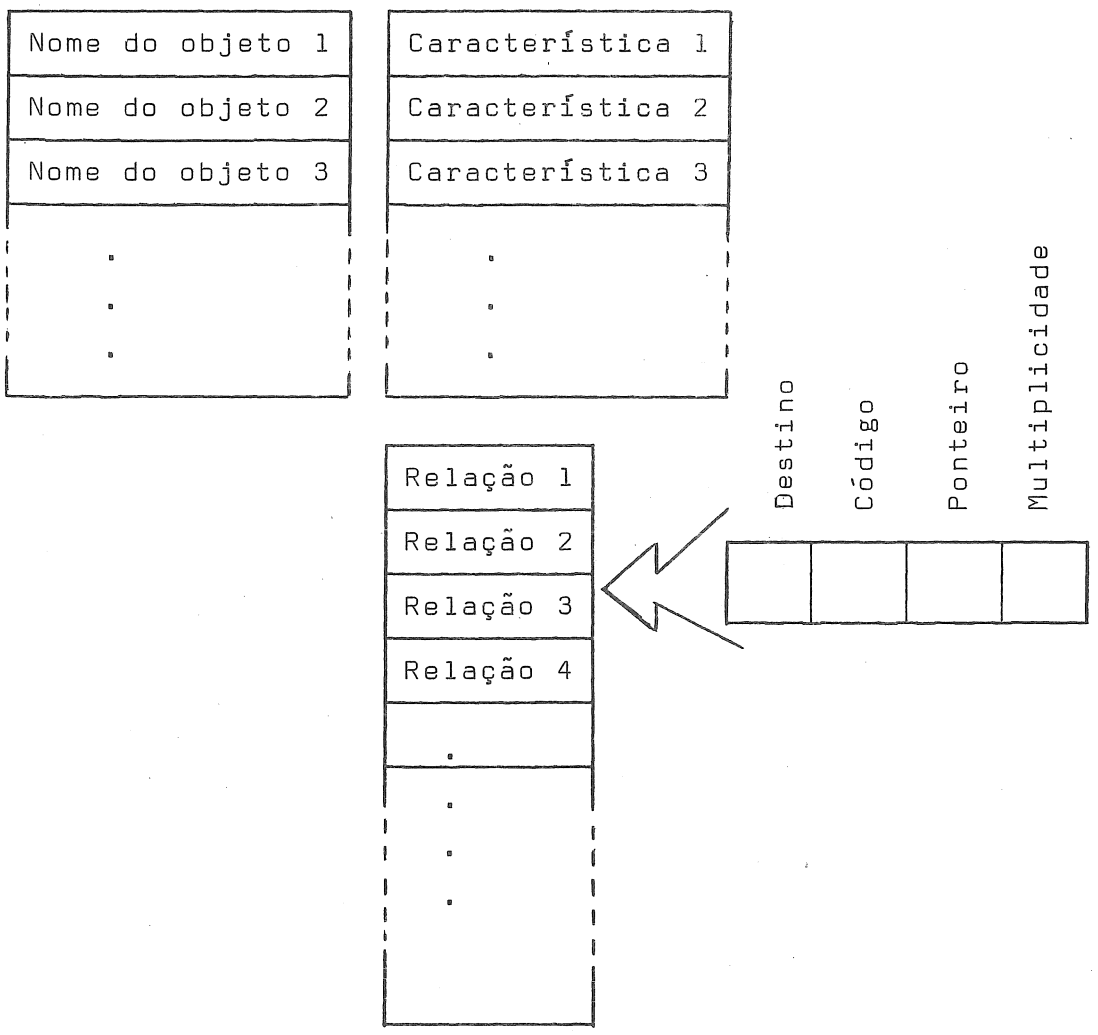


Figura 1

III. O PROBLEMA DA SELEÇÃO

Quando um sistema está em projeto ou em desenvolvimento, e um computador está sendo utilizado para auxiliar essa tarefa, cada membro que dela está participando vai fornecendo informações sobre os aspectos com os quais está trabalhando. Vai sendo elaborada assim a descrição do sistema, de uma forma bastante flexível.

A qualquer instante, durante a elaboração da descrição, um usuário pode querer obter informações do que já foi descrito sobre determinado aspecto. Essas informações lhe são fornecidas através de relatórios que contêm os objetos envolvidos nesse aspecto. Os programas que geram esses relatórios devem ser capazes de organizar a apresentação desses objetos em formato significativo para o usuário. A seleção adequada desses objetos é essencial para a confecção desses relatórios.

A seleção de objetos é feita através da escolha de de

terminadas características envolvidas no aspecto desejado. Cada característica dá origem a um conjunto de objetos. Pode-se, então, pensar em uma seleção como sendo o resultado de operações entre conjuntos de objetos previamente selecionados de acordo com características específicas. Isso faz com que se possa produzir qualquer seleção desejada, não importando a sua complexidade.

Exemplos de características que podem ser usadas para selecionar conjuntos de objetos são: tipo de objeto; data de criação e/ou atualização de objetos; existencia ou não de sinônimos; etc...

As operações entre os conjuntos de objetos são as usuais da Teoria dos Conjuntos, tais como união (+), intersecção (*), diferença (-) e complementação (').

Pode-se então partir de seleções simples e de propósito geral, como aquelas exemplificadas, e através dessas operações chegar a uma seleção de objetos de interêsse específico, associá-la a outras seleções já atualizadas e assim ir construindo qualquer seleção pretendida. Uma vantagem disso é que, ao mesmo tempo em que se utiliza uma teoria matemática bastante difundida, que permite grande especificidade nos critérios de seleção e facilidade de se criar os programas que analisam tais critérios, mantém-se contato muito estreito com a forma que normalmente uma pessoa raciocina quando procura selecionar alguma coisa mentalmente.

Uma característica que frequentemente é usada para selecionar um conjunto de objetos é a forma pela qual esses objetos se relacionam com outros na descrição. Durante a fase de elaboração de uma descrição, usam-se relações de vários tipos para indicar a forma pela qual os objetos interagem. Pode-se então usar esses tipos de relação para selecionar os objetos que se relacionam de determinada forma com os objetos de um certo conjunto.

A linguagem formalmente descrita na figura 2 aplica esses conceitos e sua utilização possibilita o uso do computador para executar o processo de seleção.

Um exemplo de seleção especificada nessa linguagem é:

SEL = ARQUIVO * USADO POR (GERA(SAÍDA)).

Neste exemplo, está especificado que devem ser selecionados todos os objetos do tipo ARQUIVO que sejam usados por qualquer objeto que gere um objeto do tipo SAÍDA.

Para chegar à seleção assim especificada, o sistema em desenvolvimento mencionado na seção II parte da criação de dois conjuntos, os quais chamaremos de C1 e C2 contendo, respectivamente, todos os objetos de tipo ARQUIVO e todos os objetos de tipo SAÍDA da descrição. A seguir é criado um novo conjunto C3 que consiste de todos os objetos da descrição que estão relacionados com algum objeto de C2 através da relação GERA. Então é criado o conjunto C4 formado por todos os objetos que estão relacionados com algum objeto de C3 através da relação USADO POR. Fi

nalmente, chega-se ao conjunto formado por todos os objetos que pertencem tanto a C1 quanto a C4, o qual constitue a seleção especificada. A esse conjunto é atribuído o nome SEL, o qual serve para quaisquer referências posteriores.

```
<COMANDO> ::= <NOME DO CONJUNTO>=<EXPRESSÃO PARA SELEÇÃO>
<EXPRESSÃO PARA SELEÇÃO> ::= <CRITÉRIO DE SELEÇÃO>
                           | <CRITÉRIO DE SELEÇÃO><OPERADOR>
                                <EXPRESSÃO PARA SELEÇÃO>
                           | <EXPRESSÃO PARA SELEÇÃO><OPERADOR>
                                <CRITÉRIO DE SELEÇÃO>
                           | <RELAÇÃO>(<EXPRESSÃO PARA SELEÇÃO>)
                           | <EXPRESSÃO PARA SELEÇÃO>'

<CRITÉRIO DE SELEÇÃO> ::= <TIPO DE OBJETO>
                        | COMENTÁRIOS
                        | SINÔNIMOS
                        | ISOLADO
                        | TODOS
                        | OBJETO=<NOME DO OBJETO>

<OPERADOR> ::= + | - | *
```

Figura 2

IV. ESTRUTURA DE DADOS USADA NO PROCESSO DE SELEÇÃO

A estrutura de dados usada no processo de seleção é esquematizada de forma a permitir uma rápida e eficiente execução das operações necessárias ao processo de seleção. É a estrutura interna principal do programa de seleção de objetos que integra o sistema acima mencionado. Essa estrutura armazena os conjuntos selecionados pelo usuário. Tais conjuntos são armazenados num formato adequado às operações necessárias neste programa. Em se tratando de descrições de sistemas de informação, chegou-se à conclusão de que, para esse arquivo, vinte é um limitante suficiente para o número de conjuntos de seleção que esse arquivo pode armazenar. A figura 3 mostra essa estrutura para facilitar o seu entendimento.

A estrutura geral, que armazena os objetos da descrição e suas características, é mostrada resumidamente à esquerda da figura. Ao lado, estão posicionadas vinte colunas, sendo que cada coluna representa um conjunto selecionado, indicando para cada objeto se ele pertence ou não àquele conjunto. Esses conjuntos selecionados são armazenados num arquivo chamado ARQUIVO DE TRABALHO, onde o primeiro registro desse arquivo é

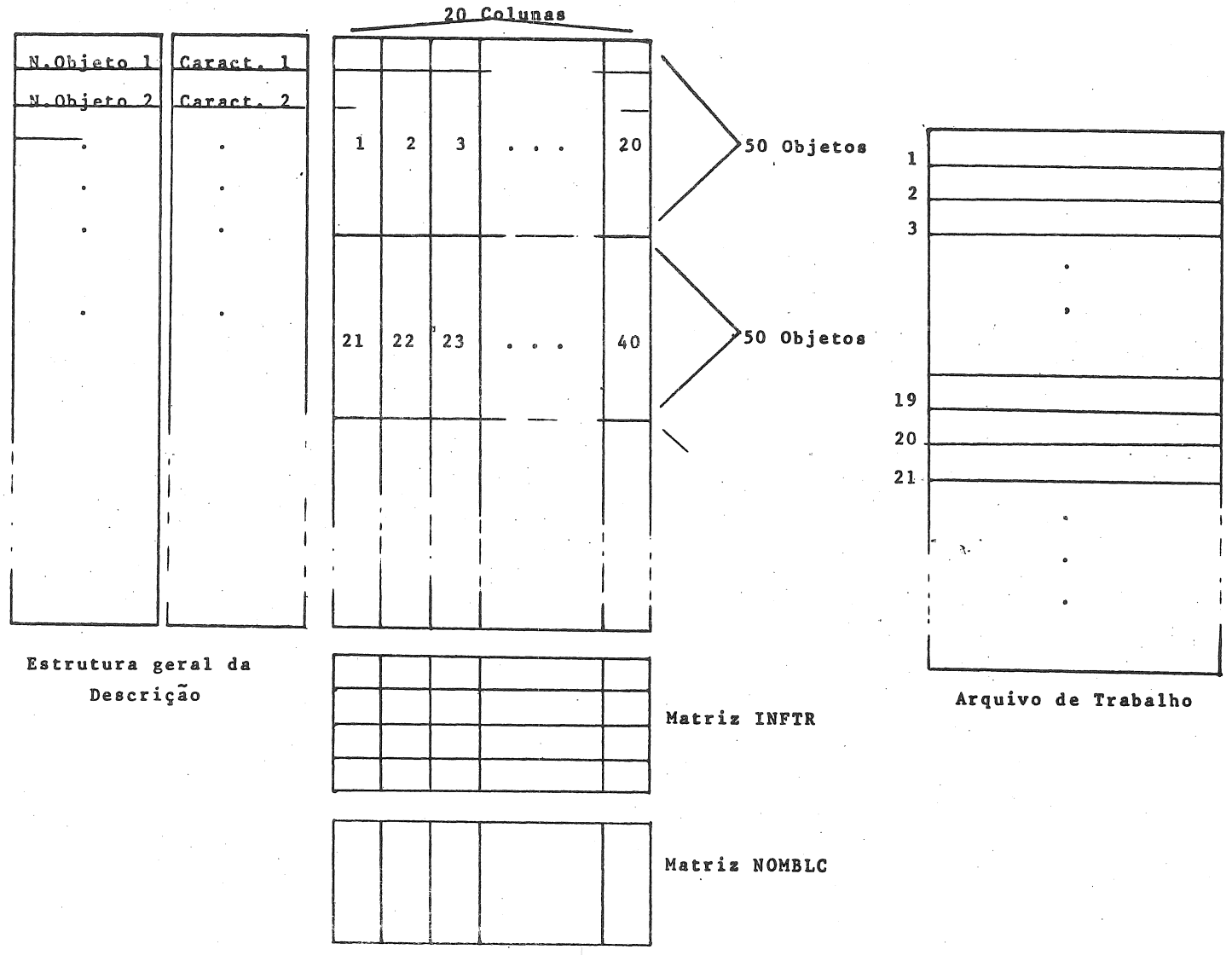

20 Colunas
N.Objeto 1
Caract. 1
N.Objeto 2
Caract. 2
1
2
3
. . .
20
50 Objetos
21
22
23
. . .
40
50 Objetos
Estrutura geral da Descrição
Matriz INFTR
Matriz NOMBLC
1
2
3
19
20
21
Arquivo de Trabalho

Figura 3

constituído pelas cinquenta primeiras posições da primeira coluna; o segundo registro, pelas cinquenta primeiras posições da segunda coluna; e assim por diante, até o vigésimo registro, que armazena as cinquenta primeiras posições da vigésima coluna. As cinquenta posições seguintes da primeira coluna são armazenadas no vigésimo-primeiro registro, e assim por diante, todas as colunas são armazenadas em blocos de cinquenta posições.

Quando se deseja manipular o arquivo de trabalho, as informações são trazidas para a memória, um bloco de cada coluna de cada vez. O bloco de uma dada coluna que é trazido não é necessariamente o mesmo de qualquer outra coluna. Esses blocos são trazidos para uma coluna de uma matriz de 50x20 chamada ARQTR.

Pode-se observar, então, que os blocos de cinquenta posições dos conjuntos selecionados constituem a matriz ARQTR e ainda, que cada bloco é tratado de cada vez, independentemente.

Para trabalhar com essa estrutura, é necessário ainda uma matriz de 20x4 chamada INFTR que contém as seguintes informações para cada conjunto (coluna):

- qual o bloco que está na memória;
- até que palavra do bloco está sendo usada (para o caso em que o último bloco não possua cinquenta posições);
- a que objeto se refere a primeira posição desse bloco;
- estado da coluna:
  - zero = a coluna não está sendo usada,
  - um = a coluna está sendo usada e o arquivo de trabalho está atualizado,
  - dois = a coluna está sendo usada e o arquivo de trabalho não está atualizado.

Existe ainda uma matriz de 10x20 chamada NOMBLC, a qual armazena os nomes dos conjuntos selecionados, atribuídos pelo usuário.

Para cada objeto, indica-se que ele pertence ao conjunto de seleção colocando o valor um na posição correspondente a esse objeto. Para indicar que ele não pertence ao conjunto de seleção, coloca-se zero nessa posição.

V. CONCLUSÕES

O subsistema de seleção de objetos, que faz parte do sistema apoiado por computador mencionado em II, foi desenvolvido em linguagem FORTRAN para um computador PDP 11/45 com preocupação de ser portátil [Br77], de modo a poder ser instalado com poucas adaptações em outros computadores que possuam compilador para a linguagem FORTRAN IV ANSI. Esse subsistema é constituí

do por 42 rotinas específicas, cada uma, em média, com uma página e meia de listagem, além de outras rotinas de uso comum com os outros subsistemas.

No desenvolvimento desse subsistema foram usados conceitos de seleção usuais à Recuperação da Informação como os encontrados em [Sa68] bem como Técnicas de Alocação Dinâmica de Memória conhecidas na literatura técnica, semelhantes às mencionadas em [Ts74]. Por outro lado, o problema de seleção de objetos em sistemas de informação já foi resolvido por outros, como por exemplo Teichroew [Ka79] e Solvberg [Aa74]. O enfoque adotado neste trabalho é de maior generalização, de vez que, em nenhum ponto dos programas, são fixados os objetos a serem selecionados. Assim, apenas através de dados são feitas as particularizações necessárias para que o subsistema funcione para objetos e relações específicos. Essa idéia de generalidade já foi adotada por Teichroew [Te75] mas sua aplicação com as considerações feitas neste trabalho permite que o subsistema de seleção, juntamente com os demais subsistemas, possa ser processado em um mini-computador, como é o caso do PDP 11/45, com limitados recursos de memória principal, em que a máxima partição para usuário é de 64 K-bytes.

Este trabalho foi em parte desenvolvido dentro de um plano de trabalho de bolsa de iniciação científica concedida à estudante de engenharia Margareth Lauand, sob a orientação do professor João Sahão Junior. O sistema mencionado em II, do qual o subsistema a que se refere este trabalho faz parte, está sendo desenvolvido com apoio financeiro da FAPESP e FINEP sob a coordenação do engenheiro Caetano Traina Junior.

BIBLIOGRAFIA

[Aa 74] AANSTAD, P. - Introduction to the Program System CASCADE/2. University of Trondheim, Working Paper nº 38. 1974.

[Br 77] BROWN, P.J. and others - Software Portability, an Advanced Course. Cambridge University Press, 1977.

[Ge 76] GERMANO, F. - Modelos Matemáticos da Teoria dos Sistemas de Informação. Tese apresentada à Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências. São Carlos, Abril de 1976.

[Ka 79] KANG, K.C. & MAZZILLI, E. - A Query facility for PSA version A5.1. - User's Manual. ISDOS Project.April 1979.

[Ni 77] NICOLETTI, M. - Sobre Modelos Matemáticos do Projeto Lógico de Sistemas de Informação. Dissertação apresentada à Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências de Computação e Estatística. São Carlos, janeiro de 1977.

[Sa 68] SALTON, G. - Automatic Information Organization and Retrieval. McGraw-Hill, 1968.

[Te 75] TEICHROEW, D., GERMANO, F. & MORAES, P. - Computer-aided Structured Documentation of Information Processing System Requirements. 8º Congresso Nacional de Processamento de Dados. SUCESU - São Paulo - 27 a 31 de outubro - 1975.

[Tr 78] TRAINA JR, C., GERMANO, F. & SAHÃO JR, J. - Uso de Dígrafos para Esquematização de uma Base de Dados. 2º Congresso Brasileiro de Automática. Florianópolis, 4 a 6 de setembro de 1978.

[Ts 74] TSICHRITZIS, D.C. & BERNSTEIN, P.A. - Operating Systems. Academic Press, 1974.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMACION: USO DE UN ENFOQUE DE SISTEMAS

Wimal Gunawardena
Universidad de los Andes
Apartado 321, Mérida, Venezuela

INTRODUCCION Y OBJETIVOS.

La información es un recurso vital que determina la existencia deseable de cualquier organización humana. Los sistemas de información proveen a los ejecutivos con datos procesados, de forma tal que les permite tomar las decisiones relevantes a sus actividades diarias, dentro de su competencia. El objeto de este trabajo es demostrar que el enfoque de sistemas puede ser considerado como una herramienta muy útil en el desarrollo de sistemas de información, especialmente en situaciones complejas, y también discutir la forma como tal enfoque puede ser usado, en concordancia con actividades específicas de los ejecutivos y en la esquematización de las decisiones inherentes en la organización, de tal manera, que el sistema a ser diseñado sea efectivo.

Este trabajo ha sido elaborado en base a la experiencia de algunos proyectos del mundo real en la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela dentro de un Programa de Educación en Ingeniería de Sistemas[1]. El enfoque de sistemas empleado en esos proyectos es una versión particular, dentro de los muchos existentes en el campo o 'movimiento de sistemas', y está basado en la metodología de los 'sistemas blandos' desarrollado por la Universidad de Lancaster, Inglaterra [2,3,4]. Por consiguiente, es importante, antes de hacer uso de tal enfoque, describir brevemente la naturaleza de esta metodología y algunos conceptos básicos de sistemas, relacionados con élla; así como algunos puntos de vista sobre los sistemas de información, en este contexto.

BASE METODOLOGICA.

La metodología de 'sistemas blandos' mencionada aca considera que en el 'mundo real' hay situaciones problemáticas complejas, no estructuradas o difusas, donde los objetivos en si mismos son difícil de identificar, la medida de rendimiento es igualmente, del tipo cualitativo y el proceso de toma de decisiones es en condiciones de incertidumbre. Esos problemas son llamados 'blandos' y se clasifican como 'sistemas de actividad humana'[5]. En general, la mayoría de los problemas gerenciales, en cualquier organización humana, caen en ésta categoría. Una de las ideas fundamentales detrás de esa metodología es, que para manejar tales problemas sin distorcionar la realidad, es importante tener una orientación hacia el problema 'más que una orientación hacia las técnicas'.

La naturaleza básica de la metodología, puede ser resumida en el diagrama 1. Esta metodología que emerge de un programa 'investigación - acción' , y la subsiguientes prueba en muchas situaciones del mundo real[6], ha sido usado en el intento de resolver problemas complejos organizacionales de diferentes tipos, los cuales involucran cambios en la estructura organizacional, en los procedimientos y en las actitudes. En términos de la metodología, el objetivo del presente trabajo es demostrar como puede ser usada en el desarrollo de sistemas de información. (Un breve resumen de cada una de las fases de la metodología se da en el apéndice).

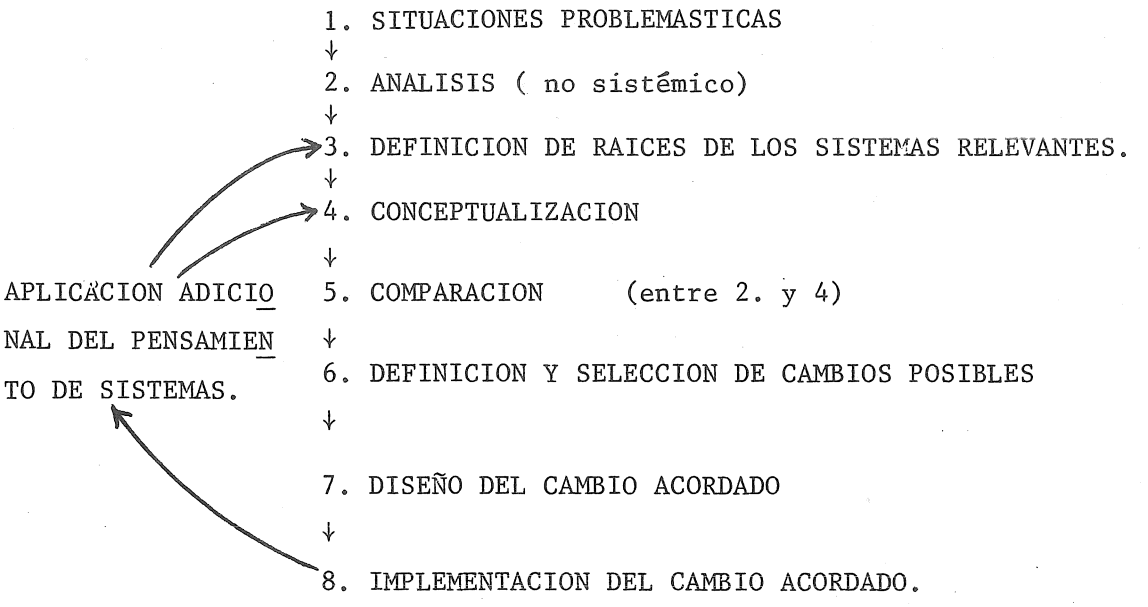


DIAGRAMA 1: METODOLOGIA DE SISTEMAS 'BLANDOS'.

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS SISTEMAS DE INFORMACION.

Durante la última década, los sistemas de información han tomado un prominente lugar en las organizaciones complejas y son usualmente vistos y discutidos en términos, tales como: 'procesamiento de datos', 'terminales', 'almacenamiento en disco' y otros términos relacionados con el computador. Aunque es menos reconocido, esos sistemas de información han sido desarrollados a la luz de otros conceptos organizacionales, tales como: 'decisiones', 'tareas gerenciales', 'diagramas organizacionales', 'flujos financieros', 'estrategias', 'asignación de recursos', 'manejo de personal', etc.. El resultado del énfasis dado a esos términos es que, aunque el propósito de los sistemas de información es satisfacer las necesidades de los ejecutivos asociados con los problemas de la organización, en realidad, esos sistemas son

elaborados hoy en día orientados a 'instrumentos o medios', más que orientados hacia 'la necesidad' ó 'el problema'. En otras palabras, la mayoría de los sistemas de información, están desarrollados sobre las bases de: ¿Qué información puede ser recopilada, almacenada y procesada?; más que sobre las bases de ¿Qué información necesita el ejecutivo para la toma de decisiones?.

Puede observarse que, como resultado de esta orientación, en muchos casos los sistemas de información desarrollados sofisticadamente, son no solamente incapaces de responder a las necesidades de los ejecutivos, sino que, no logran justificar su propia exigencia. Estas observaciones indican que, para desarrollar sistemas efectivos para servir al propósito para el cual han sido diseñados, su creación, debe estar basada teniendo en mente las necesidades reales. Esto implica que, en el desarrollo de los sistemas de información, es importante asegurarse que éllos han sido elaborados como parte de un modo de resolver el problema, más que como ejercicio intelectual, - para usar técnicas sofisticadas y el hardware disponible. También es importante seleccionar los 'medios' en forma cuidadosa, aunque ellos sean, basados en computadoras, manuales o combinación de ambos, de acuerdo con las necesidades, problemas y recursos disponibles.

TAREAS A EJECUTAR EN EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMACION.

Para visualizar el posible uso del enfoque de sistemas en el desarrollo de sistemas de información, es importante discutir las 'tareas básicas' involucradas en el mismo. Al nivel más fundamental, la elaboración de sistemas de información amerita, dos grandes tareas, a saber: a) Análisis y b) Diseño.

Como las organizaciones son dinámicas y además existen en un ambiente cambiante en si mismo, es importante examinar la efectividad de los sistemas de información existentes y luego desarrollar los nuevos o mejorar los existentes en forma periódica. Uno de los roles de la fase de análisis es encontrar los requerimientos globales de información, y luego lo adecuado de los sistemas de información existentes, todo en concordancia con las necesidades de la organización y los problemas de los ejecutivos; a la vez que tomando en cuenta la estructura organizacional y las actividades gerenciales. La fase de análisis deberá también definir que información debe ser provista por el sistema particular que se espera diseñar y definirla en términos de los ejecutivos, quienes requieren de tal información; también, para que propósito de toma de decisiones y en que momento se requiere. Por otro lado, la fase de diseño responde a la pregunta: ¿Cómo debe ser provista, tal información en la forma más efectiva? y decide sobre el Modo de Computación o sobre los métodos manuales necesarios para procesar la información. Igualmente, selecciona la fuente más confiable de información y elabora los detalles del sistema, de forma tal que la información sea provista como y cuando se espera.

Observando la naturaleza lógica de las actividades básicas en el desarrollo de sistemas de información, así como también la experiencia específica obtenida trabajando en el mundo real, dentro del programa mencionado, puede decirse que la fase de análisis es una de las tareas más importantes. Por más que el diseño sea excelente y sea hecho usando los métodos más sofisticados, el sistema de información no podrá servir a sus propósitos, al menos que la fase de análisis sea hecha en forma rigurosa, mediante el empleo de

un pensamiento racional. Similarmente, podría argumentarse que un trabajo preliminar a la fase de diseño, debe ser decidir cómo se debe proveer la información, y esto debe hacerse sin ninguna 'preconcepción ideológica', 'técnicas predeterminadas' o 'métodos en mente'. En otras palabras, el análisis y la primera etapa del diseño deben realizarse teniendo en mente las necesidades o el problema, a la vez que considerando las actividades específicas de los ejecutivos y el proceso de toma de decisiones que requiere información.

La experiencia indica que, para desarrollar sistemas de información efectivos, la fase de análisis y la etapa de diseño debe ser realizada en términos de las siguientes subtareas:

(i) Comprensión de la situación existente en la organización - ie, , cuáles son las actividades gerenciales de los ejecutivos, cuál es el proceso de toma de decisiones y cómo se hace uso de la información hasta el presente.

(ii) Identificar las actividades mínimas realmente necesarias que deben ser realizadas por el sistema gerencial, para funcionar adecuadamente en la situación específica de la organización.

(iii) Identificación de las decisiones a ser tomadas, en relación con las actividades ejecutivas, así como también, quién tomará dichas decisiones.

(iv) Definir la información mínima requerida para soportar esas decisiones, de acuerdo a la naturaleza de actividades.

(v) Definir los patrones de flujo de información - i.e. en términos de los roles ejecutivos, quién es responsable de proveer que información, a quién y cuando.

(vi) Decidir como puede ser provista la información - i.e. ¿Dónde encontrar la información? ¿Cómo procesarla y transmitirla? (Qué métodos deben ser usados en este caso particular).

(vii) Elaborar los procedimientos detallados de procesamiento de datos (basados en computadora o manuales) que optimicen los recursos disponibles , a la vez que suplan la información requerida, en forma eficiente, usando los métodos seleccionados arriba.

UTILIDAD DE UN ENFOQUE DE SISTEMAS.

Los problemas reales en las organizaciones, asociados con las actividades diarias de los ejecutivos, por las cuales ellos son responsables y donde necesitan tomar decisiones eficientes, son obviamente multifacéticas. Además, estos problemas están interconectados unos con otros, por lo cual es importante en alguna forma, visualizar el problema total, en el esfuerzo de desarrollar un sistema de información, que pueda servir a las necesidades reales de esos ejecutivos. Si no se sigue tal enfoque, el resultado podría ser, no solamente que el sistema sea incapaz de cumplir con los propósitos para los cuales fué diseñado, sino que las mejoras logradas en un área, podrían crear efectos negativos en otra sección de la organización, introduciendo nuevos problemas.

El enfoque de sistemas, que en general podría ser definido como un modo de acción basado en la epistimología del 'todismo' o 'globalismo' en cualquier área del conocimiento,[7] es sin lugar a dudas una herramienta muy útil en el sentido antes expuesto. La metodología de los 'sistemas blandos', la cual representa una versión particular del enfoque de sistemas, fué seleccionada meramente porque se vió la posibilidad de analizar y luego resolver problemas - 'reales' de las organizaciones. Para propósitos prácticos, tal enfoque es mucho más apropiado que cualquier otro, ya que provee justamente una base 'todista'. Por ejemplo, la metodología puede ayudar a ganar una 'imagen rica' de la situación actual y luego representar tal entendimiento en términos de sistemas, sin distorsión. Este es un aspecto importante en el desarrollo de sistemas de información, dado que provee una oportunidad para conocer las desventajas de los sistemas existentes y luego desarrollar los nuevos, acordes con los ya existentes, facilitando la implementación e incrementando la efectividad. Además, el enfoque de sistemas mencionado acá ayuda a conceptualizar las actividades ejecutivas imprevistas, de forma tal que el 'sistema gerencial' pueda funcionar adecuadamente, y por tanto proveer la identificación del proceso completo de toma de decisiones, sus requerimientos y necesidades informativas, de acuerdo con sus propias actividades.

Por experiencia puede argumentarse, que el enfoque puede ser usado también en la identificación de los flujos de información requeridos, así como para debatir la forma de procesamiento y suministro de información.

APLICACION DE UN ENFOQUE DE SISTEMAS. Un ejemplo.

Para demostrar la forma en la cual el enfoque particular de sistemas puede ser usado en el desarrollo de sistemas de información, durante la fase de análisis y en la etapa preliminar de diseño, se presenta un breve resumen de un proyecto realizado en la Universidad de Los Andes. Este proyecto fué realizado originalmente por el autor conjuntamente con un estudiante de Ingeniería de Sistemas como 'Proyecto de Grado'[8] con el propósito de que el estudiante adquiriese alguna experiencia en el uso de los conceptos de sistemas en el mundo real. El otro objetivo paralelo fué ayudar al 'dueño del problema' en el desarrollo de un sistema de información que pudiese satisfacer las necesidades inmediatas de información de la organización, por lo cual el trabajo realizado por el estudiante fué mejorado por el autor.

La organización relacionada con este estudio es la Dirección de Obras Públicas (DOP) de la Gobernación de un Estado de Venezuela. En términos de la metodología de los sistemas 'blandos', la situación problemática planteada por el Director de esta organización es la siguiente: "existe un grado de desorganización en la DOP, inducido por las estructuras existentes de la Gobernación, como consecuencia de la falta de la información requerida para realizar sus labores y mejorar los recursos disponibles."

Tomando el enunciado del problema dado, se hizo un análisis en términos de las estructuras y procesos organizacionales de la DOP, considerando simultáneamente las interrelaciones con otras dependencias de la Gobernación y otros institutos estatales ajenos a la Gobernación, pero relevantes para las actividades de la DOP. La meta de este análisis es obtener una 'visión rica' de la situación actual de la DOP, sin distorcionar la realidad. Durante esta fase, el énfasis fué dado a comprender la naturaleza de las actividades básicas de la DOP, su modo de tomar decisiones, y la forma como se ha ve

nido usando la información hasta el presente; todo esto se hace sin ninguna preconcepción ideológica o puntos de vista personales.

El entendimiento obtenido mediante el análisis, ayuda a concluír que, el propósito de la DOP es detectar las necesidades de la comunidad, seleccionar las obras públicas para satisfacer tales necesidades y ejecutar tales proyectos de acuerdo a sus propias prioridades. También se encontró que el desorden mencionado por el Director, se debe a las grandes dificultades que enfrenta la DOP en la toma de decisiones relevantes a las tres áreas todo como resultado de canales de comunicación muy pobres e insuficiencia de información.

Siguiendo las guías metodológica y observando la 'visión rica' obtenida durante el análisis, la situación problemática fué luego estructurada e interpretada en términos de sistemas. Esto fué hecho fundamentalmente mediante la identificación de los contornos del 'sistema que contiene el problema' y del 'sistema de solucionadores del problema'[9]. Subsecuentemente, se plantea la definición raíz o representación condensada del 'sistema de actividades humanas' relevantes al 'contenido del problema'. La validez y utilidad[10] de esas definiciones fueron debatidas y se seleccionó la más apropiada entre éllas, de acuerdo con las condiciones del 'sistema de solucionadores'[11] como un intento de mejorar la disponibilidad de información para la DOP.

La definición raíz tomó la siguiente forma:

"Un sistema de transmisión de información, organizado por la DOP, para conocer las necesidades de la comunidad del Estado, en cuanto a la construcción, reparación y mantenimiento de obras públicas; para canalizar y seleccionar las que se pueden cubrir, con el fin de ejecutar planes para éllos transmitiendo información a través de las acciones coordinadas entre sus estructuras y las de otras organizaciones vinculadas".

Esta definición raíz implica que la necesidad de un sistema de información en la DOP, es para realizar las actividades 'ejecutivas' relacionadas - con: buscar necesidades de la comunidad, canalizar y seleccionar las que se puedan cubrir y ejecutar planes para cubrir esas necesidades, a la vez que, coordinar las actividades internas y con otras organizaciones. Dado que se sintió que para desarrollar una información que pudiese ser 'orientada hacia la necesidad, era crucial considerar la 'noción' resaltada de la definición raíz, como el núcleo de nuestra atención.

En vista de las labores anteriormente mencionadas envueltas en el desarrollo de un sistema de información, que pueda ser de utilidad práctica en el trabajo diario de la organización, es importante ahora conceptualizar las actividades mínimas necesarias, dentro del sistema definido, de forma tal que puedan ser identificadas las necesidades específicas de información. Basados en este argumento, se elaboró un modelo del 'sistema de transmisión de información' como es capturado por la definición raíz, en términos de la metodología de sistemas 'blandos'. La naturaleza fundamental del modelo conceptual contenido en la definición puede visualizarse en el diagrama 2.

Como puede verse, hay tres subsistemas envueltos en la DOP, los cuales requieren de transmisión de información; por otro lado, la transmisión debe

hacerse de forma que sea una acción coordinada entre estos tres subsistemas. Dado que el sistema conceptual necesita ser más detallado y específico para captar la esencia del sistema definido, se hicieron algunos desarrollos posteriores; a la vez que se identificaron las actividades mínimas requeridas dentro de esos subsistemas. La versión final del modelo se muestra en el diagrama 3.

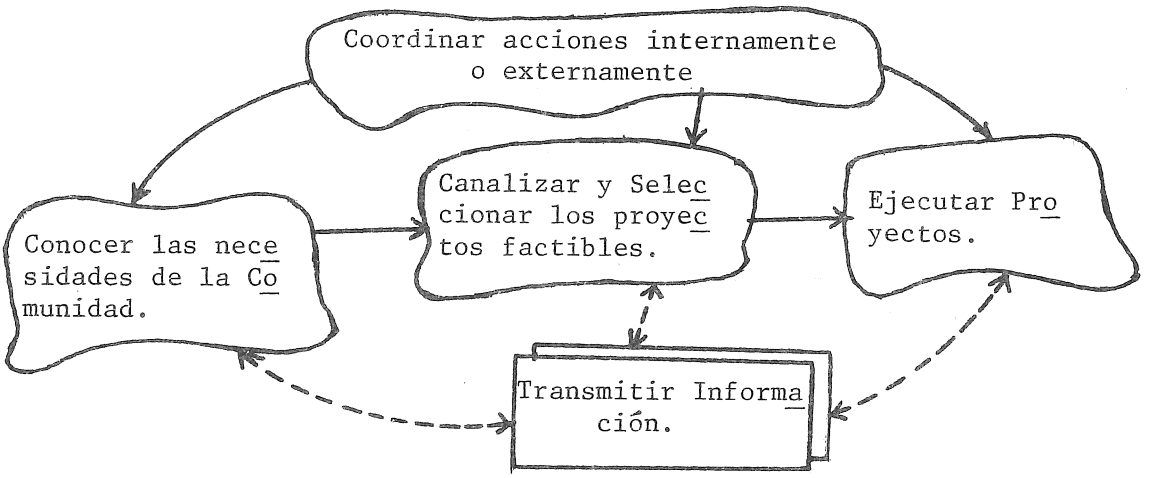


DIAGRAMA 2: MODELO CONCEPTUAL BASICO

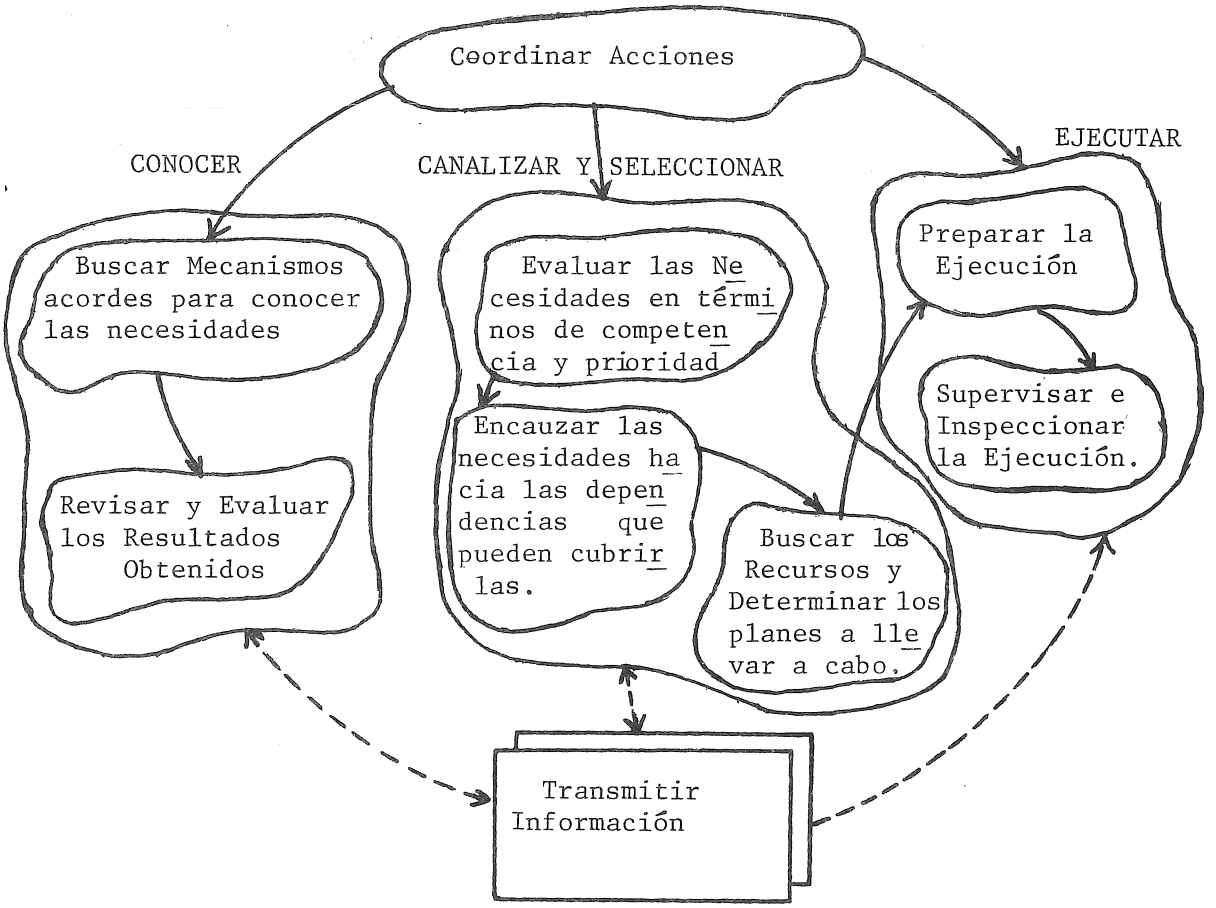


DIAGRAMA 3: MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA.

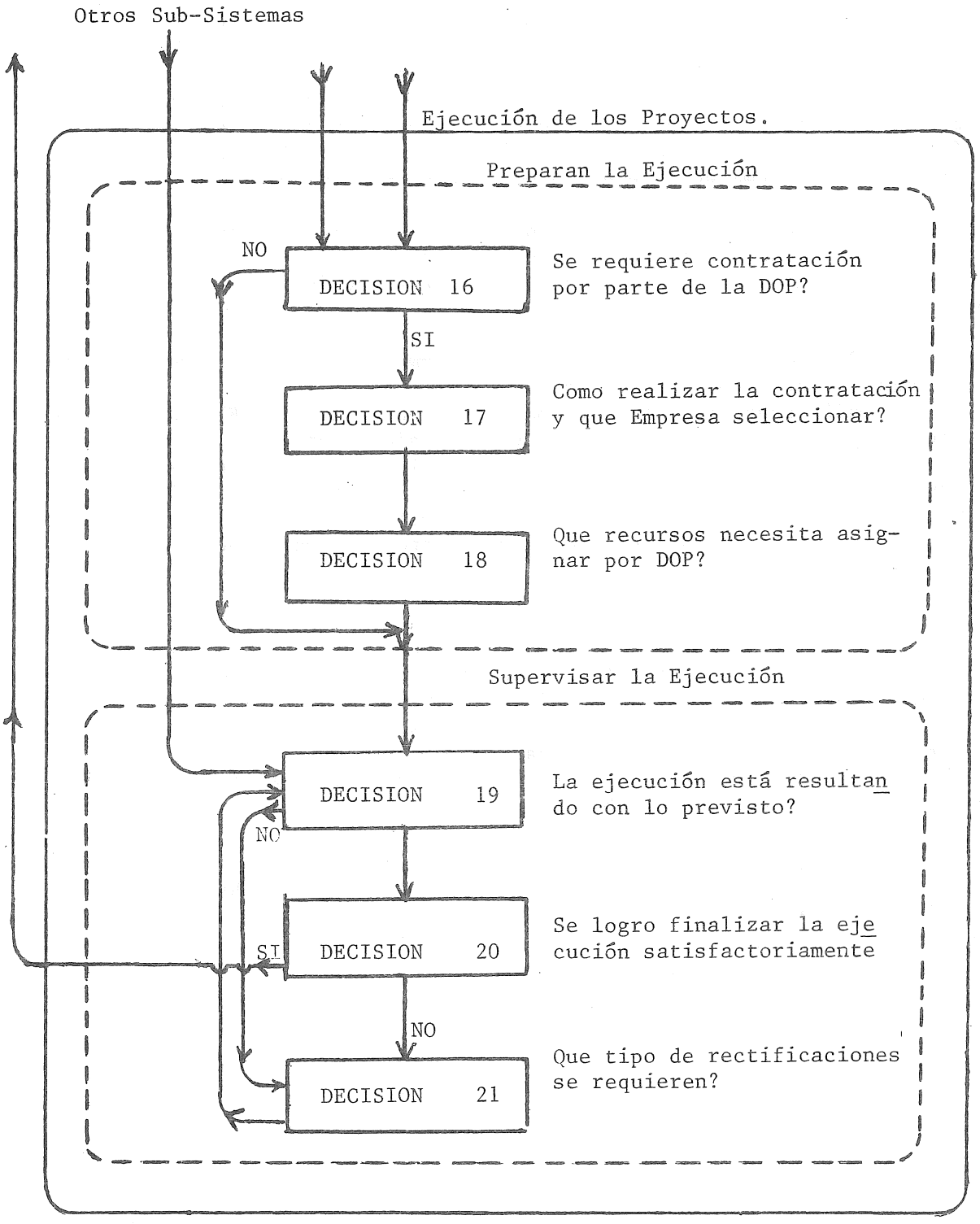


DIAGRAMA 5: 'MODELO DECISIONAL' DEL SUBSISTEMA
- Ejecución de Los Proyectos

(NOTA; → indica flujo de información).

De acuerdo con el modelo conceptual para que la DOP funcione como un sistema viable, se requiere realizar un mínimo de siete (7) actividades, dentro de los subsistemas. Con el objeto de identificar las necesidades de información de esas actividades, se analizaron las decisiones que deben ser tomadas por los ejecutivos con cada una de éllas, y luego se ensamblan en un 'modelo decisional', identificándose su interconexión y dependencia. Para propósitos ilustrativos, la parte del modelo decisional relacionada con la actividad del subsistema de 'Ejecución de Planes' se presenta en el diagrama 4.

Una vez que el 'modelo de decisiones' del sistema relevante fué elaborado, cada una de esas decisiones fueron examinadas, preguntando y respondiendo. ¿Qué información es necesaria para tomar esta decisión en esta organización?. Con base en este examen, se definió la información total requerida para que la DOP funcione en términos de los objetivos captados en la definición ráiz. Dado que el propósito de tal información es evidentemente ayudar a tomar las decisiones indicadas en el modelo, se siguió el trabajo preguntando. ¿Quién requiere esta información en particular?. El 'modelo de decisión' es un vehículo útil para hacer esto adecuadamente, porque cada elemento de la información identificada estaba relacionada con una decisión en particular, y al mismo tiempo estaba basada en la 'imagen rica' obtenida del análisis, permitiendo señalar quien toma la decisión. Similarmente, el debate de la naturaleza de cada decisión y sus correspondientes decisiones interrelacionadas o que influencia, ayudan a encontrar 'cuando es requerida la información'.

En términos de las decisiones en el modelo y de la información requerida, el trabajo fué posteriormente expandido mediante la identificación de la fuente de cada información - i.e . 'Quién es responsable de proveer la información particular' y "Dónde encontrarlo'. Los resultados de esta tarea fueron representados en una tabla, la cual puede verse como un resumen con indicación de: las necesidades totales de información, condiciones prevalecientes y restricciones. La tabla se da en el diagrama 5.

Decisiones (del modelo) o propósito de la información.	Información Requerida.	Quién la requiere y cuándo.	Fuente de la Información.

DIAGRAMA 5.

INFORMACION REQUERIDA Y SU NATURALEZA.

Una vez que los requerimientos totales de información fueron identificados, se comparó el modelo conceptual, conjuntamente con el 'modelo decisional' con la 'visión rica' de la 'situación real' obtenida durante la fase de análisis. Esta comparación es bastante similar a la indicada por la metodología, aunque su naturaleza es específica, con el fin de desarrollar un sistemas de información. Esta comparación es importante, dado que el nuevo sistema de información debe ser desarrollado teniendo en cuenta el sistema existente. Al mismo tiempo, la comparación ayuda a identificar el total de información requerida, la información específica a ser suministrada por el sistema (la 'visión rica' indica cual información ya está disponible para la organización actualmente, la cual no será necesario incluír en el nuevo sistema). En el ejemplo mencionado acá, el resultado final de las comparaciones fué presentado en tabla similar a la anterior, pero corregida sin incluír la información que no proveerá el sistema a ser desarrollado.

Puede verse que con la complementación de las comparaciones, la tarea de análisis envuelta en el desarrollo de sistemas de información está terminada, habiéndose obtenida los detalles mencionados al comienzo de este trabajo. Una vez realizado la fase de análisis, el enfoque de sistemas puede también ser usado en la etapa inicial del diseño.

En el ejemplo aca mencionada, este trabajo fué hecho elaborando primero un 'diagrama de flujo' de la información total que debía ser incluída en el sistema. La forma de este diagrama es totalmente similar al 'modelo de decisión' antes mencionado (ver diagrama 4), pero incluye detalles mas específicos relativos a las interconexiones entre las distintas decisiones, indicándose la dirección en la cual debe transmitirse la información, desde un 'lugar' hacia otro. Se seleccionaron, entonces, los métodos relevantes que pueden ser empleados para procesar y transmitir información en el contexto del 'diagrama de flujo', en términos de las 'bondades' y 'debilidades' del "Sistema Solucionador de Problemas".

En otras palabras, la forma como se debatió la factibilidad de los métodos manuales o computacionales requeridoas fué en términos de: (i) solucionadores disponibles (ii)'Cultura y Costumbres' de la DOP. (iii) Espectativas de los 'propietarios del problema', respecto al sistema de información y (iv) La disponibilidad de recursos para el diseño del sistema.

Este ejemplo muestra como puede ser usado el enfoque específico de sistemas como vehículo para realizar las primeras cinco etapas en el desarrollo de sistemas de información, como se mencionó al comienzo, así como también, para ejecutar parcialmente la sexta etapa. Sin lugar a dudas, el resto de las tareas dependen del uso de métodos o técnicas manuales o basadas en computadoras más que del enfoque de sistemas.

Basados en la experiencia de los proyectos mencionados aca, así como en algunos otros, la forma de usar un enfoque particular de sistemas en el desarrollo de sistemas de información; puede ser resumido en el diagrama que se muestra en el diagrama 6. Este esquema, el cual fué creado mediante la interpretación de la metodología de los sistemas 'blandos' puede ser considerado como una metodología para el desarrollo de sistemas de información.

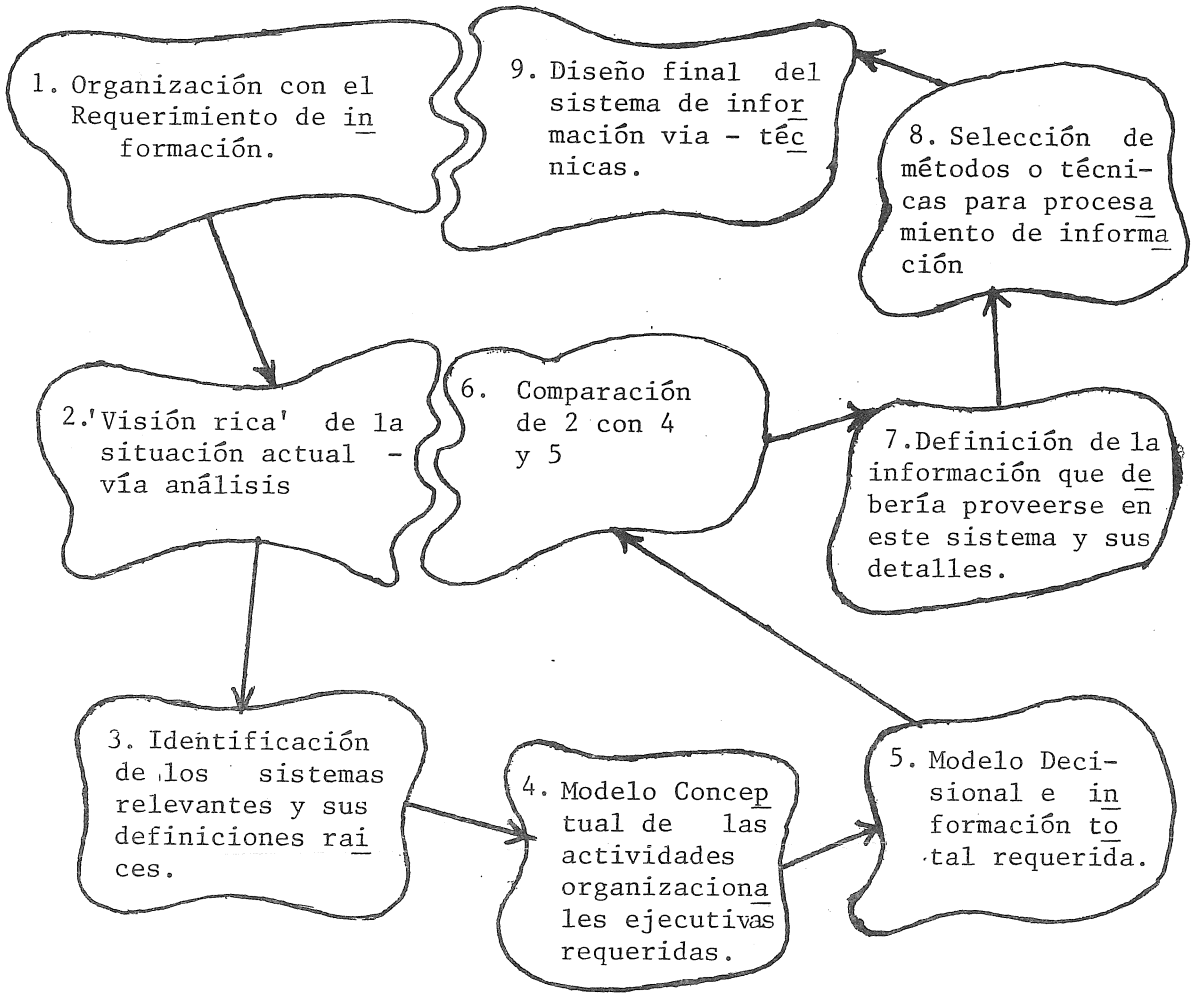


DIAGRAMA 6.

UNA METODOLOGIA PARA DESARROLLAR SISTEMAS DE INFORMACION.

CONCLUSIONES.

El desarrollo de sistemas de información, como una parte de la tarea de resolver un problema, involucra responder a dos retos a saber: 'que proveer' y 'cómo proveerlo'. La efectividad de tales sistemas dependen del arte de superar esos dos retos con una 'orientación hacia el problema'.

Puede concluírse que un enfoque de sistemas como el de la metodología 'blanda' es una herramienta útil para responder al primer reto y crea una base para superar el segundo; de forma tal, que pueda ser manejado mediante las técnicas más apropiadas. Aunque las anteriores conclusiones están basadas en estudios específicos; observando la naturaleza en general de los sistemas de información y los errores comunmente hechos en el desarrollo de los mismos, esta conclusión parece tener validez para el desarrollo de los sistemas de información en general. Por tanto el esquema presentado en el diagrama 6 como metodología para el desarrollo de sistemas de información, tiene una aplicación potencial general.

APENDICE.

Un resumen de la naturaleza básica de cada una de las fases de la metodología de sistemas 'blandos'.

(i) Situación Problemática: Este es el punto inicial que tiene que ser tomado en cuenta con el fin de aplicar la metodología en vez de una actividad dentro de ella. Aquí, una 'proposición' de la situación problemática no estructurada será tomada en cuenta de manera, que pueda usarse más adelante como un vehículo para llevar el análisis.

(ii) Análisis: El objeto de esta fase es comprender lo que realmente existe en la situación problemática dentro de su ambiente y/o en sistemas más amplios - usando la proposición anterior como un vehículo (pero sin suponer cual es el problema).

El análisis necesita ser hecho sin hacer uso de ningún "concepto de sistemas' en el sentido de una visión del mundo ó weltanschuung que puede distorcionar la realidad. La metodología se propone a realizar esta etapa con el uso de 'estructuras' (elementos relativamente estáticos) y 'procesos' (elementos relativamente dinámicos) de la situación problea que identifican el 'clima' (es decir la relación entre estructuras y procesos) de la situación problemática. Al final del análisis, las 'raices' de los problemas reales y su intervención se debaten con el fin de ganar una 'visión rica' de la situación problemática.

(iii) Definición Raiz del Sistema Relevante: Basado en la 'visión rica' ganada en el análisis; los sistemas 'ideales' y factibles a 'ingeniar' son identificados en ésta etapa en su forma condensada y fundamental; los cuales pueden considerarse como 'candidatos' posibles, en el sentido de los sistemas relevantes de la actividad humana a la situación problemática estructuradas.

(iv) Conceptualización: Esto puede considerarse como el proceso de conceptualizar el número mínimo de 'actividades humanas' necesariamente enmarcadas en los sistemas que son identificados como relevantes a la situación problemática y para la cual las definiciones raices han sido producidas. Esto implica identificar y reunir las actividades mínimo necesarias de acuerdo con la sucesión más significativa con el objeto de producir modelos conceptuales relevantes a la situación problema.

(v) Comparación: (entre ii y iv). Una vez que la conceptualización se ha completado, entonces lo que existe en la situación del 'mundo real' a la luz de la 'visión rica' obtenido en el análisis es comparado y/o debatido en términos de las actividades necesarias mínimas del modelo conceptual, con el fin de revelar cambios posibles que pueden 'mejorar' la situación problemática existente. La comparación puede ser altamente específica con el fin de responder un conjunto de preguntas específicas detalladas y depende de la tarea particular del estudio.

(vi) Definiciones y Selecciones de Cambios Posibles. El resultado de la comparación mencionada antes, facilitará el definir un espectro de cambios posibles que puedan ayudar a 'mejorar' la situación problemática existente. Tales cambios posibles pueden ser, estructurales, de procedimientos, de actitu

des o 'ambientales' y cada cambio potencial tiene que estimarse entre aquellos que sean aceptable a los 'actores' que están en la situación problemática haciendo uso de su 'visión' obtenida durante la fase de análisis.

(vii) Diseño e Implementación. Aquí, 'el diseño' no debe parecer como trabajo que implique la construcción de modelo y su simulación y optimización como en los sistemas 'duros'. La actividad 'diseño' no debería ser vista en términos generales como se ha intentado ser específico a una situación particular en un tiempo también particular, involucrando gente e historia particular. La implementación parecería como un 'sistema de actividad humana' de vida limitada en la cual el cuerpo de toma de decisiones sería en un comienzo a que los crean 'herramientas gerenciales' en términos de los cambios seleccionados y posteriormente llegarían a ser gradualmente los 'gerentes' - que harían uso diario de ellos.

BIBLIOGRAFIA.

1. Gunawardena, W., "Systems Engineering in a Developing Country: Teaching and Learning by 'Doing' ", Proceedings of '1980 International Conference on Cybernetics and Society', IEEE, 1980.

2. Checkland, P.B., "Towards a Systems - based Methodology for Real -world Problem Solving", J.O.S.E., 3(2), 1972.

3. Checkland, P.B., "Teaching and Testing Systems Methodology" in Bayraktar, R. et al (Eds), 'Education in Systems Science', Taylor and Francisc, - 1979,

4. Naughton, J.,"Readers' Guide to Checkland Methodology", The Open University, Milton Keynes, U.K., 1978.

5. Checkland, P.B., "A Systems Map of the Universe", J.O.S.E., 2(2), 1971.

6. Checkland, P.B., "The Development of Systems Thinking by Systems Practice a Methodology from a Action - Research Programme", in 'Progress in Cybernetics and Systems Research', Hemisphere Pub. Corporation, 1975.

7. Gunawardena, W., "Clasificaciones de los Sistemas del Universo", IT-04-77, EISULA, Venezuela, 1977.

8. Rivas, M. (Gunawardena W - Profesor Guía) "Un Estudio Sistémico de la Dirección de Obras Públicas de la Gobernación de un Estado Venezolano", Tésis de Grado, ULA, Venezuela, 1979

9. Gunawardena, W., & Checkland, P.B., "A work Book for Systems Studies", University of Lancaster, England, 1979.

10. Smyth, D.S. & Checkland, P.B., "Using a Systems Approach: The Structure of Root Definitions", J.A.S.A., 6, 1976.

11. Gunawardena, W. & Checkland P.B., "Using a Systems Approach: The Structure of Problem Solving Systems", University of Lancaster, 1980.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

ESPECIFICAÇÃO E VERIFICAÇÃO DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS, UMA AVALIAÇÃO DO ESTADO DA ARTE

Ana Regina Cavalcanti da Rocha

Arndt von Staa

Departamento de Informática
Pontificie Universidade Católica do Rio de Janeiro
Rua Marques de Sao Vicente 209
Garea, Rio de Janeiro, Brasil

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo definir forma e conteúdo de especificações de sistemas automatizados. Parte-se de uma sistematização das características que determinam a qualidade de sistemas automatizados, procurando-se estabelecer critérios de criação e verificação de especificações visando o desenvolvimento racional de sistemas de elevada qualidade. Com isto pretende-se conseguir especificações que sejam realmente a base e o ponto de apoio para o desenvolvimento de sistemas automatizados de elevada qualidade, bem como espera-se estabelecer princípios para continuado controle de qualidade.

Qualidade de software é um problema que cada dia adquire maior importância. O custo de produção de software é muito alto e os resultados desta produção nem sempre são os desejados. Projetos se atrasam, estouram orçamentos, não atingindo os objetivos almejados. Surge então o conceito de integridade de sistemas.

Entendemos por sistema íntegro um sistema que faz as coisas certas e as faz quando são necessárias. Integridade de sistemas é um termo bastante amplo e subentende vários outros. Assim sendo, podemos dizer que sistemas íntegros possuem determinadas qualidades. Além disso, é reconhecido também, que o grau de integridade depende da aplicação, devendo

porém, ser determinado antes de partir-se para o desenvolvimento.

Dentre várias classificações destacamos a da "American Federation of Information Processing Societies", definida durante um seminário em 1977 [EDP ANALYZER DEZ 79]. Esta classificação estabelece que um sistema, íntegro deve ser:

- disponível: pronto para servir os usuários quando estes o desejem
- apropriado: produzido de modo que faça as coisas certas
- limitado: possui capacidade operacional e/ou funcional restrita, de forma a fazer apenas o que se espera que faça
- correto: o que faz, faz corretamente
- prognosticável: sempre fazendo as coisas da mesma maneira
- oportuno: faz as coisas no tempo certo, fornecendo resultados quando estes são necessários
- manutenível: não perde a integridade ao serem feitas correções ou ampliações, e,
- auditável: construído de modo que auditores possam continuamente verificar a integridade do sistema

Embora a necessidade de integridade seja um problema genérico para qualquer tipo de sistema, esta necessidade varia conforme o tipo de sistema automatizado. Se considerarmos, por exemplo, um sistema A para controle de tráfego aéreo e um sistema B para processamento comercial, vemos claramente que um erro no sistema A pode ter conseqüências bastante mais desastrosas do que um erro no sistema B. Além disso, para alguns sistemas há interesse em cuidar especialmente certos aspectos de integridade, enquanto para outros sistemas serão outros os aspectos a destacar. Mas qualquer que seja o nível de integridade desejado e os aspectos que se queiram destacar, é fundamental que haja uma atenção especial por parte dos desenvolvedores do sistema já desde do início do desenvolvimento, uma vez que integridade não é um fator gerado expontaneamente, mesmo quando o grupo de desenvolvedores é de alto nível.

Mas se por um lado reconhecemos a necessidade de obtermos níveis apropriados de integridade para cada sistema concreto, por outro lado defrontamo-nos com a dificuldade de produzirmos (ou construirmos) sistemas íntegros. Que fazer, então, para vencer as dificuldades que se apresentam ao desenvolver-se sistemas íntegros?

É fato conhecido que grande parte dos problemas com sistemas estão relacionados a erros, omissões e inadequações na definição dos requisitos e especificações. E o que é mais grave, estes erros muitas vezes tardam demasiado em serem detectados. Isto se torna extremamente sério se observamos que o custo de um erro aumenta de maneira dramática à medida que aumenta a distância no tempo entre a época em que o erro é cometido e a época em que é efetivamente detectado. Como proceder então para detectar erros, omissões e inadequações o mais cedo possível?

2. O QUE SÃO ESPECIFICAÇÕES

Qualquer produto de software tem sua origem a partir de um conceito existente na mente de alguém. Este conceito geralmente pode ser realizado por um conjunto muito grande de programas alternativos de implementação. No entanto apenas algumas destas alternativas têm interesse prático. Esta situação é mostrada na figura 1. Neste caso o conceito é estabelecido informalmente e qualquer que seja a técnica utilizada para verificar a correção do programa, o resultado da aplicação da técnica também só poderá ser estabelecido em termos informais.

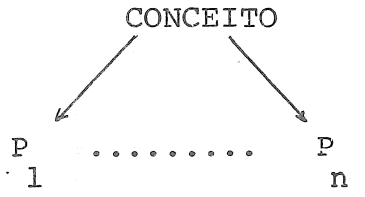


fig 1 - Um conceito e todos os programas que o implementam corretamente

Para atuar de maneira mais formal, deve-se interpor entre o conceito e os programas uma especificação. A especificação descreve o conceito de uma maneira formal e a correção do programa é mostrada provando-se ser ele equivalente à especificação. Neste caso as especificações também podem ser satisfeitas por uma classe de programas (figura 2) [LISKOV 77]. Também o conceito poderá ser realizado por diversas especificações alternativas.

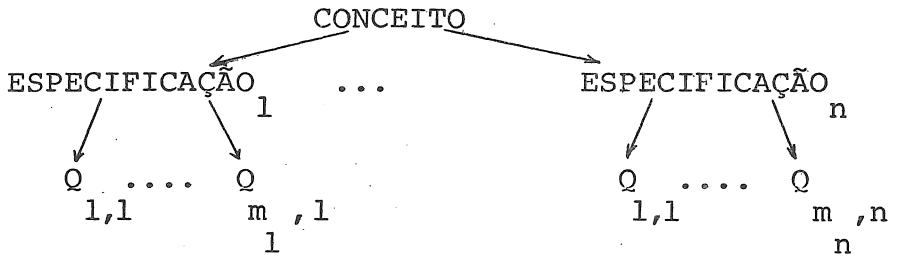


fig. 2 - Um conceito, suas possíveis especificações formais e todos os programas que podem ser provados equivalentes a estas especificações

Assim sendo uma especificação descreve o que faz a execução do programa ou do sistema, sem porém fixar como o faz. Pode ser vista também, como um contrato entre o desenvolvedor do produto de software e seu usuário [DIJSKTRA 77].

Outros autores vêem especificações como modelos. Consideram que ao escrever especificações estamos tentando transmitir a outros modelos de nossas imagens mentais. Modelos podem ser definidos da seguinte maneira: M é um modelo de um assunto A com um conjunto de questões Q, se M pode ser usado para responder questões em A com tolerância T. Para que se possam escrever especificações razoáveis são necessários vários e diferentes modelos. Estes modelos terão diferentes conjuntos de questões, pontos de vista e objetivos [HENINGER 79].

Resta o problema de verificar qual das especificações alternativas melhor resolve o problema em questão. Voltou-se então à origem, uma vez que, dada a definição informal do problema, a verificação da especificação também será informal. Podemos, porém atacar o problema de outra forma, definindo os requisitos e as restrições a serem atendidos pelo sistema e verificar as especificações com relação a estes requisitos e restrições. Não teremos uma solução formalmente verificável, porém teremos soluções cujos desvios do ideal serão ao menos toleráveis.

Através da confrontação de diversos modelos poderemos verificar o grau de confiabilidade destas restrições com relação aos problemas reais a serem resolvidos.

3. CONTEÚDO DAS ESPECIFICAÇÕES

Especificações surjem em duas modalidades:

a. especificação de definição (especificação de requisitos e funcional) onde é definido o problema

b. especificações de projeto (especificação lógica e física) onde são especificados a forma de resolver o problema e os componentes do sistema "solução"

Uma especificação de definição deve fornecer ao usuário todas as informações que ele necessita e nenhuma informação a mais. Assim sendo, a especificação de definição de um sistema deve consistir numa descrição do sistema proposto em termos dos problemas a serem resolvidos, indicando quais as funções pretendidas para o sistema, bem como as regras e restrições que deverão governar seu comportamento. Estas especificações também impõem restrições econômicas e de desempenho. Especificações de definição são então descrições do sistema de software orientadas para o problema.

Especificações de projeto descrevem o sistema em termos da solução proposta. Já não é uma descrição orientada para o problema e sim uma descrição orientada para a implementação [RIDDLE 78].

Uma especificação deve determinar:

(1) os requisitos de resultado, isto é, o que o produto deve fazer. Para isto deve responder às seguintes perguntas:
- faz o que eu quero que faça?
- o faz sempre?
- está disponível sempre que necessito?

(2) os requisitos de desempenho, isto é, uma definição dos padrões de qualidade e limitações da solução. Para isto deve responder às seguintes perguntas:
- executa de forma eficiente?
- utiliza recursos de forma eficiente?
- produz resultados em tempo hábil?

(3) os requisitos de utilizabilidade, isto é, as interfaces com o ambiente em particular com os usuários, operadores etc. Para isto deve responder às seguintes perguntas:
- sei operar?
- sei interpretar os resultados?
- sei alimentar o sistema com dados?
- sou capaz de corrigir erros?
- é protegido /seguro?

(4) os requisitos de mensurabilidade, fornecem elementos para a contínua avaliação. Para isto deve responder às seguintes perguntas:
- sou capaz de medir?
- sou capaz de auditar?

- sou capaz de testar?
- sou capaz de detectar a ocorrência de erros ou inadequações?

(5) os requisitos de evolução, fornecem elementos indicativos com relação à manutenção e à durabilidade do sistema. Para isto deve responder às seguintes perguntas:

- posso utilizá-lo em outro ambiente?
- posso interligar com outro sistema?
- posso expandir as funções?
- posso alterá-lo, adaptá-lo?

Especificações são produzidas ao longo do ciclo de vida do sistema automatizado. O processo utilizado é o de refinamentos sucessivos, partindo da visão mais abrangente (especificação de requisitos) para a mais detalhada (especificação física). De uma forma geral temos:

a- especificação de requisitos: - define a interface do sistema com o ambiente - resultados requeridos, quais são os usuários, restrições de solução

b - especificação funcional: - define os componentes funcionais e as interfaces entre eles, além de refinar e rever a definição da interface com o ambiente. Não existe preocupação alguma com possíveis modos de resolver o problema

c - especificação lógica: - é produzida uma especificaçao dos componentes e de suas interfaces, onde estes componentes dão uma solução técnicamente viável ao funcionalmente especificado, atendendo aos requisitos e às restrições

d - especificação física: - em que cada componente é especificado ("design") de forma a satisfazer à especificação lógica

4. COMO PRODUZIR ESPECIFICAÇÕES

4.1. Qualidades que deve ter uma especificação

Embora seja reconhecida a importância das especificações para que o sistema a ser desenvolvido venha a ser íntegro, o simples fato de que existam especificações não é suficiente para que sejam realmente úteis. Que qualidades deve então ter uma especificação para que seja realmente uma base útil e segura para a construção do sistema?

Diferentes autores fazem referência a diferentes

atributos. Baseados em Alford [ALFORD 76] fazemos aqui uma união dos atributos mais comumente referenciados:

- Comunicabilidade: é a habilidade de uma especificação comunicar requisitos e restrições de uma maneira explícita, inteligível e não ambígua às diversas classes de pessoas que as utilizarão, requerendo destas pouco esforço na interpretação dos documentos apresentados.

- modularidade- a possibilidade de poder-se alterar parte da especificação sem com isto afetar a validade e consistência do restante.

- estrutura - a possibilidade de poder-se determinar completa e claramente as porções antecedentes e consequentes de determinados itens chave em qualquer nível de detalhe da especificação.

- Capacidade de "trace", a possibilidade de localizar todas as referências a determinado assunto ou item chave , nos diversos níveis de especificação

- Consistência, a propriedade de não conter contradições entre quaisquer itens especificados.

- Completeza, a propriedade de definir tudo o que seja relevante no nível de detalhe correspondente à fase atual de elaboração da especifição

- Não condicionante, a propriedade de não antecipar se impondo condições cujo tratamento seria posterior ao nível de detalhe atual na elaboração da especificação

- Verificabilidade- a propriedade de poder-se determinar para cada item chave , requisito e/ou restrição, em qualquer nível de detalhe da especificação, ter o produto final satisfeito o especificado. A verificação poderá ser conduzida por testes e/ou provas formais.

- Correção, a propriedade do produto satisafazer a intenção de seus projetistas, caso satisfaça todos os itens chave, requisitos e/ou restrições especificadas

- Necessidade , a propriedade de cada requisito especificado contribuir para que o requisito originário seja atingido. Ou seja, se qualquer parágrafo de especificação subsequente for eliminado ou não for atingido pelo produto, a especificação originária ou a intenção dos projetistas também não será satisfeita.

- Viabilidade, a propriedade de que exista pelo menos um "design" para o produto que satisfaça as especificações. Esta existência porém não implica em que saiba determiná-lo.

4.2. Métodos de Especificação

Na seção anterior examinamos as propriedades que especificações devem possuir. É mister agora descrever como fazê-lo.

Os problemas encontrados na produção de especificações deram lugar nos últimos anos à realização de um número razoável de pesquisas nesta área. A maior parte delas tem sido no campo de linguagem de especificação [BALZER 78], [AMBLER 77], [BELL 76], [BELL 77], [ROSS 77], [EDP ANALYZER DEZ 79], [TEICHROEW 77], [DAVIS 77], [HENINGER 80], [IRVINE 77].

Especificações apresentam-se sob a forma de textos, diagramas, desenhos etc. São portanto redigidas em alguma linguagem ou conjunto de linguagens. Segundo Liskov e Zilles [LISKOV 77] tais linguagens de especificação, além de permitirem a produção de boas especificações (seção 4.1.), devem safistazer pelo menos aos seguintes requisitos:

- Formalidade - Uma linguagem de especificação deve ser formal, escrita numa notação que permita a verificação formal da especificação antes e após o desenvolvimento do produto.

- Constructibilidade - Deve ser possível construir especificações sem demasiada dificuldade desde que o especificador conheça a linguagem e entenda o conceito a ser especificado.

- Compreensividade - Uma pessoa treinada na notação usada deve ser capaz de ler a especificação e em seguida com um mínimo de dificuldade reconstruir (abstrair) o conceito que a especificação pretende descrever.

- Minimalidade - Deve ser possível, usando a linguagem de especificação, construir especificações que descrevam as propriedades do conceito que interessam e nada mais.

- Amplo campo de aplicabilidade - Quanto maior seja a classe de conceitos que possam ser facilmente descritos pela linguagem, maior sua utilidade.

- Extensibilidade - É desejável que uma pequena alteração em um conceito resulte em uma alteração similarmente pequena nas especificações.

- Detalhabilidade - É desejável que a família de linguagens de especificação possua membros adequados a cada nível de detalhe e que a evolução de um nível de detalhe para outro se dê de forma harmônica.

- Automatizabilidade - É a propriedade do processo de especificar/desenvolver poder receber auxílio automatizado para a sua execução. Um certo grau de automatismo é necessário para que se possa eliminar classes de erros atribuídos a falhas

humanas e/ou para poder verificar de modo mais formal o acerto das especificações e/ou terem estas sido satisfeitas pelo produto.

5. VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES

Embora correção não seja a única qualidade desejável para um produto de software, ela é sem dúvida a mais fundamental. Se não existe correção todas as outras qualidades carecem totalmente de sentido. Além disso, já mencionamos que os custos de correção de um erro aumentam de maneir drástica à medida que aumenta o intervalo de tempo entre a época em que efetivamente foi cometido e a época em que foi detectado. Que fazer, então, para "garantir" a correção desde o início do projeto?

Verificação e validação são processos cujos objetivo é determinar e aumentar a integridade de produtos de software. Podemos definir verificação e validação como o processo sistemático de analisar, avaliar e testar o sistema, a documentação e o código com o objetivo de assegurar o máximo possível de integridade e satisfação das necessidades e objetivos do sistema.

Verificação é o processo cujo objetivo é determinar, a cada passo, se o produto obtido (especificação, programa) satisfaz os requisitos determinados no passo anterior. Deste modo cada passo no desenvolvimento fornece a base definitiva e verificada para a execução do passo seguinte.

Validação é o processo de executar e avaliar o software (sistemas, programas, módulos) após construido, comparandos resultados das medições (teste, provas formais, avaliações) com os requisitos e restrições requeridos [LEWIS 79].

Na figura mostramos de forma gráfica como interagem no tempo as atividades de especificar, implementar, verificar e validar (fig. 3)

CEDINFOR

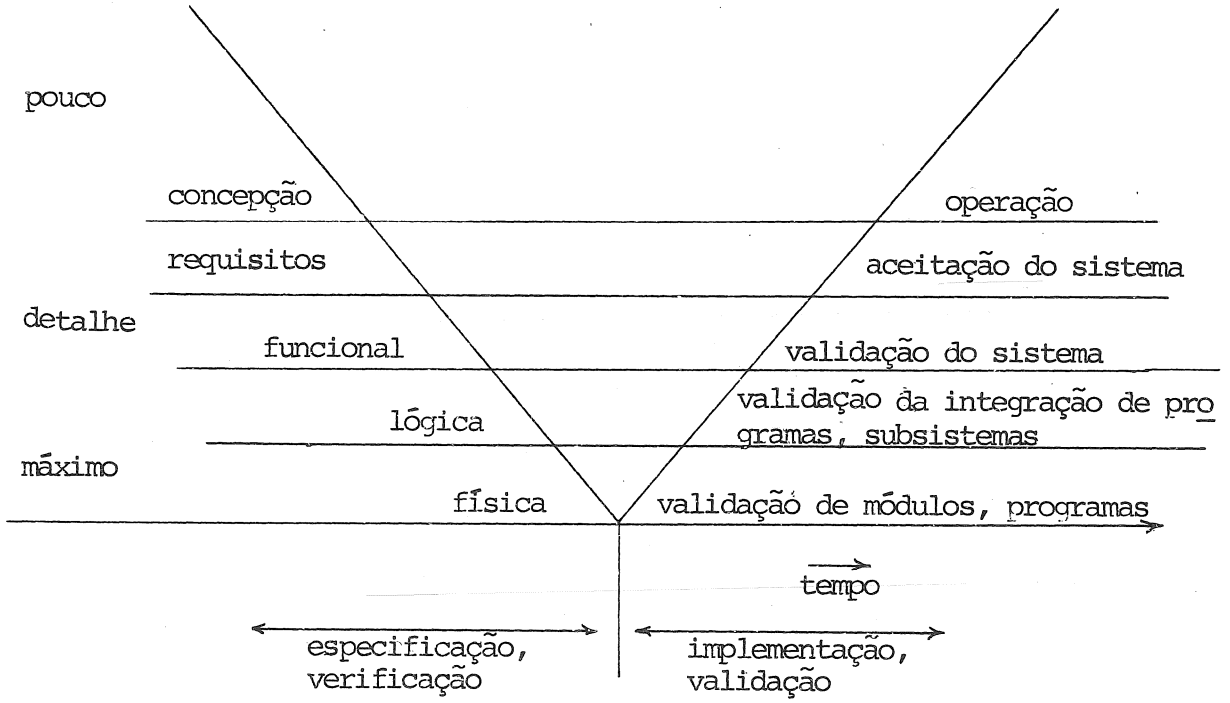


fig.3 - Visão pictórica das interações entre especificação, implementação, verificação e validação.

Mas onde está o problema ao se tentar validar um produto de software? Em primeiro lugar podem ocorrer falhas na própria especificação. As especificações podem ter sido mal estabelecidas e ninguém consegue construir o produto a partir delas (falha da verificação). Pode também acontecer que embora as especificações sejam claras e não ambiguas, descrevem um produto não apropriado para o que se pretende (falha de verificação). Neste caso houve falha ao se estabelecerem as especificações. Mas as especificações podem estar perfeitas e haver falha na implementação. Neste caso, mesmo execuções corretas do programa não são capazes de atingir as especificações [DISJKSTRA 77].

A base para a construção de um software confiável está na produção de especificações confiáveis. Nenhuma metodologia ou técnica de programação poderá aumentar a confiabilidade de um produto de software se as especificações estiverem incorretas ou forem traduzidas de modo incorreto [BELFORD 76].

Se consideramos que as especificações são a única interface real entre o usuário e o desenvolvedor, a verificação das especificações adquire ainda maior importância. Pois,

sem uma base verificada sobre a qual trabalhar, pouco pode-se fazer para assegurar um entendimento comum entre os que vão usar e os que vão desenvolver o sistema. Além disso, especificações incorretas (ou inexistentes) levam a uma considerável perda em termos de homem-horas, devida ao tempo gasto no desenvolvimento de produtos de software que serão descartados depois de prontos devido à inerente inadequação ou mesmo inutilidade destes produtos.

Torna-se então evidente o caráter essencial da existência e verificação das especificações.

Em que consiste está verificação? Seu objetivo é assegurar que todos os requisitos e restrições documentados na especificação satisfazem aos requisitos determinados na seção 4.1 (claros, completos, corretos, possíveis de serem testados, etc.). É necessário, portanto, iniciar o projeto com requisitos verificados e testáveis, especificando critérios quantitativos que possam ser medidos para determinar se foram alcançados. Requisitos "testáveis" são requisitos específicos, não ambíguos e com um resultado claramente identificável quando atingido.

6. CONCLUSÃO

O problema formalidadeXinformalidade em especificações é um problema ainda sem resposta. Por um lado há os que insistem que a formalidade é um ingrediente necessário quando se fala em especificações. Estes autores valorizam o rigor e a possibilidade de verificação e validação automática. Por outro lado os defensores da informalidade alegam dificuldades na utilização de métodos formais enfatizando a imaturidade do estado da arte neste campo.

Outros decidem-se por um meio termo, utilizando o formalismo quando este for apropriado, e métodos informais quando da inexistência ou inadequação pragmática dos métodos formais.

Esta, portanto, é uma questão ainda em fase de pesquisa. Num artigo publicado na revista Datamation em janeiro de 1979 [LEHMAN 79] são relatados os resultados de uma pesquisa sobre gerência de projetos feita entre firmas da indústria aeroespacial. Entre os 57 projetos de software sobre os quais se obteve informação, nenhum tinha tido sua especificação de definição (requisitos e funcional) escrita numa linguagem de especificação. Isto mostra como a linguagem natural ainda é a linguagem de especificação mais comumente aceita pela indústria.

Por outro lado, já existem resultados experimentais animadores decorrentes do emprego de métodos mais formais,

tais como: HDM , SREM , SADT e CADSAT (PSL/PSA) [BAIL 79]. Mas qual destas técnicas será a melhor? Todas elas são potencialmente aplicáveis e todas possuem inadequações.

Se voltarmos aos critérios de avaliação de métodos de especificação propostos por Liskov e Zilles [LISKOV 77] podemos observar:

1. Os métodos propostos na literatura tendem a ser bastante formais.
2. Os objetivos de detalhabilidade constructibilidade e compreensividade nem sempre tem sido atingidos pelas metodologias propostas. Uma série de dificuldades são apontadadas pelos usuários destas metodologias [BAIL 79].
3. Minimalidade é um objetivo presente em todas as metodologias.
4. Os objetivos de extensibilidade e amplo campo de aplicabilidade são ainda difíceis de serem avaliados dado que as metodologias ainda foram pouco utilizadas. Como objetivo estão presentes em todas as metodologias propostas.

No que se refere a verificação de especificações podemos concluir que esta é uma área de pesquisa cujos resultados são ainda mais incipientes. O desenvolvimento de metodologias e ferramentas para construção e verificação de especificações apresenta-se assim, como um campo aberto para pesquisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[ALFORD 76] - Alford, M.W.; Burns, I.F." R-Nets : a graph model for real-time software requirements", Proceedings of the Symposium on Computer Software Engineering, New York 1976

[AMBLER 77] - Ambler, Allen L.; Good, Donald I.; Browne, James C.; Burger, Wilhelm F.; Cohen, Richard M.; Hoch, Charles G.; Wells, Robert E. "GYPSY: A language for Specification and Implementation of verifiable programs", Proceedings of an ACM Conference on Language Design for Reliable Software, março 1977, editado por David B. Wortman

[BAIL 79] - Bail, William G. "User experience with specifications tools", Panel from Specifications of Reliable Software

Conference, ADM SIGSOFT, Software Engineering Notes, vol 4. nº3, julho 1979

[BALZER 78] Balzer, Robert: Goldman, Neil; Wile, David "Informality in Program Specifications" , IEEE Transactions on Software Engineering,vol SE-4, nº 2 março 1978

[BELFORD 76] Belford, P.C.;Taylor D.S. "Specification Verification, a Key to improving software realiability", Proceedings of the Symposium on Computer Software Engineering, New York 1976

[BELL 76] Bell,T.E.; Bixler D.C."A flow - oriented requirements Statemente Language" Proceedings of the Symposium on Computer Software Engineering, New York 1976

[BELL 77] Bell, T.E.;Bixler, D.;Dyer,M."An extendable approach to Computer-Aided Software Requirements Engineering", IEEE Transactions on Software Engineering,vol SE- 3 , nº 1, janeiro 1977

[DAVIS 77] Davis, G.;Vick, Charles R."The Software Development System", IEEE Transactions on Software Engineering,vol SE-3, nº 1, janeiro 1977

[DIJKSTRA 77] Dijkstra,E.J. "A position paper on software reliability",ACM SIGSOFT, Software Engineering Notes, vol 2, nº 5 , outubro 1977

[EDP ANALYZER 79] "Progress Toward System Integrity" , EDP ANALYZER vol 17, nº12, dezembro 1979

[HENINGER 79] Heninger,K."Limits to Specifications why not more progress?" Panel at IEEF Conference on Specifications for Reliable Software, ACM SIGSOFT,Software Engineering Notes, vol 4,nº 3, julho 1979

[HENINGER 80] Heninger,K."Specifying Software Requirements for Complex Systems: New Techniques and their aplications", IEEE Transactions on Software Engineering, Vol SE-6 nº 1, janeiro 1980

[IRVINE 77] Irvine,C.A.;Brackett,J.N."Automated

Software Engineering through structured data Management", IEEE Transactions on Software Engineering,vol SE-3, nº 1 , janeiro 1977

[LEWIS 79] Lewis,Robert D."Software Verification and Validation" in Software Quality Management, ed Cooper, John D. e Fisher, Matthew J.; Petrocelli Books Inc 1979

[LISKOV 77] Liskov, Barbara;Zilles, Stephen "An introduction to formal Specifications of data anstractions", in Current trends in Programming Methodology, vol I, ed Yeh, Raymond T., Prentice-Hall Inc, New Jersey 1977

[RIDDLE 78] Riddle, W.E.; Wileden, J.C."Languages for representing software specifications and designs" ACM SIGSOFT, Software Engineering Notes, vol,nº 4 outubro 1978

[ROSS 77] Ross,D.T. "Structured Analysis (SA): A language for Communicating Ideas" IEEE Transactions on Software Engineering , vol SE- 3, nº 1, janeiro 1977

[TEICHROEW 77] Teichroew,D.;Hersley,E.A.III" PSL/PSA: A Computer Aided Technique for Structured Dcoumentation and Analysis of Information Processing Systems", IEEE Transactions on Software Engineering, vol SE-3 nº 1 , janeiro 1977

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

SISTEMAS DE INFORMACION GERENCIAL: LINEAMIENTOS PARA SU DESARROLLO Y TECNOLOGIA REQUERIDA - UN CASO REAL.

Ricardo Rodríguez Ulloa
César Vásquez-Mejía Verástegui

Perú

R E S U M E N
****

El presente es un extracto de un trabajo que tuvo por objetivo realizar un estudio técnico-económica que permita analizar la alternativa más - conveniente por adoptarse en la Empresa Pública de Servicios Pesqueros (EPSEP), para el procesamiento de información en sus diferentes Siste - mas/Sub-sistemas y/o Aplicaciones mecanizadas al presente, así como - las desarrollar a corto-mediano plazo y a largo plazo.

En este sentido, este estudio estuvo orientado a proporcionar las pau tas metodologicas a seguir para analizar las diferentes alternativas- considerando para ello factores de tipo técnico (Hardware -Software)de la configuración requerida, así como las implicancias de orden adminis- trativo y de costos que representarían cada una de ellas.

De otro lado, dado que la decisión más conveniente ha de depender de la problemática que atraviesa cada Empresa, existió en consecuen - cia ,la necesidad de conocer la EPSEP, su ámbito y dimensión;obser vando todo ello desde un punto de vista panorámico y con este crite- rio, fijar el rol de la informática en su gestión empresarial.

El trabajo que se expone en las páginas siguientes ;muestra primera - mente una reseña histórica de la EPSEP, el sector económico y marco - legal que se desenvuelve, así como sus actividades y fines.

Posteriormente detalla la política seguida en lo referente al Area de - Informática, describiendo lo que es el Sistema de Información Gerencial de la EPSEP(SIG EPSEP) y la forma como se le ha conceptualizado).

El Sistema de información Gerencial (SIG EPSEP) es el que define, en última instancia, el rumbo por seguir en el futuro, delineando consecuentemente ,una gama de requerimientos de información a conseguir tanto a corto-mediano plazo como a largo plazo, teniendo en consideración una velocidad de respuestas permisible en la obtención de los resultados para la adecuada toma de decisiones.

El SIG-EPSEP como se le concibe, permitirá pues, que la EPSEP cuente con la infraestructura de información adecuada y pertinente que conlleve; en primera instancia, a un óptimo control de sus actividades presentes; y en segunda instancia , a proyectarse y anticiparse a la realidad, planificando sus actividades con mayores elementos de juicio.

De lo manifestado, se puede concluir que el SIG-EPSEP enmarca una configuración tecnológica mínima necesaria; referenciada en este trabajo, fundamentalmente, a un horizonte en planeamiento a corto-mediano plazo (5 años), si se tiene en consideración que una proyección a mayor plazo caería en el riesgo de quedar obsoleta, en virtud de los cambios radicales en la filosofía del desarrollo de sistemas y equipos computacionales generados, primariamente por el avance tecnológico.

Cabe recalcar que éllo no implica que no se tome en cuenta al considerar el perfil y diseño de la configuración tecnológica necesaria ,los sistemas conformantes del SIG-EPSEP a desarrollar a largo plazo; todo lo contrario, se analiza las bondades requeridas del Hardware y Software de modo tal que se cuente con la flexibilidad adecuada para poder involucrar las distintas aplicaciones a desarrollar a largo plazo, y así alcanzar el desarrollo integral del SIG-EPSEP.

Definido y diseñado el perfil de configuración requerida, el estudio analiza diferentes alternativas como el alquiler de servicios de computación en forma parcial y total y/o la instalación de un centro de Cómputo, en la EPSEP versus el procedimiento manual; todo éllo girando sobre consideraciones técnico administrativas y económicas, para arribar a la decision más conveniente, que en resumen se centra en una evaluación económica y dentro de ésa, considerando los conceptos del Costo Actual Neto y el Análisis de Sensibilidad para cada alternativa.

Finalmente se exponen las conclusiones del caso ,las cuales están en función de la experiencia vivida en la elaboración de dicho trabajo y fundamentalmente, en el afán de contribuir con este aporte y en la medida posible , en el mejoramiento expeditivo de la gestión empresarial en instituciones representativas de nuestro País, como es el caso de la Empresa Pública de Servicios Pesqueros (EPSEP).

I. VISION GENERAL DE LA EMPRESA-CASO: EMPRESA PUBLICA DE SERVICIOS - PESQUEROS : (EPSEP)

La Empresa Pública de Servicios Pesqueros (EPSEP

A continuación se detalla ,de manera muy sucinta lo que es la Empresa de Servicios Pesqueros (EPSEP), su evolución desde la fecha en que fue creada ,los objetivos y fines a que ha estado supeditada , etc. con la finalidad de mostrar el ámbito en el que se ha venido desenvolviendo en el recorrer del tiempo.

I.1 Reseña Histórica

La empresa Pública de Servicios Pesqueros ,EPSEP, es un organismo Público Descentralizada del Sector Pesquero. EPSEP fue - creada por el Decreto Ley N°18121, del 27 de Enero de 1970, con - la finalidad de desarrollar actividades dentro del campo de la Pesquería para cónsumo humano directo, en armonía con la p olítica de conservación de nuestros recursoss hidrobiológicos, definiendo sus actividades básicamente , en el área de prestación de servicios,y en las actividades de extracción, producción y comercialización.

EPSEP, empieza a desenvolverse como organismo operativo, a partir - del 28 de Abril de 1970, con la dación de su Ley Orgánica (Decreto Ley N°18252), actualmente derogada por el Decreto Ley N°22389 en virtud del cual se determina su nueva estructura,esquema organiza - cional y funciones, desligando a la EPSEP de la infraestructura de extracción y/o transformación. Al respecto, y habiéndose solicitado la reconsideración de este punto, el 04 de Julio de 1979, se aprobó el Estatuto de esta Empresa Pública, mediante Decreto Supremo N° 34-79- PE, el mismo que nuevamente faculta a la EP - SEP la realización de actividades extractivas y de transformación de productos hidrobiológicos para consumo humano directo.

- Mercado Interno

Internamente la EPSEP realiza su gestión empresarial subsidiando , en la mayoría de los casos la venta de productos hidrobiológicos , realizando esta labor especialmente en provincias a través del abastecimiento de productos hidrobiológicos a bajo precio. Este objetivo se logra debido a las actividades extractivas que llevaba a cabo con Empresas Extranjeras, baja la modalidad de Convenios de Operación Conjunta de Pesca, así como también en el rubro trans - formación, para complementar sus actividades de comercialización.

Los servicios proporcionados por la EPSEP, los hace mediante instalaciones ubicadas a lo largo del litoral, denominados Terminales Pesqueros Zonales (TPZ).

Cabe indicar que estos servicios ,antes de la creación de la EPSEP, no se prestaban en el País,habiénd ose desplegado,hablando a ni

vel Sector Pesquero, grandes esfuerzos para la instalación de la infraestructura pertinente.

Dentro de las actividades de comercialización para el abastecimiento del Mercado Interno, la EPSEP administra Frigoríficos Pesqueros Zonales (FPZ), los cuales se encuentran diseminados en diversas ciudades del territorio nacional, donde en muchos casos, el consumo de productos pequeros, prácticamente era limitado, y en algunos casos nulo. Igualmente, para las actividades de comercialización, la EPSEP también realiza la administración de Mercados Mayoristas Pesqueros (MMP) a través de los cuales se realiza la comercialización de productos hidrobiológicos a nivel minorista.

- Mercado Externo

A nivel de Mercado externo, la EPSEP interviene exportando productos hidrobiológicos, teniendo como líneas principales el Pescado Congelado, las Conservas, Seco Salado, Algas, Truchas congeladas y otras especies de gran demanda a nivel internacional.

- Creación de Empresas

En representación del Estado, EPSEP ha participado en la creación de Empresas Pesqueras, participando accionariamente en el Capital Social de las Empresas formadas. En este sentido ha generado la contitución de compañías pesqueras, ubicadas dentro del Sector Empresarial Privado, como Empresas Mixtas o como Empresas Estatales Asociadas, las cuales son regidas por la Ley de Sociedade Mercantiles.

- Convenios de Operación Conjunta de Pesca

EPSEP, igualmente, ha contribuído a la creación de unidades económicas temporales sobre la base de la suscripción de Convenios de Operación Conjunta de Pesca. Tal es el caso de los Contratos Suscritos entre EPSEP y la Empresa Polaca RYBEX, así como EPSEP y la flota Cubana de Pesca (FLOCUBA), Empresa con las que EPSEP ha finiquitado sus servicios en Marzo-80 y Diciembre 78 respectivamente.

Los convenios de Operación Conjunta de pesca empleaban barcos-factoría, a bordo de los cuales se elaboraban productos congelados sobre la base, principalmente de las especies merluza, destinada al abastecimiento del mercado interno y a su exportación a mercados internacionales, generándose de esta manera, el ingreso de divisas para el País.

La EPSEP, inicialmente realizó sus operaciones en actividades relacionadas a la prestación de servicios, haciendo uso de Terminales Pequeros Zonales (TPZ) y Mercados Mayoristas Pesqueros (MMP), así como también la venta de productos hidrobiológicos a través de los Frigoríficos Pesqueros Zonales.

La infraestructura fue construida por el Ministerio de Pesquería y asignada a la EPSEP para su administración, ubicándose toda esta infraestructura en diferentes puntos del territorio nacional.

En 1974, a consecuencia de la estatización de la actividad de la harina de pescado, EPSEP recibió de PESCA PERU, ya sea en propiedad o en uso y explotación, infraestructura pesquera de consumo humano-directo, consistente en una flota compuesta por 32 embarcaciones, con base de operaciones en los puertos de Caleta Cruz, Paita, Salaverry-e Ilo.

La mayor parte de estas embarcaciones han sido transferidas a terceros, debido a que constituía material obsoleto, que irrogaba fuertes egresos de mantenimiento. Igualmente EPSEP recibió de PESCA-PERU , plantas de transformación, dedicadas a la fabricación de conservas congelado, seco salado, etc. ubicadas en Pisco e Ilo, completando esta infraestructura con plantas localizadas en Máncora y Talara. Cabe mencionar también, el Proyecto REORPE, localizado en Iquitos, para el aprovechamiento del paiche y el proyecto Quichuay localizado en Huancayo ,destinado a crianza de truchas.

Debido al periodo de racionalización de actividades operativas, toda esta infraestructura se ha cerrado y esta en proceso de transferencia a terceros ,con la excepción de la planta de Ilo, la cual está siendo reactivada para constituir una Empresa con la participación de accionistas privados ,nacionales y foráneos.

La labor que realiza la EPSEP ha permitido que muchas áreas geográficas del Perú, en las que el consumo de productos pesqueros prácticamente era limitado y en algunos casos nulo ,se beneficien con la introducción de las especies extraídas. Cabe destacar en este sentido la progresiva labor de introducción de productos pesqueros al consumo humano en diferentes poblaciones de la sierra, región en la que los índices de consumo de productos pesqueros va en aumento año a año.

1.2 Actividades y Fines: Situación Presente y Futura

Marco Referencial en que se desenvuelve la EPSEP.-

La EPSEP, Empresa del Estado: tal como se indica en pági - nas anteriores, se encuentra ubicada en el ámbito del Sector Pes - quero.

En tal sentido,es parte conformante de diferentes entidades estata - les (IMARPE, CERPER, PESCA PERU), las cuales, en conjunción con las Empresas Privadas en este Sector, deben de responder a una determi nada estrategia a nivel Sector Pesquero, en aspectos políticos, eco- nómicos y sociales, la que a su vez e integrada con las estrate - gias de otros sectores productivos han de definir la política inte gral de desarrollo del país.

La Fig. I-2, ilustra este marco referencial, desde un punto de vis ta sistemático.

Circunscribiendo el análisis a la problemática de la EPSEP, se puede decir, aplicando el criterio de sistemas, que su desenvolvimiento es tá afectado a dos (2) tipos de variables: Variables exógenas y Va riables Endógenas y que la interacción de estas variables definen su dinámica empresarial.

Con esta perspectiva ,se considera que cuanto mayor sea la canti - dad de variables endógenas, respecto a las variables exógenas,tan- to mejor será la posibilidad de poder controlar a la Empresa, en función de que las variables endógenas son las generadas por la - misma gestión de la Empresa.

Como variables exógenas se pueden considerar, la política de desa - rrollo establecido por el Gobierno, la cual condiciona lineamientos a seguir a nivel de diferentes sectores y propiamente del Sector - Pesquero, el cual interactúa con los demás sectores.

La estrategia establecida a nivel Sector Pesquero es transmitida a di ferentes empresas Estatales y Privadas de este sector, las que a su vez, interactúan, definiendo un ambiente de desenvolvimiento dinámi co en este sector.

Bajo este criterio es que la EPSEP desarrolla sus actividades,exis tiendo en este sentido, diferentes variables de índole endógeno, que hacen que su desenvolvimento tenga un rumbo determinado. Como varia bles endógenas principales, podemos acotar a los diferentes Decreto - Leyes que han definido los fines y actividades de esta Empresa a lo largo de su vida institucional (1970-1980), la estructura orgá- nica y el personal abocado a obtener y cumplir estos fines y activi dades, etc.

Para mejor ilustración ,la Fig. I-3 plasma esta perspectiva.

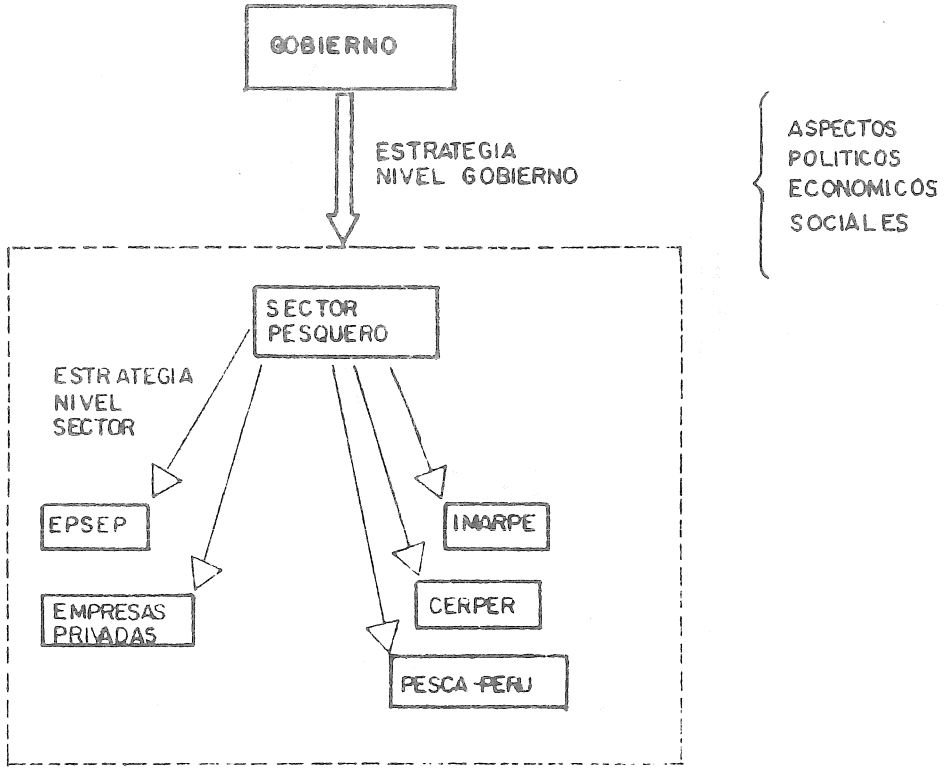

GOBIERNO
ESTRATEGIA
NIVEL GOBIERNO
ASPECTOS
POLITICOS
ECONOMICOS
SOCIALES
SECTOR
PESQUERO
ESTRATEGIA
NIVEL
SECTOR
EPSEP
EMPRESAS
PRIVADAS
INMARPE
CERPER
PESCA-PERU

FIG. I - 2

MARCO REFERENCIAL EN QUE SE DESENVUELVE LA EPSEP

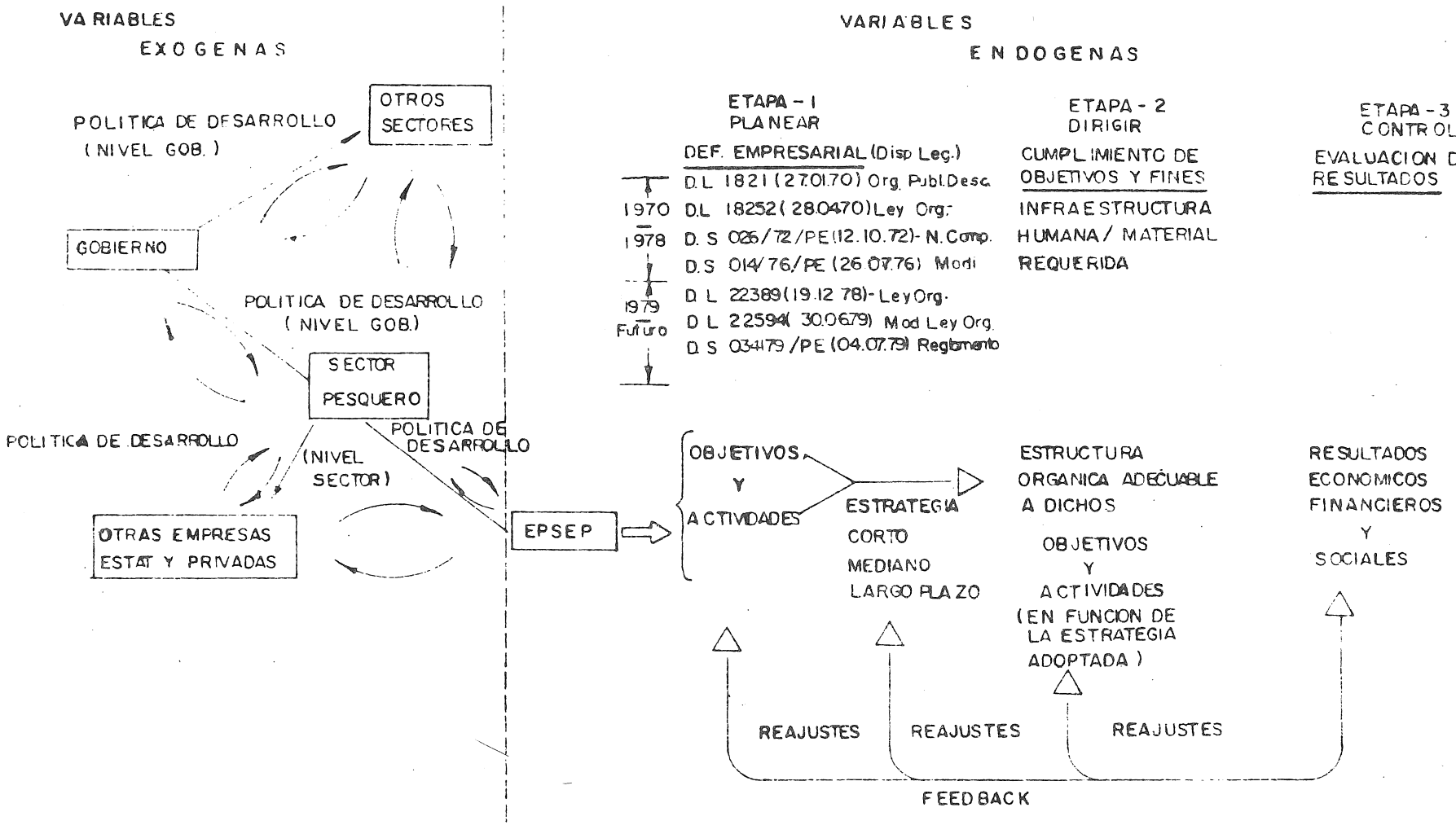


FIG I - 3

Situación Presente y Futura

Actividades :

Bajo este ámbito la EPSEP realiza, al presente diferentes- actividades ,siendo las principales las siguientes:

- Extraer y transformar productos hidrobiológicos para consu mo humano directo.

- Comercializar a nivel mayorista y minorista productos hi- drobiológicos de consumo humano directo, para el adecuado abastecimiento del mercado interno.

- Prestar servicios de desembarque, manipulación,conservación, y otros, relacionados con la actividad pesquera de consumo humano directo.

- Participación en el accionariado de Empresas Pesqueras, - convenios de Operación Conjunta de Pesca, que permitan com - pensar el costo operativo de los servicios para mantener su autofinanciamiento.

- Comercializar productos hidrobiológicos para consumo huma no en el mercado externo.

- Fomentar el consumo de productos hidrobiológicos como re - curso alimenticio.

- Cooperar en la regularización de los precios en el mercado- interno evitando procesos especulativos.

Fines :

Las actividades mencionadas anteriormente,han conducido ,de una u otra forma, al cumplimiento del principal objetivo - que tiene la EPSEP, cual es incrementar el índice nutri- cional de la población mediante el abundante consumo de recursos hidrobiológicos que contiene el litoral de nues- tro país, razón por la que las actividades y fines futu - ros de esta empresa, deben de estar orientados a este ob- jetivo, considerand4 tres (3) niveles de gestión.

i) A nivel Empresa: Realizando las acciones pertinentes para su efectiva consolidación Económico-Financiera, basandose en su propia gestión empresarial.

ii) A Nivel Nacional: Mediante una masiva difusión del consumo de pescado, a fin de continuar elevando el nivel nutricional de la población, utilizando el recurso hidrobiológico como fuente de proteínas, cumpliendo así su función social con el país.

iii) A Nivel Internacional: A través de una agresiva y dinámica comercialización de productos hidrobiológicos, en función a una autosostenida producción, en términos que conlleven a ampliar aún más la cobertura de comercialización en este nivel.

Con este criterio es que se ha analizado la necesidad del desarrollo de un Sistema de Información Gerencial Integral, el cual, en función a que proporcionaría información a diferentes niveles jerárquicos, es el medio pertinente para el adecuado control y eficiente administración de la gestión de una Empresa con las características de la EPSEP.

EL SISTEMA DE INFORMACION GERENCIAL DE LA EPSEP (SIG-EPSEP) POLITICA Y ESTRATEGIA PARA SU DESARROLLO.

Concepción del Sistema de la Información Gerencial de la EPSEP - SIG-EPSEP.

Criterios Básicos .-

Los criterios básicos que se han tenido para la concepción del Sistema de Información Gerencial de la EPSEP (SIG-EPSEP), son los siguientes:

- Seguir los lineamientos del desarrollo de la Información del Sector Pesquero.
- Estructuración del SIG-EPSEP, en estrecha relación con los objetivos y Actividades presente y futuras de la EPSEP.
- Transparencia entre la estructura del SIG y el equema organizacional de la EPSEP.

- Concepción del SIG-EPSEP, con un criterio de tipo funcional conformado por Sistemas que provean de información necesaria y oportuna (de acuerdo al nivel jerárquico) ,en cada una de las áreas de gestión, que permitan la adecuada toma de decisiones.

- Estructuración del SIG-EPSEP, con criterio referencial no - limitativo, pudiendo crecer o decrecer, en función a la dinámica vivencial de la EPSEP y de las coordinaciones con el área usuaria.

Estrategia y Política para el Desarrollo del SIG-EPSEP

Estrategia .-

Para el desarrollo del SIG-EPSEP, se ha considerado pertinente elegir como estrategia para su implementación ,el desarrollo a través de tres (3) etapas:

- Etapa N° 1 : Aplicaciones más prioritarias (A nivel - de casa Central) Prioridades(A-1,A-2,A-3).

- Etapa N° 2 : Aplicaciones prioritarias (A nivel de Casa Central) Prioridades B-1,B-2,B-3).

- Etapa N° 3 : Aplicaciones de Consolidación (A nivel de Casa Central) Prioridades(C-1,C-2,C-3)

  Implementación del SIG en forma masiva a - nivel Nacional e Internacional.

Política .-

En cuanto a la política a seguir en la implementación del SIG-EPSEP, está basada en los siguientes criterios:

- Uniformización en el uso de lenguajes computacionales.
  Aplicaciones Comerciales ; COBOL-ANS
  Aplicaciones Científicas : FORTRAN IV.

- Uniformización en el desarrollo de Aplicaciones ,empleando normas internacionalmente establecidas.

- Desarrollo de las diferentes Aplicaciones informáticas ,con criterio adecuado para su fácil expansión a nivel nacional e internacional.

- Desarrollo del Software utilizando en forma masiva Programas-Producto ya desarrollados en el país y/o en el extranjero.

- Descentralización del Centro de Cómputo. Involucrando la participación del usuario; considerando que el SIG-EPSEP está concebido con una política de t ipo funcional.

Con las consideraciones expuestas, se hace a continuación una descripción del SIG-EPSEP.

El Sistema de Información Gerencial de la EPSEP (SIG-EPSEP), constituye la integración de los diferentes sistemas que de ser mecanizados en su totalidad permitirán el control permanente, eficiente, autosostenido y dinámico de las diferentes áreas operativas y de gestión de la EPSEP.

El Sistema de Información Gerencial de la EPSEP (SIG-EPSEP), está conformado por doce (12) Sistemas que explican el comportamiento de la EPSEP, ellos son:

1. El Sistema de Administración.
2. El Sistema de Extracción
3. El Sistema de Transformación,
4. El Sistema de Comercialización y Servicios.
5. El Sistema de Contabilidad.
6. El Sistema de Economía y Finanzas.
7. El Sistema de Auditoría.
8. El Sistema de Planeamiento, Control y Evaluación Integral.
9. El Sistema de Informática Jurídica.
10. El Sistema de Control de Inventarios.
11. El Sistema de Estadística (Base de Datos).
12. El Sistema de Optimización.

- Cada sistema está conformado por Sub-Sistemas.
- Cada Sub-sistema está conformado por un conjunto de Aplicaciones.
- Cada aplicación está conformado por un conjunto de Programas.

El criterio que se tiene al hablar del SIG-EPSEP, es el de integración. Es posible hacer, para nuestros propósitos una relación de semejanza entre un ser viviente, el cual está conformado por un conjunto de Sistemas, (Nervios, Circulación, Respiratorio, Digestivo, etc.) cuya integración es el Ser. Algo semejante ocurre en otra ú otras, es decir, una decisiones generan, a manera de reacción en cadena, otras decisiones y englobando este cúmulo de decisiones, referidas todas éstas a un pe riodo (t) determinado, constituye la dinámica o vivencias de una Empresa en este periodo.

2.1 El Sistema de Administración

Comprende las actividades y procedimientos que implican la administración integral del personal, uso eficiente de los recursos humanos, así como actividades y procedimientos de previsión y mantenimiento de Planta, transporte y equipos en general. Teniendo como objetivo disponer de información adecuada y oportuna que permita controlar el correcto pago de remuneraciones, bonificaciones incentivos, oportuno cumplimiento de descuentos y aportes, desembolsos efectuados, por mantenimiento, que posibiliten realizar un control y una evaluación permanente de los mismos.

2.2 El Sistema de Extracción

Están comprendidas en este sistema las actividades y procedimientos que involucran la actividad de extracción de productos hidrobiológicos, tanto en aguas continentales, como en nuestro litoral.

El Sistema ha de implicar el control y la evaluación de las actividades de extracción por especie, zona de extracción y destino, así como el análisis de la calidad de los productos hidrobiológicos al momento del desembarque y en tránsito con fines de acopio a diferentes centros. Así mismo el Sistema a de contemplar la planificación de las actividades de extracción en concordancia con la política que fije el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) , y el Sector Pesquero, así como también con los planes y metas de las áreas de transformación y comercialización que satisfagan los objetivos trazados para la EPSEP para un periodo dado.

2.3 El Sistema de Transformación

Comprende las actividades y procedimientos de Planeamiento y Control de la Producción, Control de Calidad, Desarrollo Tecnológico, teniendo como objetivo disponer de información adecuada y oportuna que permita un c4ntrol sistemático y una evaluación constante de las actividades de transformación realizadas por la EPSEP.
Asimismo, comprende el análisis del grado de interrelación con las actividades de extracción y de comercialización, que permita, referenciado. todo ello a un periodo determinado ,cumplir con los objetivos y metas fijadas en esta área para la EPSEP.

2.4 El Sistema de Comercialización y Servicios

Comprende las actividades y procedimientos de Planeamiento y Control Comercial, Investigación de Mercados, Promoción y Publicidad compras y ventas de especies y/o productos hidrobiológicos a nivel de mercado Interno y Externo, teniendo como objetivo disponer de información adecuada y oportuna que permita un control sistemático y una evaluación constante de las actvidades de compras y ventas de especies y/o productos hidrobiológicos realizados por las Dependen -

cias Descentralizadas.

Involucra, igualmente, el control de las actividades afines en diferentes puntos de desembarque, proveyendo información actualizada y oportuna en este aspecto.

Cabe mencionar también que este sistema involucra el análisis del grado de interacción con las actividades de extracción y de Transformación, referenciando este análisis a un periodo determinado que permita evaluar el cumplimiento de metas y objetivos fijados en este rubro para la EPSEP.

2.5 El Sistema de Contabilidad

Comprende las actividades y procedimientos de registros contable, comprobación documentaria del Plan de Cuentas, su aplicación y la formualción de los Estados Financieros, teniendo como objetivo disponer de información adecuada y oportuna de partes diarios, consistencias, mayores auxiliares, balances de situación y Estado de Pérdidas y Ganancias por dependencias Descentralizadas y Consolidados de la EPSEP.

El sistema de Contabilidad contempla la Contabilidad General o Financiera y la Contabilidad de Costos, contemplando el registro de costos por especie, línea de producto, marca y formas de presentación como aspectos principales.

2.6 El Sistema de Economía y Finanzas

Comprende las actividades y procedimientos de formulación , aprobación , programación y control de ejecución presupuestaria, con el objetivo de disponer de información adecuada y oportuna que permita programar la rentabilidad de las actividades , controlar la ejecución del presupuesto, determinar desviaciones y plantear las medidas correctivas pendientes, así como evaluar la dinámica financiera de la EPSEP, a fin de poder replantear sus objetivos y/o metas y captar los recursos financieros necesarios para su normal desarrollo.

2.7 El Sistema de Auditoría

Comprende el soporte en materia de información sobre las actividades de Control Administrativo y Operacional que permitan realizar labor de auditoria sobre cumplimiento de Normas Administrativas; igualmente involucra el control sobre las actividades de extracción, transformación, comercialización y servicios.

También compete a este Sistema, proveer de información para poder hacer el control de las Contabilidades General o Financiera y de Costos.

Del mismo modo , el presente sistmema abarca la emisión de información para el adecuado control de aspectos económicos-financieros

que permitan el control post-operandi de la Evaluación Presupuestal, Tesorería,Movimientos de Circulante (Caja-BAnco)etc.

2.8 El Sistema de Planeamiento ,Control y Evaluación Integral

Comprende el proceso de información pertinente que permitirá desarrollar las actividades y procedimientos de Planeamiento , Control y Evaluación a nivel Gerencial; de los planes y metas trazadas a corto ,mediano y largo plazo, teniéndose como objetivo - brindar información adecuada y oportuna para la toma de decisiones ,para la gestión de la EPSEP, de acuerdo a las coberturas de actividades que tenga ésta, dentro del ámbito del Sector Pesquero , en un periodo determinado.

2.9 El Sistema de Informática Jurídica

Contempla la provisión de Información necesaria ,a fin de - que las actividades y procedimientos de carácter legal sean desarrollados sin contratiempos y permitan el cumplimiento de normas y disposiciones legales aplicables a la EPSEP, teniendo como objetivo brindar información adecuada y oportuna sobre asuntos - de orden legal en las áreas de Extracción, Transformación, Comercialización y Servicios, Técnicas, Laboral y Tributarias, así como también para los procedimientos administrativos y judiciales.

2.10 El Sistema de Control de Inventarios

Comprende el conocimiento a nivel integral, de los bienes - que conforman las cifras contenidas en las Metas de Balance y la determinación de volúmenes de disponibilidad para efectos de actividadesc comerciales, empresariales, transferencias, etc, con el - subsecuente beneficio en la mejor utilización de los recursos de la EPSEP, teniendo como objetivo disponer de información ade - cuada y oportuna en los archivos computacionales, sobre las entradas, almacenamiento y/o salidas de las diferentes actividades de - las áreas de Administración, Contabilidad, Economía y Finanzas,Extracción, Transformación, Comercialización y Servicios de la EPSEP.

2.11 El Sistema de Estadística

Comprende las actividades y procedimientos de registro de la informac6ón histórica/estadística de las diferentes actividades delas diferentes actividades de la EPSEP, teniendo en cuenta como - fuente de alimentación, los datos de los diferentes sistemas computacionales del SIG-EPSEP.

Por lo cual, el objetivo es el de disponer de información actualizada de las áreas de administración, Extracción, Transformación, Comercialización y Servicios, Contabilidad, Economía y Finanzas,Planeamiento ,que permitan la óptima toma de decisiones.

El Sistema de Estadística sería el punto referencial sobre el cual se tendría que estructurar la Base de Datos del SIG-EPSEP.

2.12 El Sistema de Optimización

Comprende las actividades y procedimientos de soporte técnico computacional a los diferentes sistemas que conforman el SIG EPSEP, para su optimización mediante el uso de técnicas de programación Lineal y No - Lineal, Programación Dinámica, Análisis de Sensibilidad, Simulación, Teoría de Redes y Grafos, Teoría de Colas, Teoría de Probabilidades, etc, teniendo como objetivo el desarrollo de modelos que coadyuven a la obtención de los objetivos - trazados en los Sistemas de Administración, Extracción, Transformación, Comercialización y Servicios, Contabilidad , Economía y Finanzas, Planeamiento , Control y Evaluación Integral.

PLAN DE DESARROLLO (RED-PERT CORTO MEDIANO PLAZO) - ALTERNATIVAS - DE IMPLEMENTACION Y CONFIGURACION REQUERIDA

Evidentemente que el desarrollo dentro del área de Informática, está ligada a una tecnología a emplear . En función de volumen de información de entrada que sea necesaria procesar, para emitir una información de salida, que conlleve a la oportuna y adecuada toma de decisiones, es que se hace necesaria una cierta tecnología, y a estimar su tamaño y configuración ,para el desarrollo de las aplicaciones informáticas a corto-mediano plazo del SIG EPSEP.

Se debe mencionar, también, que el análisis para el desarrollo del SIG-EPSEP, a través de las diferentes alternativas, se hará considerando un tiempo de implementación de aproximadamente cinco - (5) años, para todas las alternativas, será necesario para - éllo, estructurar la rede de desarrollo de aplicaciones informáticas del SIG-EPSEP, para posteriormente haciendo uso de un Programa Producto PERT-CPM, se realice el ajuste de la ruta-crítica del - proyecto a ese periodo.

Tiempo de Implementación (Corto-Mediano Plazo)

En este punto, se muestra la red conformante del plan de desarrollo informatico de la EPSEP (Fig. 3-1).

Esta red contempla el desarrollo de diferentes aplicaciones mecanizables, de los diferentes sistemas, considerando aquellos correspondientes a un desarrollo a corto-mediano plazo(Prioridades A-1,

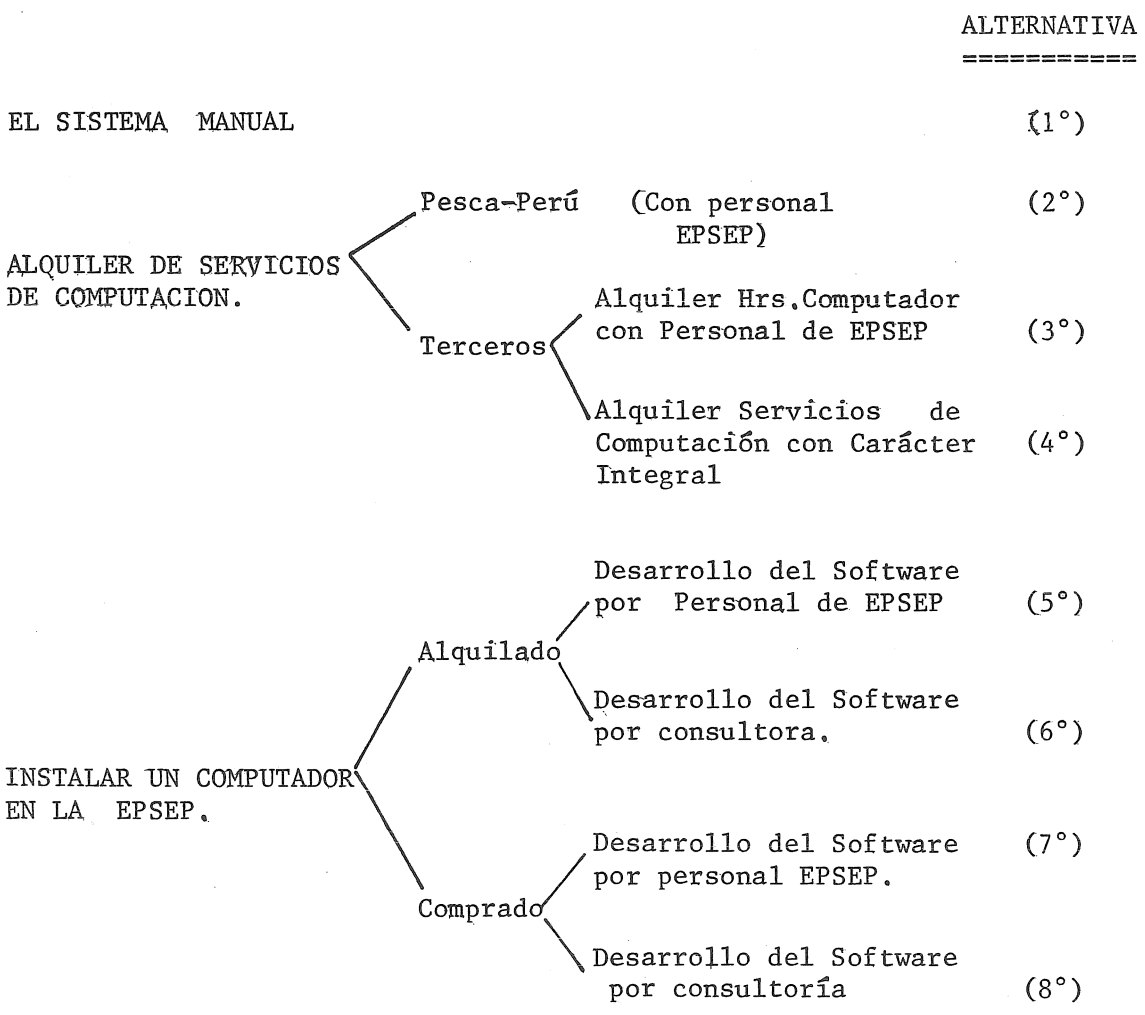
B-3).

La ruta crítica del plan de desarrollo del SIG-EPSEP, está ajustada a un periodo de cinco (5) años (240 semanas) ,habiéndose utilizado para dicho ajuste un programa especialmente estructurado para hacer la red PERT-CPM.

Se considera que cual sea la alternativa, se tendrá el mismo plan de desarrollo informático y el mismo tiempo de implementación.

Alternativas de Implementación

En el esquema siguiente se muestran las alternativas que se analizan en el presente trabajo.



Configuración Tecnológica Requerida

Para el desarrollo informático en la EPSEP mediante la implementación del SIG-EPSEP, y en la idea de incrementar el nivel de Servicios Actuales a todas las áreas de la Empresa, se requiere de una tecnología adecuada en el campo de la computación. La computadora seleccionada deberá cumplir con un mínimo de condiciones que posibiliten la implementación y explotación de las diversas aplicaciones del SIG-EPSEP.

La adquisición de un equipo de computación es por lo general objeto de grandes inversiones y debe tomársele con cautela, los periodos de entrega de un computador comunmente son de doce (12) a veinticuatro (24) meses y el peligro de dimensionar un equipo en exceso ó un defecto trae consecuencias no solo económicas sino también técnicas, que podrían afectar seriamente la implementación de proyectos de gran envergadura, como es el caso del SIG-EPSEP.

El Software o conjunto de programas que manejan el computador tiene que contemplar las necesidades de las aplicaciones a programar, la modalidad de trabajo interactivo, la multiprogramación y programas de soporte de administración de Base de Datos, que son algunas de las características vinculadas al SIG-EPSEP.

Tomando en consideración la realidad económica-financiera de la EPSEP, como empresa con fines sociales hacia el País, el tiempo de implementación así como los aspectos recientemente mencionados, orienta a plantear el equipamiento tecnológico en dos (2) etapas:

- Etapa N° 1 : Desarrollo de las aplicaciones básicas y más prioritarias. La duración será de treinta (30) meses, después del cual se re-evaluará el potencial tecnológico, el grado de avance en el desarrollo del SIG EPSEP, así como la situación económico-financiera de la EPSEP en ese momento.

- Etapa N° 2 : Desarrollo de aplicaciones, hasta cumplir con las necesidades de información definidas en el SIG-EPSEP, con una duración de treinta (30) meses, haciendo un total de sesenta (60) meses (5 años), para la total implementación del proyecto.

Antes de determinar la configuración requerida y el software necesario, cabe mencionar que los usuarios del equipo de computación que se elija, pertenecen a las diferentes áreas de la Empresa, a

nivel de la Casa Central y Dependencia Descentralizadas localizadas, en el Departamento de Lima, los mismos que se usarían aplicaciones de carácter científico como modelos matemáticos ,simulación, programación dinámica, etc, como aplicaciones comerciales tipo planillas, contabilidad, cuentas corrientes , etc.

En resumen, la configuración tecnológica requerida es la siguiente:

ETAPA I : Duración 30 meses

Hardware :

. Procesador Central: Eficiente en grandes volúmenes . Manejo de terminales. Uso de números reales.
. Memoria principal: 0,5 Mega - Bytes.
. Acceso Directo : 256 mega-Bytes.
. Cintas magnéticas: Dos (2) unidades
. Unidad de Diskettes: Una (1) unidad
. Terminales : Ocho (8) terminales
. Terminales Impresor: Cuatro (4) terminales Impresores de 120 LPM
. Impresores : Dos (2) impresores de 600 LPM.

ETAPA II : Duración 30 meses.

. Procesador central : Igual al inicial
. Memoria Principal : 1.5 a 2 Mega-Bytes
. Acceso Directo : 512 Mega-Bytes.
. Cintas Magnéticas : Dos (2) unidades (Igual a Etapa I)
. Unid.de Diskettes : Una (1) unidad (Igual a Etapa I)
. Terminales : Dieciseis (16) terminales.
. Terminales Impres.: Ocho (8) terminales impresores de 120 LPM.
. Impresores : Tres (3) de 600 LPM.

Software :

Comprende lo siguiente:

. Programas de utilidad, Manipuladores de archivos,clasificadores, seleccionadores, intercaladores, etc.
. Programa Editor de Archivos. Modalidad conversacional.
. Programas de Auto-Diagnóstico y privacidad de información
. Sistema operativo que trabaje bajo la modalidad de multiprogramación

y administre eficientemente los recursos de memoria y otros, para atender a los 16 usuarios en forma simultánea.

. Compiladores Básicos : COBOL-ANS, FORTAN IV.

. Compiladores Opcionales: RPG II, BASIC.

. Programa- Producto de uso específico:

Programación Lineal, Estadística, Control de Inventarios, Presupuesto, Simulación, etc.

. Programas de Administración de Base de Datos

4. EVALUACION DE EQUIPOS DE COMPUTACION. FACTORES CONSIDERADOS Y EL DISEÑO EN BLOQUES COMPLETAMENTE ALEATORIZADO (DBCA).

Metodología y Técnica Aplicada

La técnica aplicada para la evaluación del Hardware, Software y otros factores" de evaluación, así como el conjunto de éstos tres-(3) aspectos, ha sido el análisis de varianza, a través de un Diseño en Bloques Completamente Aleatorizado (DBCA), habiéndose elaborado un programa de computadora para este fin.

En los cuadros de datos de entrada condensados absolutos -(que vienen a ser los resultados de multiplicar las valorizaciones relativas a cada factor asignado a cada marca, por su respectivo -piso (grado de importancia) promedio, las columnas representan las marcas de computadoras y las filas (bloques), los diferentes factores considerados en Hardware, Software, Otros factores ó el conjunto de estos (3) aspectos.

El análisis se ha basado sobre configuraciones similares entre las diferentes marcas, de acuerdo al item anterior (3-configuración Requerida) habiéndose trabajado con siete (7) marcas diferentes, que cubren el mercado nacional.

Para la obtención de los resultados se han construido cuatro-(4) tablas de Análisis de Varianza (ANVA), habiéndose trabajado en todos casos con un nivel de significación (α) de 0.05.

Las hipótesis que la Tabla ANVA docima expresadas de manera-general, son las siguientes:

H_o : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \text{ ------- } \mu_r$ (Hipótesis Nula)

H_1 : $\mu_k \neq \mu_1 \; \forall \; k,1 \in \{1,r\}$. (Hipótesis Alternt.)

Donde:

$\mu_1, \mu_2, \ldots\ldots \mu_j \ldots\ldots \mu_r \quad \forall\ j = 1, r$

Son las medias que miden la performance (en valores abstractos absolutos) en Hardware, Software, Otros factores, ó el conjunto de estos (3) aspectos; de las j marcas de computadoras (tratamientos) dada una configuración y tecnología estándar ($j = 1, r$)

Es decir, se compara la igualdad de medias de cada marca de computadora (Ho), versus la existencia de por lo menos dos (2) medias que sean diferentes entre sí (Hl). El rechazo de una Hipótesis y por tanto, la suposición de que la otra Hipótesis es verdadera, se realiza a través de un estadístico ,el F-calculado (Fc) ,el cual es comparado respecto a un F-teórico (F_t) proporcionado por tablas y cuyo valor depende del nivel de significación (α) con el que se este trabajando. Se rechaza de que la Hipótesis nula (Ho) sea verdadera y en consecuencia ,se supone que la hipótesis alternativa (Hl) es verdadera, cuando el Fc es mayor que el F_t. Se afirma todo lo contrario cuando el Fc es menor que el F_t.

En forma similar ,la tabla ANVA Docima los rendimientos de cada marca de computadora respecto a cada una de las demás, qenerándose un total de 21 contrastes.

Las Hipótesis en este caso son de la forma:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (Hipótesis nula)

$H_1' : \mu_1 \neq \mu_2$ (Hipótesis alternativa.

Donde: μ_1, μ_2 son las medias que miden la performance (en abstractos) de la marca 1 versus la marca , dada una configuración y tecnología estándar.

A través de los contrastes se realizan comparaciones individuales que permiten determinar la eficiencia entre las diferentes marcas de computadoras, rechazandose la Hipótesis Nula (H_0) o Alternativa (H_1'), siguiendo el criterio mencionado en líneas anteriores.

Factores de Evaluación de Equipos computación considerados

Los factores de evaluación considerados son los siguientes .

Hardware :

(1) = Ciclos de proceso de un Registro (Nano-seg)

(2) = Memoria Real (K-Bytes)

(3) = Memoria Auxiliar (k-Bytes)

(4) = Número de terminales.

(5) = Unit Record (lectoras, Impresoras, TPM, LPM)

(6) = Impresoras terminales (TPM).

(7) = Compatibilidad de Archivos.

Software :

(1) = Compiladores y/o traductores (variedad)

(2) = Requerimiento de Memoria para el Sistema Operativo

(3) = Programas - Producto.

(4) = Capacitación de Personal.

Otros Factores :

(1) = Reputación del vendedor

(2) = Precios Equipo estándar

(3) = Servicio técnico de Mantenimiento.

(4) = Compatibilidad con otros equipos.

(5) = Factibilidad de Implementación.

(6) = Tiempo de entrega.

(7) = Apoyo de equipos instalados en caso de fallas.

(8) = Apoyo en Análisis e Ingeniería de Sistemas por el proveedor.

(9) = Reputación del Vendedor a Nivel Mundial.

5. CONCLUSIONES

- En el estudio se ha analizado la infraestructura actual con que cuenta la Empresa y las alternativas en el futuro de la misma, evaluando las variables endógenas y exógenas que inciden en su gestión delineando, de acuerdo al dispositivo degal vigente la política tanto en el ámbito nacional como en el internacional, que se piensa, deberían ser aplicables a fin de que cumpla con los objetivos sociales para la cual fue creada, sin descuidar las acciones que le permitan su consolidación económica-financiera, teniendo como soporte en esta gestión, a un Sistema de Información que permita la adecuada y oportuna toma de decisiones.

- En cada una de las aplicaciones informáticas sea cual sea la tecnología empleada, se definen cuatro (4) etapas para su desarrollo y explotación:

1) Etapa N° 1 : Estudio del Ambito de la Aplicación y/o Levantamiento de Información.

2) Etapa N° 2 Análisis y Programación (si el proceso manual se considera solamente análisis).

3) Etapa N° 3 Implementación y Puesta en Marcha (Pruebas y Creación archivos).

4) Etapa N° 2 Producción.

- Determinación los volúmenes de información de entrada tanto para la fase de implementación y puesta en marcha (Etapa N° 3), como para la etapa de producción IEtapa N°4), se laboró en este estudio un modelo matemático de tipo estático, que permite evaluar el volumen de información a procesarse y almacenarse en cada una de las aplicaciones, el mismo que fue transcrito y probado en el computador evaluando los resultados con la realidad existente, dando resultados concordantes con ella. El modelo ,igualmente, genera tiempo de CPU utilizado, el mismo que dependerá de la tecnología empleada para finalmente determinar costos de uso de computador y mano de obra (analistas de Sistemas, programadores, analistas de O & M, coordinadores) así como los gastos indirectos involucrados.

- Para la implementación del SIG-EPSEP, se ha tenido en cuenta los objetivos y fines globales presentes y futuros de la Empresa,para lo cual se coordinó con las áreas usuarias de la misma,intercambiando criterios de tal manera que el plan de implementación responda a las expectativas de los usuarios,pero al mismo tiempo exista un plan coherente, en función a una relación causa-efecto, teniendo en cuenta el empleo armónico y racional de los recursos humanos y materiales del área de informática, así como de los usuarios y también el empleo de hrs-CPU, dispositivos de almacenamiento etc; con la finalidad de que la configuración,tecnológica a usar sea eficientemente empleada.

- Del estudio se puede desprender que el desarrollo del SIG-EPSEP constituye el instrumento que ha de permitir controlar eficientemente la gestión de la EPSEP de modo integral, sin embargo para llegar a éste objetivo se requiere el apoyo constante de la Alta Dirección de la Empresa, así como de los trabajadores de la misma,para su total consecusión.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

EL ANALISIS ESTRUCTURADO EN LA EMPRESA

Edmundo Said

Servicios Eléctricos del Gran Buenos Aires S. A.
Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

El Análisis Estructurado, concebido y aplicado como herramienta de Diseño de Sistemas de Información, representa en rigor un esquema de pensamiento ordenado para la creación. Con este concepto, resulta interesante analizar la posibilidad de rebasar los límites impuestos por los Sub-Sistemas de Información, y estudiar su aplicación en el campo de los Sistemas, tomados en forma integral.

1.- INTRODUCCION

El estudio de los sistemas de información, área sumamente dinámica, tanto en su concepción como en los medios humanos y materiales para su tratamiento, ha recibido en los últimos años el aporte de una nueva técnica, el Análisis Estructurado (y, consecuentemente, el Diseño Estructurado), que ofrece una serie de normas y procedimientos para su división en módulos y su posterior resolución en forma de red.

El Análisis Estructurado, planteado para los diagramas y programas de sistemas informativos, ha encontrado un campo de aplicación integrado en todo el proceso de concepción de los sistemas administrativos como tales, su posterior desdoblamiento en subsistemas componentes (entre ellos el de información) y la profundización del estudio de éstos últimos.

De este modo se presenta a todo un sistema administrativo

como una red de módulos o procesos, interconectados entre sí por flujos de información y/o producto, y alimentando o recibiendo información adicional, de empleo repetitivo, desde archivos concebidos como depósitos de información.

El tratamiento modular presenta, entre otras, la gran ventaja de constituir cada módulo en un elemento cuyo contenido es indiferente ("transparente") al sistema total, al cual solo interesa el proceso de transformación que ejecuta dicho módulo sobre las magnitudes de entrada para obtener las magnitudes de salida. A su vez cada módulo sufre un proceso de sucesivas "explosiones" que permiten subdividirlo hasta el grado que se desee. El tema está expuesto en detalle en las referencias de la Bibliografía.

Definida una estructura modular para un determinado proceso administrativo (Bibliografía 3) surge como inmediata la posibilidad de contemplar a la Empresa, en su totalidad, como un único sistema, integrando las etapas de producción y administración, ésta última en sus múltiples aspectos.

¿Cuál sería el objeto de considerar estructuralmente dividida a la Empresa en módulos o procesos concatenados bajo forma de red? El tema es amplio, pero pueden citarse "a priori", importantes razones para profundizar en las posibilidades de este tipo de análisis:

1.- La estructura modular permite segmentar la actividad empresaria hasta el nivel deseado, haciendo cada segmento operativamente modificable, en forma independiente del conjunto.

2.- En cada uno de los módulos pueden efectuarse mediciones para determinar índices de eficiencia, cohesión, grado de comunicación y armonía con su entorno, etc., de modo de evaluar el comportamiento de cada uno, con relación a los parámetros de la política empresaria, actuar sobre ellos y medir su evolución.

3.- Pueden establecerse relaciones biunívocas entre la estructura productiva, la estructura jerárquica, las diversas estructuras contribuyentes (planeamiento, control de gestión, personal, etc.) y los sistemas de uso accesorio (reparación, mantenimiento, etc.) para medir interacciones deseadas y no deseadas, apreciar resultados, definir con precisión el subsistema informativo en sus niveles operacional, táctico y estratégico, etc..

En rigor, el campo de acción de este tipo de esquemas es, en apariencia, bastante amplio, de modo que nos concretaremos a exponer sus bases principales, y dejar las aplicaciones para etapas posteriores.

2.- CONCEPTOS BASICOS

Las magnitudes sobre las cuales se estructura un sistema

de este tipo son (Figura Nº 1):

a.- Procesos o módulos. Describen operaciones concretas que, actuando sobre los estímulos, que pueden estar constituídos por entradas de producto y/o información, producen determinadas respuestas, genéricamente del mismo tipo posible. Además inter-actúan con depósitos de información (archivos) y depósitos de producto (almacenes).

Por otro lado estos procesos o módulos, que como se expuso representan las operaciones, pueden ir disminuyendo de nivel, a partir de módulos base, y por medio de sucesivas "explosiones" ó subdivisiones, hasta el nivel de detalle deseado.

b.- Flujos o Canales de Producto y de Información. Son conductos a través de los cuales circula, o bien un cierto producto (caracterizado por su naturaleza, o definición, y características identificatorias), o bien una cierta información caracterizada, como es normal en estos casos, por la entidad a la que se refiere y sus atributos o condiciones, incluído el atributo identificador.

c.- Depósitos de Información o Archivos. Son depósitos físicos donde se almacena información, la cual se especifica como se indicó, en el acápite anterior. El tipo de depósito físico (fichas, cintas de computadora, libros de contabilidad, etc.) es irrelevante en este análisis.

d.- Depósitos de Producto o Almacenes. Son depósitos físicos para acumular un cierto producto de uso en la Empresa, caracterizado como ya se indicó. Al referirnos a producto, involucramos a cualquier insumo, producto intermedio, producto terminado, dinero, o elementos físicos empleados para el proceso empresario. Así, las horas-hombre son un producto, así como los materiales, los transportes, el combustible, etc..

e.- Entidades Externas. Son todos aquellos elementos ajenos a la Organización que reciben o proveen Productos y/o Información a la misma. El conjunto de las Entidades Externas constituye el Entorno de la Empresa.

El diagrama estructurado, construído en base a estas notaciones, representa el proceso de la producción, en una figura bidimensional (Figura Nº 2).

La Figura Nº 3 ejemplifica en forma parcial la sucesión de operaciones, o módulos básicos de una Empresa de Servicios Eléctricos, y la explosión de uno de ellos, el de distribución y venta del producto. La Figura Nº 4 esquematiza un proceso contribuyente de personal.

Dentro de este desarrollo bidimensional pueden distinguirse:

FIGURA Nº 1 - CONVENCIONES

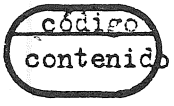
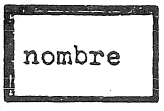
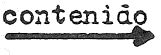
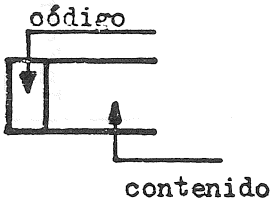
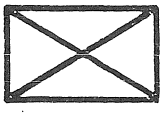
SIMBOLO	DESCRIPCION
	Módulos- Operación
	Entidad Externa (Elemento ajeno al sistema que utiliza o genera información correspondiente a éste)
	Flujo de información
	Archivo de información
	Flujo de producto
	Depósito de Producto. Código (idem al archivo de Información correspondiente) y contenido

FIGURA Nº 2 - Esquema de Diagramación Lógica

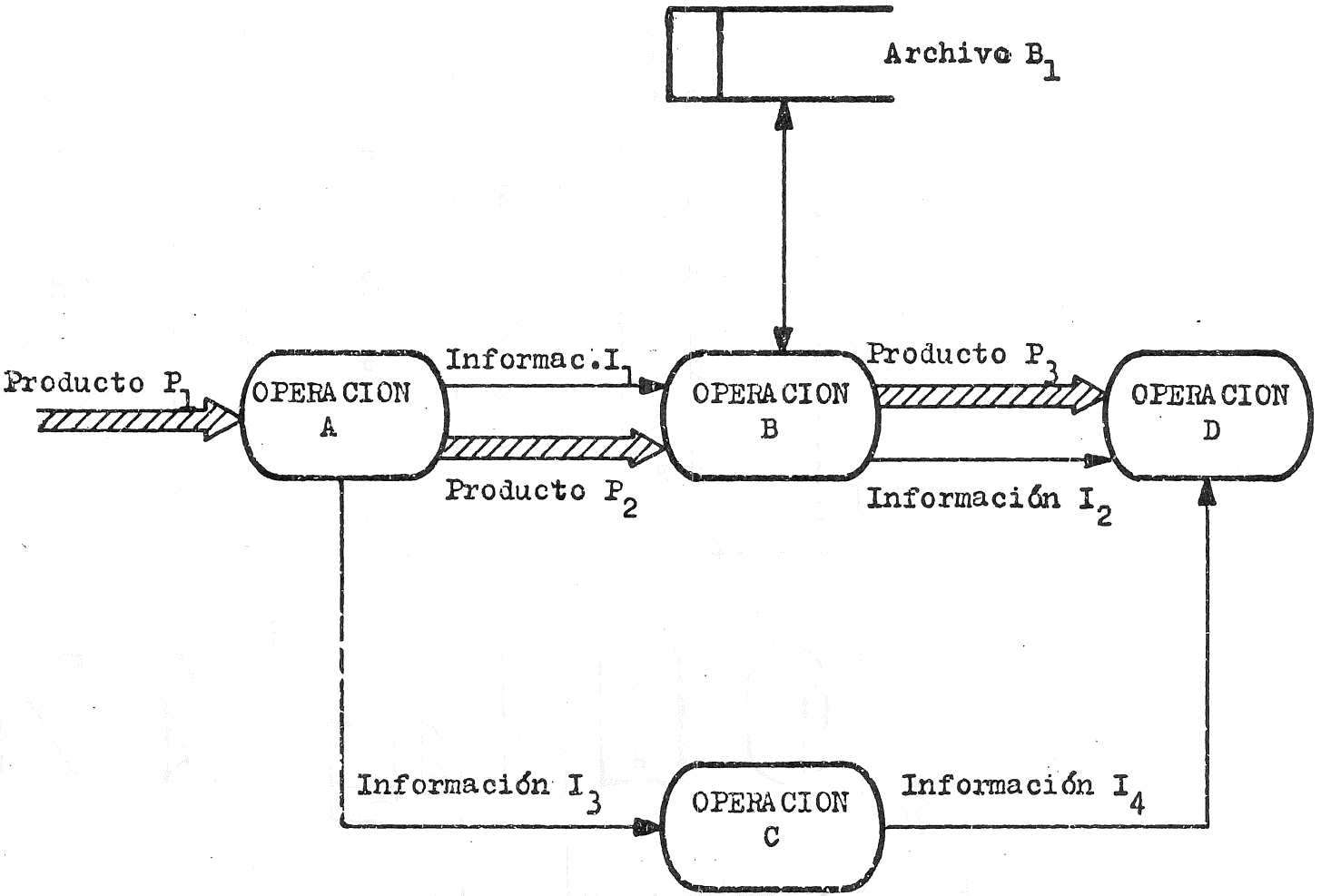


FIGURA Nº 3 - Ejemplo de una sub-red de módulos operacionales

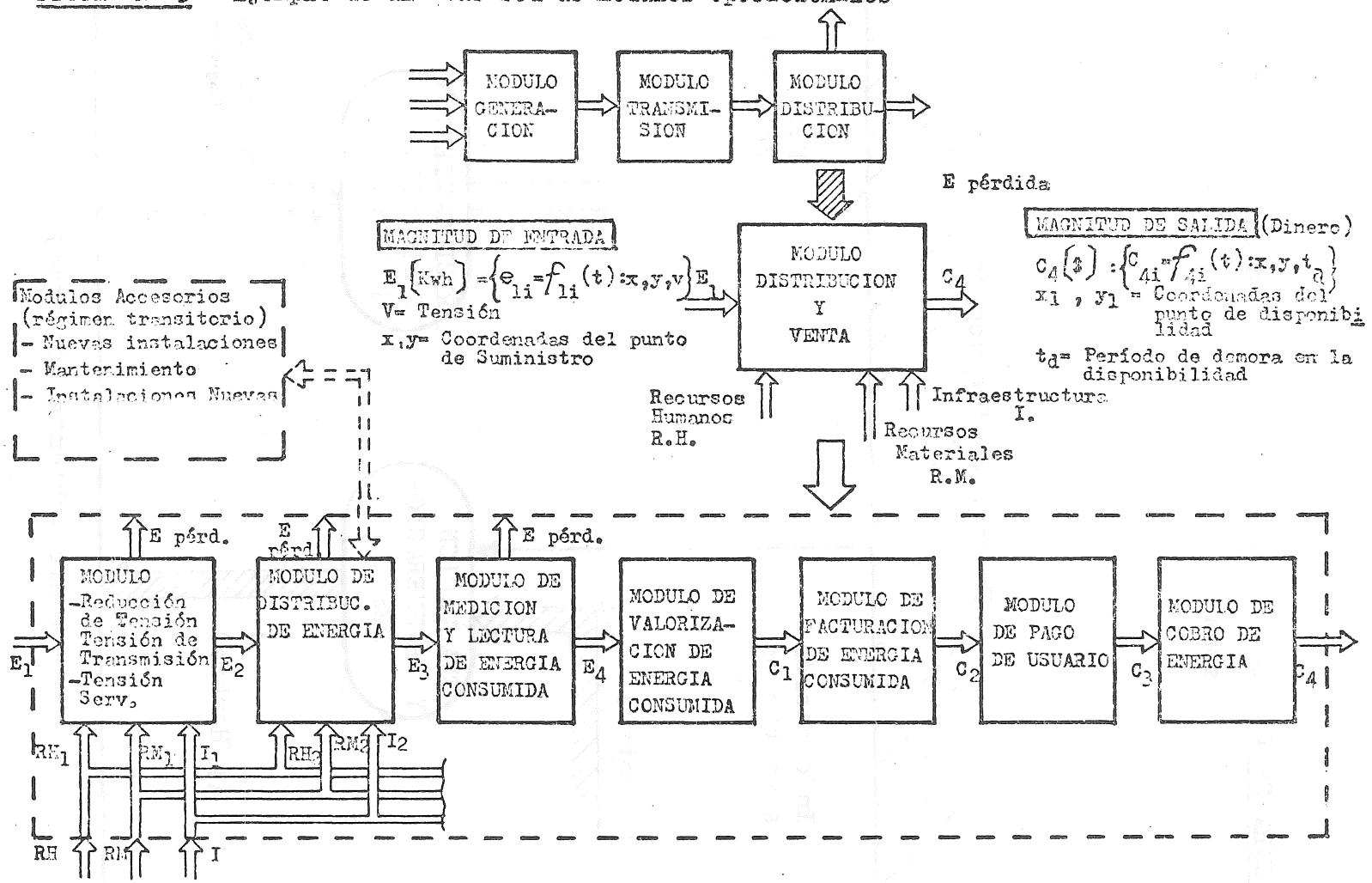
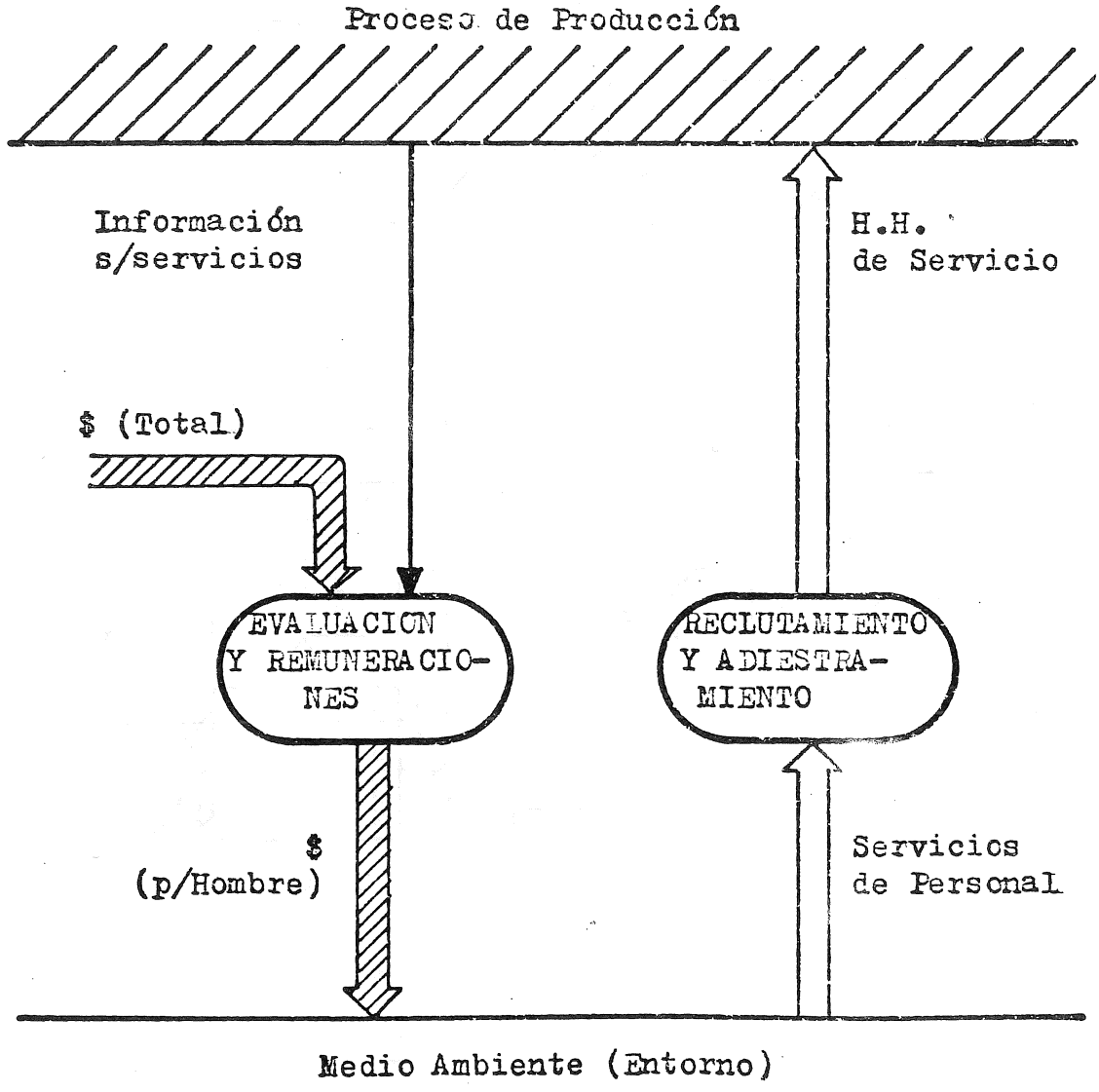


FIGURA Nº 4 - Esquema básico de una red de Provisión de Personal



a.- Módulos del Proceso Normal de Producción o Módulos de Producción. Estos módulos representan, en la secuencia correspondiente, todas las operaciones que se llevan a cabo para obtener la producción a partir de los distintos insumos.

b.- Módulos Contribuyentes. Son todos aquellos módulos que simbolizan las operaciones que tienen por objeto proveer los elementos logísticos comunes (materiales, repuestos, servicios humanos, e instalaciones y equipos) y llevar a cabo las tareas de planificación, programación, control y registración a nivel empresario global.

c.- Módulos Accesorios. Son los que tienen por objeto solucionar problemas o producir modificaciones en los demás módulos del proceso, para mantenerlos en condiciones correctas de operación. Ejemplo: sistemas de reparación, de obtención de repuestos en emergencia, de acción en casos de siniestro, etc..

3.- ESTRUCTURAS JERARQUICAS

El nivel bidimensional descripto especifica, como se ha hecho notar, la secuencia de las sucesivas operaciones, interconectadas a través de flujos de producto e información, que constituyen el proceso productivo y de comercialización de la Empresa.

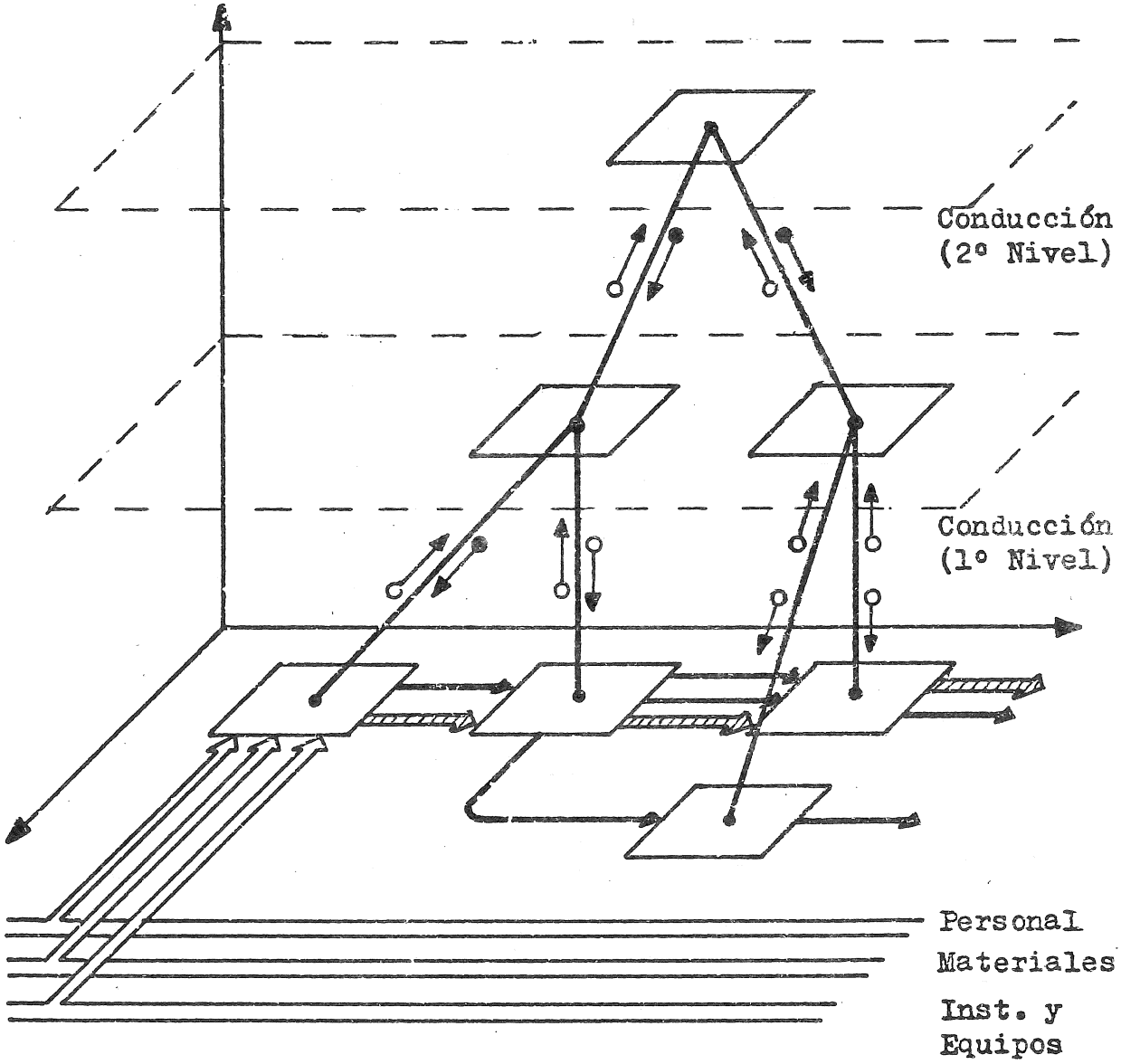
Por encima de estos módulos, y constituyendo capas superiores, jerárquicamente estructuradas, se encuentran los niveles de conducción, recorriendo sucesivos valores de la ordenada Z de un sistema de coordenadas tridimensional (Figura Nº 5). Esta estructuración se ha efectuado sobre la base de la diagramación Top-Down o jerárquica aplicada en diagramación estructurada de sistemas de información (Bibliografía 1 y 2).

En la Figura Nº 5 se puede apreciar, una simbología de relación entre módulos de distintos niveles jerárquicos. En rigor los módulos de los sucesivos niveles de conducción por encima del nivel operacional, no son módulos que representen operaciones propiamente dichas, sino "funciones" de supervisión y conducción.

Las flechas de círculo en blanco en la parte posterior, representan flujo de información (debidamente seleccionada de acuerdo a criterios que se verán más adelante), y las flechas de círculo lleno en la parte posterior, indican señales de control (decisión). Esta nomenclatura también se adapta a las normas del análisis estructurado de sistemas de información. La información para la conducción, así como las decisiones (que para nosotros equivalen a señales de control) se mueven dentro de la estructura jerárquica.

Debe aclararse que, en la diagramación jerárquica de uso en computación, todo el proceso se realiza en forma ascendente-descendente, dado que el procesamiento es exclusivamente de información. En nuestro caso, en cambio las operaciones se desa-

FIGURA Nº 5 - Diagramación Operacional-Jerárquica



rrollan solamente en el nivel menor (con la información operativa correspondiente). Con respecto a la relación nivel de información-nivel jerárquico, la Figura Nº 7 representa conceptualmente la condensación ascendente de la información operacional a medida que debe llegar a los niveles superiores. Dicha condensación debe fundamentalmente operar para la obtención de valores índices, desvíos y tendencias elaboradas estadísticamente (Bibliografía 5).

Dicha diagramación ha sido comparada (Bibliografía 2) con una estructura de tipo militar (Figura Nº 6), en la cual se mueven la magnitud información (datos, en el caso de sistemas de información) y la magnitud señal de control. El diagrama se lee de izquierda a derecha, ascendiendo a medida que se agotan las alternativas de nivel equivalente. Por ejemplo en el diagrama de la Figura Nº 6 se parte del nivel superior, el cual emite una orden (señal de control) al módulo inferior izquierdo, en el sentido de obtener información válida respecto de un determinado problema. Este, a su vez, emite una nueva señal a su módulo inferior izquierdo, ordenando obtener información. Cuando la información es obtenida por éste último, es enviada al módulo superior (Módulo B), el cual la remite al Módulo inferior siguiente a la izquierda (Módulo D) para su validación. Una vez concretada la misma, éste último emite una señal de válida-no válida, y el Módulo B, a su vez, adopta decisión y, en caso afirmativo, remite información válida al Módulo de Comando. Este último ordena iniciar el Procesamiento, el cual se concreta a través del Módulo E, que dispone el orden en que operarán los Módulos F y G, etc..

Sobre este tipo de diagramas se ha elaborado además una serie de operaciones básicas, que en esencia comprenden las tareas de selección e iteración, pero que no resulta necesario profundizar en esta etapa.

4.- CONCEPTOS DE APLICACION

Si consideramos el módulo Si, existirán los conjuntos

$\{f_{ij}(t)\}$ de magnitudes de entrada j=1,2,.....n

$I_i(t)$ de entidades de información de entrada, con sus niveles de atributos respectivos.

$\{g_{ik}(t)\}$ de magnitudes de salida k=1,2,.....n

$I_0(t)$ de entidades de información de salida, con sus niveles de atributos

y podemos definir al operador P_i, tal que:

FIGURA Nº 6 - Proceso Jerárquico

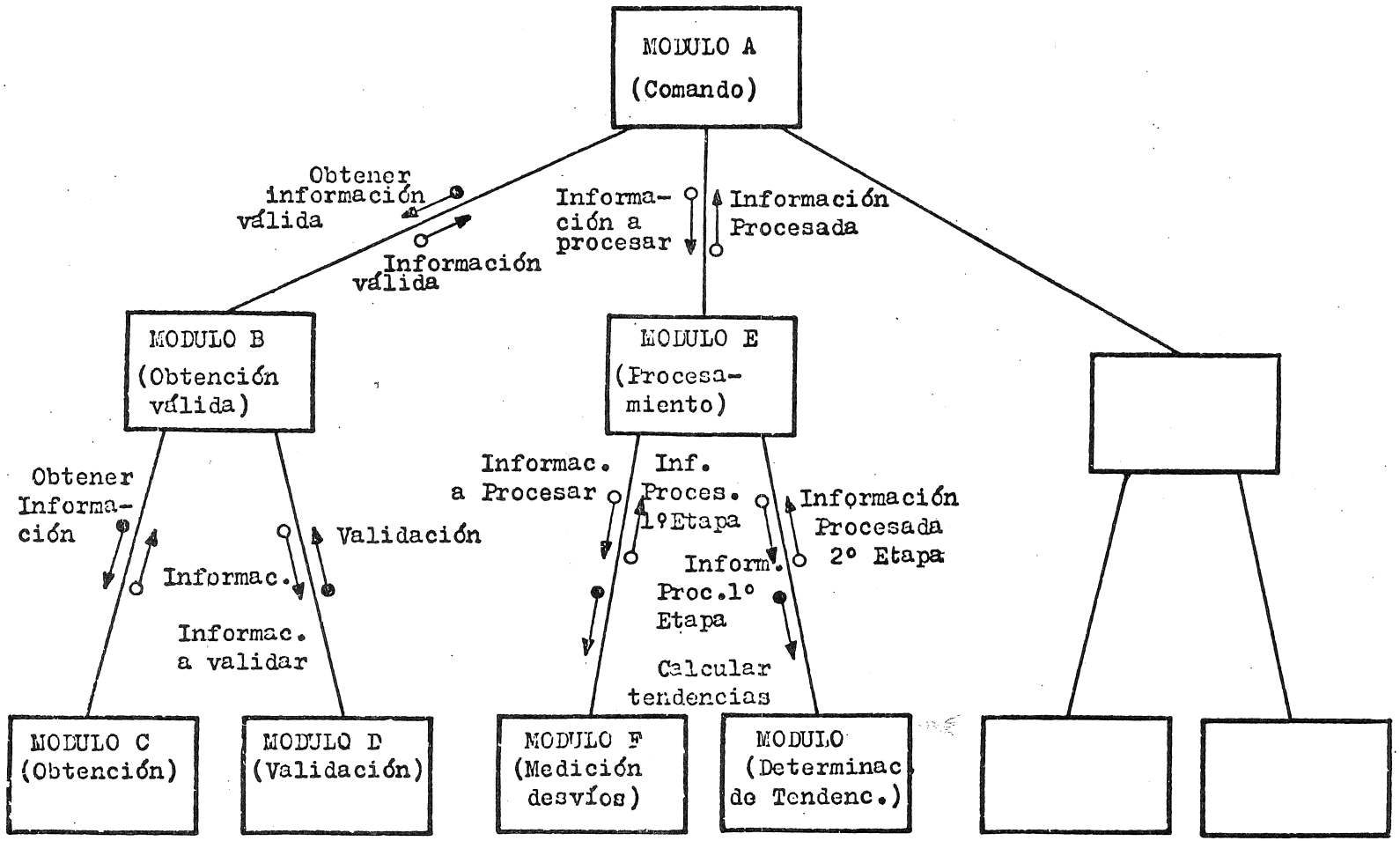
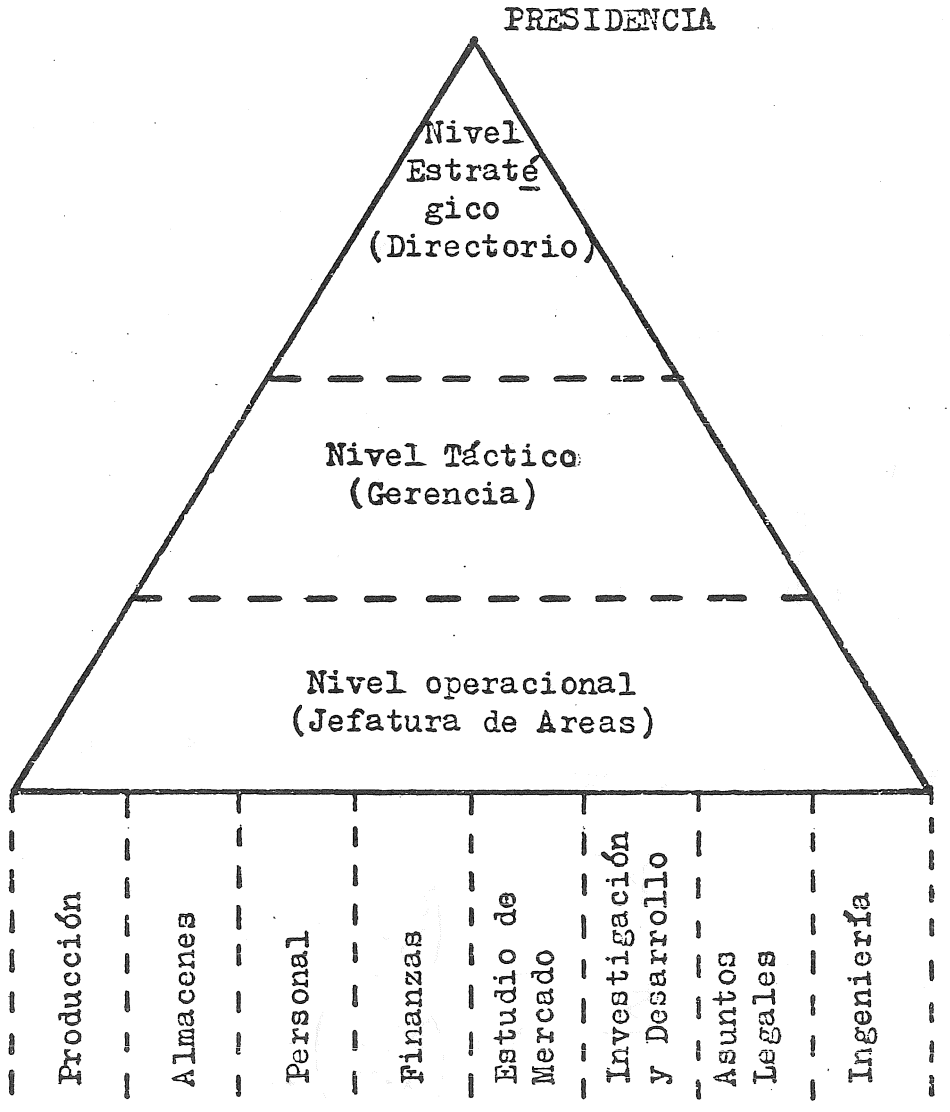


FIGURA Nº 7 - Información - Niveles de decisión



$$P_i \left[\left\{ f_{ij}(t) \right\} \quad UI_i(t) \right] = \left[\left\{ g_{ik}(t) \right\} \quad UI_o(t) \right]$$

como equivalente al módulo S_i.

A su vez, habrá una correspondencia de magnitudes

$$\left[\left\{ f_{ij}(t) \right\} \longleftrightarrow^{r:p} \left\{ g_{ik}(t) \right\} \right]$$

para $r=0,1,2,\ldots\ldots\ldots n$

y $p=0,1$

Esta correspondencia equivale a identificar las magnitudes que son salidas de un módulo y constituyen entradas a otro. Es decir:

$$g_{i_1 k'} = f_{i_2 j'}$$

cuando la salida k' del módulo S_{i_1} es entrada j' al módulo S_{i_2}

El conjunto de las salidas del sistema será:

$$\left\{ g'_{ik}(t) \right\} = \left\{ g_{ik}(t) : r=0 \right\}$$

y el conjunto de entradas

$$\left\{ f'_{ij}(t) \right\} = \left\{ f_{ij}(t) : p=0 \right\}$$

El conjunto de estados del sistema es

$$\left\{ S(t) \right\} \subseteq X_{i,j,k} \left\{ f_{ij}(t) \times g'_{ik}(t) \right\}$$

$$t=0,1,\ldots\ldots\ldots\ldots T$$

Puede definirse la eficiencia instantánea del módulo S_i en el instante $t=t_0$ como

$$e_i(t_0) = \frac{\sum_k C_{ik} \left(\frac{\delta g_{ik}}{\delta t} \right)_{t=t_0}}{\sum_j b_{ij} \left(\frac{\delta f_{ij}}{\delta t} \right)_{t=t_0}}$$

Siendo C_{ik} y b_{ij} los coeficientes de costo.

En términos discretos

$$e_i(t_0+\Delta t) = \frac{\sum_k C_{ik} \left[g_{ik}(t_1+\Delta t) - g_{ik}(t1) \right]}{\sum_j b_{ij} \left[f_{ij}(t_0+\Delta t) - f_{ij}(t_0) \right]}$$

Si tenemos en cuenta el tiempo de respuesta (t_1-t_0), como el tiempo insumido por el proceso llevado a cabo en el módulo S_i, será:

$$e_i(t_1) = \frac{\sum_k C_{ik} \left[g_{ik}(t_1+\Delta t) - g_{ik}(t_1) \right]}{\sum_j b_{ij} \left[f_{ij}(t_0+\Delta t) - f_{ij}(t_0) \right]}$$

5.- ANALISIS DE MODULOS

El análisis de cada uno de los módulos operacionales permite obtener, entre otras cosas, un conjunto de índices cuantitativos y cualitativos contribuyentes a la evaluación de los mismos.

Fundamentalmente los índices cuantitativos se refieren a la eficiencia en el aprovechamiento de los factores, o sea del producto e información de entrada, en relación con el producto y la información obtenidos.

Para la entrada j-ésima del módulo i, el índice C'_{ij}, relación entre estímulo y respuesta, puede tomar distintas formas, según se trate de unidades físicas o monetarias de evaluación.

Asumiendo una tabla de productos, con sus respectivas unidades físicas de medición:

$$C'_{ij} = \frac{\text{Cantidad de la magnitud j de entrada}}{\text{Unidad de Producto de Salida}}$$

En el caso de tratarse de varios productos de salida, deberá considerarse cada uno, afectando la cantidad de cada producto de entrada que le esté destinado. Esto equivaldrá al funcionamiento del módulo en "salida cero", para todos los productos de salida, excepto el considerado.

Para los sistemas contribuyentes, tendríamos tomando como ejemplo el personal:

$$C'_{pi} = \frac{\text{Horas-hombre}}{\text{Unidad Producto de Salida}}$$

En este caso, por ejemplo, la cantidad de horas-hombre absorbidos en el módulo por unidad de producto de salida debe expresarse reduciendo todos los aportes de mano de obra a una categoría común, a través de coeficientes de transformación obtenidos por relación de remuneraciones.

Así se plantean, en general, problemas de homogeneizar distintos valores a través de factores relacionales de costo.

El factor C'_{ij}, al referirse a volúmenes físicos, permite medir eficiencias de transformación en términos absolutos, con independencia de fluctuaciones monetarias relativas. En cambio no permite introducir en el cálculo el costo de la información, no factible de considerar físicamente de un modo tan preciso.

Tomando costos de productos de entrada

$$C''_{ij} = \frac{\text{Costo de la cantidad de magnitud i de entrada}}{\text{Unidad de Producto de Salida}}$$

y siendo

C''_{pj}, C''_{mj} y C''_{rj} los coeficientes de absorción, en unidades monetarias, de mano de obra, materiales y gastos de capital (mantenimiento más amortización), tendremos un costo total de éste

$$C''_j = \sum_i C''_{ij} + C''_{pj} + C''_{rj} + C''_{mj}$$

Lo cual permitiría recorrer el ciclo secuencial de operaciones para valorizar sucesivamente los productos, a medida que se obtienen.

El análisis de la imputación de los costos de procesamiento de la información debe ser efectuado en detalle, asignando en forma directa a cada producto los costos de la información utilizada por el mismo, y una parte proporcional de los gastos fijos, como es de rutina en estos casos. El costo de cada módulo accesorio debe imputarse al módulo de producción al cual está destinado.

Es necesario distinguir en lo que respecta a los requerimientos de información (Bibliografía 2).

a.- Requerimientos operacionales: Aquellos que se necesitan a nivel de las operaciones corrientes de la Empresa (facturas, liquidaciones, etc.).

b.- Requerimientos informativos: Los necesarios para la toma de decisiones, a nivel jerárquico.

Los requerimientos operacionales son los que recorren el plano x-y, y los informativos, resultado de extracción y conso-

lidación de datos desde los primeros, son los que recorren, en sentido ascendente, el árbol jerárquico.

Resulta de interés analizar la aplicación a este tipo de estructuras de los conceptos de cohesión a nivel de módulo, y de acoplamiento entre módulos (Bibliografía 1).

En el caso del diseño estructurado de sistemas de información es de importancia primordial la obtención del grado máximo de cohesión dentro de cada módulo respecto al proceso global (cohesión funcional, o sea la identificación de funciones específicas en cada uno de los módulos), así como la minimización de los acoplamientos no previstos, eliminando en especial los que no estén comprendidos dentro del alcance del control de cada uno.

En el caso que nos ocupa, habrá necesariamente que aplicar el concepto de cohesión funcional en la definición de cada módulo, pero la consideración de los acoplamientos merece un estudio especial.

En efecto, siendo el acoplamiento a través de fluio de producto un efecto no deseable, no ocurre lo mismo con acoplamientos a través de canales de información para la circulación de datos sobre conocimiento de la actividad empresaria, normas sobre políticas de aplicación, e incluso reglas de comportamiento y acción.

La elaboración en mayor detalle de los índices cualitativos y cuantitativos de comportamiento requiere un trabajo de mayor profundidad para cada situación particular. Asimismo lo es la determinación de las funciones eficiencia a nivel de módulo, considerando la ponderación relativa de los índices considerados. Dichos índices deben involucrar conceptualmente los costos de transferencia, ya citados, así como los valores de tiempos de respuesta, calidad, cohesión del equipo humano y relación módulo-entorno.

6.- ESQUEMA CONTABLE

Resulta sumamente importante que en todo análisis empresario, el Plan de Cuentas, herramienta fundamental para la gestión, tenga relación directa con la dinámica total, de modo tal que todo aspecto general o particular de ésta, encuentre exactamente su contrapartida contable.

Dentro de este concepto, el análisis estructurado permite establecer una asignación biunívoca entre sus componentes, o sea procesos, depósitos, entidades externas y canales de producto e información, y los componentes de un Plan de Cuentas concebido para dicha estructura.

Genéricamente podemos definir las siguientes asignaciones:

a.- Depósitos de Producto ⟷ Cuentas Patrimoniales

b.- Entidades Externas ⟷ Cuentas externas al entorno empresario.

c.- Procesos ⟷ Cuentas de Resultados

d.- Canales de Producto ⟷ Canales de comunicación entre cuentas.

De este modo cabe el análisis, a nivel modular, o en sus sucesivas agregaciones, utilizando las herramientas contables conjuntamente con los índices de distintos tipos, (operativos, humanos, o de servicio, etc.), para el estudio conjunto e integrado de sus características de funcionamiento.

7.- CONCLUSIONES

El esquema plantea una estructura conceptual para el estudio de una Empresa. Sus posibilidades prácticas parecen interesantes, básicamente como procedimiento para ordenar el esquema empresario en su realidad actual, detectar sus falencias y ponderarlas, y elaborar sobre esa base objetivos cuantificados, y medibles en la práctica, que orienten el desarrollo futuro.

Se ha combinado al pasar del nivel base, operacional, a los niveles superiores, de orden jerárquico, el trabajo de la Empresa con sus escalones de conducción, aprovechando, para el diagrama de operaciones, la estructura del diagrama lógico de sistemas, y para la circulación de información de conducción y decisiones, la diagramación jerárquica de uso normal en el trabajo estructurado de sistemas y programas.

Este tipo de modelización debe encararse englobando en él los aspectos técnicos, económicos y humanos de la Empresa en forma integral, lo cual exige una ponderación de todos estos factores, para hacerlos jugar en forma conjunta. Por otra parte debe tenerse en cuenta, en cada módulo, que la introducción del ser humano en todo sistema exige incluir en su estudio el factor creativo, de carácter esencialmente dinámico, que puede definirse como "propensión al cambio".

Un último aspecto. En la Bibliografía se ha mencionado la relación entre operaciones y sectores o estructuras orgánicas. En rigor, la asignación sectorial permite establecer una relación biunívoca entre el organigrama de la Empresa y las operaciones o proceso que se llevan a cabo en la misma. De este modo, el llamado nivel base puede "traducirse" a sectores operacionales de la estructura, con lo cual los niveles jerárquicos quedarían directamente relacionados con los mismos.

BIBLIOGRAFIA

1.- Yourdan&Constantine: "Structured Design" - Prentice Hall

2.- C.Gane y T.Sarson: "Structured Systems Analysis". I.S.T.

3.- Said.: "Metodología de Trabajo para el Análisis de Sistemas Administrativos"

4.- Churchman, Ackoff y Arnoff: "Introduction to Operations Research"

5.- J.K.Lyon: "An introduction to Data Base Design". Wiley

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

CAPITULO J

APLICACIONES EN SALUD

CEDINFOR

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

UN SISTEMA DE COMPUTACAO PARA CONTROLE DE UMA UNIDADE DE HEMODIALISE

Cláudia Sabani

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Centro de Processamento de Dados
Rua Gen. Joao Telles 399, Porto Alegre - Brasil.

RESUMO:

O trabalho faz inicialmente uma análise do sistema usado pela Unidade de Hemodiálise do Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul, seus problemas e necessidades. É então proposto um sistema de computação para controle desta Unidade. O sistema proposto visa uma melhor administração dos dados dos pacientes, a obtenção de parâmetros para a regulagem do rim artificial, a avaliação do histórico do paciente, a detecção e previsão de problemas com o mesmo, e a utilização de critérios mais rígidos de decisão. Baseia-se num diálogo usuário/sistema, via terminal de vídeo, no qual o usuário não precisa de instruções prévias sobre o sistema. Foi implementado num mini-computador HP2100S, em linguagem FORTRAN, e mostrou-se viável e adequado a suas finalidades.

O trabalho foi desenvolvido como tese de mestrado da autora no Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sendo o primeiro sistema de computação aplicado a Hemodiálise do Brasil.

1. O SISTEMA ANTIGO DA UNIDADE DE HEMODIÁLISE

1.1. O QUE É HEMODIÁLISE

Hemodiálise é um processo que serve para remover as escórias do sangue e suprí-lo de substâncias necessárias. Isto, em pessoas normais, é uma função exercida pelos rins. Porém, em pacientes com determinadas doenças renais, esta função, imprescindível para a vida humana, deve ser realizada por um aparelho chamado "Dialisador" ou "Rim Artificial".

O "Rim Artificial" é uma máquina programável em função de dados colhidos do paciente. O sangue do paciente é retirado através de uma cânula, estabelecendo-se uma circulação extracorpórea, com o sangue circulando dentro de uma menbrana permeável, banhada pelo líquido dialisador. Depois de circular por esta membrana, o sangue é devolvido, já depurado, ao paciente.

Este processo deve ser feito, em média, 3 vezes por semana para cada paciente e pode durar por um período determinado (para tratamento, em casos de transplante de rim) ou para sempre (na maioria dos casos).

A solução usada na Hemodiálise consiste das substâncias que são normalmente encontradas no sangue do paciente tal como o Magnésio - e substâncias que podem ser fornecidas ao paciente - como o bicarbonato. As substâncias que precisam ser removidas - como a uréia - não são colocadas no líquido de diálise. As substâncias que em geral fazem parte da solução da diálise são (com as respectivas Unidades): sódio (mEq/l), Cloro (mEq/l), Acetato (mEq/l), Bicarbonato (mEq/l), Potássio (mEq/l), Magnésio (mEq/l), Cálcio (mg %), Glicose (mg %), Ácido Acético (ml), Hidróxido de Sódio (ml), Ácido Láctico (ml). A composição da solução sofre modificações de acordo com as condições e necessidades do paciente. Uma composição inadequada pode ter conseqüências fatais.

1.2. DECISÕES A SEREM TOMADAS PARA A SESSÃO DE HEMODIÁLISE

As seguintes decisões devem ser tomadas antes da realização de uma sessão de hemodiálise:

- tempo de duração da sessão;
- quantidade de líquido a retirar do paciente - o que se reflete no peso do paciente, que diminui durante uma sessão;
- a composição da solução da diálise.

Estas decisões são baseadas no estado atual do paciente e na avaliação de dados anteriores do mesmo. Depois da sessão devem ser decididas as modificações necessárias na medicação e na dieta.

1.3. O ANTIGO SISTEMA DA UNIDADE DE HEMODIÁLISE (I.C.)

O sistema a ser descrito é utilizado pela Unidade de Hemodiálise do Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul - Fundação Universitária de Cardiologia.

Para cada paciente em tratamento existe uma pasta com os registros médicos:

Ficha 1: é a ficha usada para cada sessão de hemodiálise. Nela são registrados dados sobre a sessão (tipo de espiral, duração, número de uso da espiral) e dados colhidos do paciente na hora da sessão e após a mesma (peso, pressão arterial, freqüência cardíaca).

Ficha 2: é a ficha usada para registrar resultados de exames de laboratório: número de horas pós-diálise que o exame foi feito, uréia, creatinina, sódio, potássio, cloro, CO_2, cálcio, fósforo, fosfatase alcalina, ácido úrico, hematócrito, hemoglobina, leucócitos.

Os modelos da FICHA 1 e da FICHA 2 podem ser vistos nos anexos 1 e 2, respectivamente.

Baseado nos dados da ficha 1 e no estado geral do paciente, o médico "programa" o rim artificial antes de ligá-lo ao paciente.

Ao final da sessão o médico registra novas medidas do paciente e faz anotações sobre problemas ocorridos durante a mesma. Deve também decidir alterações na medicação, dieta e tratamento de eventuais problemas.

Além das sessões de hemodiálise e dos exames de laboratório, o paciente deve ter uma consulta mensal com o médico.

1.4. PROBLEMAS COM O SISTEMA ANTIGO

Em primeiro lugar, sentiu-se a necessidade de modificar a ficha tipo 1. Havia informações importantes, que não constavam da mesma, e por isso eram registradas sob a forma de anotações, ou eram esquecidas. Dados como: principais sintomas ocorridos no intervalo entre duas sessões de hemodiálise, tipo de atividade exercida pelo paciente, complicações ocorridas durante a sessão de hemodiálise e medicação para o paciente, se passassem a constar da ficha facilitariam e melhorariam o registro de informações do paciente.

Como a cada sessão pode mudar o médico ou enfermeira que preenche a ficha, havia problemas também quanto à maneira como cada um fazia as anotações, e era urgente uma padronização dos dados e da forma a serem preenchidos.

Em segundo lugar, tanto a programação do rim artificial quanto a conduta médica a ser seguida conforme histórico do paciente, são decididas pelo médico, na hora da sessão ou da consulta, ditadas mais pela experiência do que por padrões rígidos pré-definidos. Isto é devido, em parte, ao grande acúmulo de dados de cada paciente: o médico deve manusear uma grande massa de dados, e então decidir a conduta necessária.

Muitas vezes, variações nos exames ou dados do paciente, ainda não muito grande para serem detectados de sessão para sessão, passam desapercebidas, pelo médico. Se estes dados fossem considerados num maior período de tempo, muitos problemas para o paciente poderiam ser evitados. Porém, é praticamente impossível que a análise de tantas informações seja feita pelo médico - assim torna-se necessário um sistema de controle de dados e previsão de possíveis problemas.

2. O MODELO DO SISTEMA PROPOSTO

2.1. OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS

Os objetivos que se pretende alcançar com a implantação de um novo sistema são:

- Melhoria no atendimento dos pacientes, através de critérios mais rígidos de decisões; previsão e possível prevenção de problemas, através de uma análise do histórico do paciente e de um sistema de vigilância; melhor organização dos registros médicos; maior padronização dos registros médicos; obtenção de relatórios padronizados; respostas precisas quanto a: tempo de duração da sessão de hemodiálise, quantidade de líquido a retirar e composição da solução.

Se atingidos estes objetivos, isto se traduzirá pela melhoria da qualidade de vida do paciente, que é a meta fundamental a ser alcançada. Já que a doença é crônica, e que o tratamento se prolongará, em geral para sempre, então é primordial que ele seja feito da melhor maneira possível, para que o paciente não só sobreviva, mas que também tenha uma vida mais amena e normal.

Em termos de computação, os objetivos que se pretende alcançar são: eficácia, eficiência e economia, ou mais explicitamente, portabilidade, flexibilidade, implementabilidade, confiabilidade, robustez, aceitação, segurança, precisão e manutenção.

2.2. DESCRIÇÃO DO MODELO

O sistema é formado por oito subsistemas, independentes entre si. O usuário, através de um diálogo com um terminal, decide o subsistema que deseja usar e é instruído (pelo terminal) de como fazê-lo. Posteriormente, novos subsistemas poderão ser acrescentados a esta configuração.

Uma representação do modelo pode ser vista na figura 1 (Anexo 4).

A) USUÁRIO:

A classe de usuários do sistema é formada pelos médicos e enfermeiras da Unidade de Hemodiálise. Cada usuário deve ter um número de autorização, sem o qual não pode usar o sistema. O sistema foi planejado de modo a que o usuário não precise de instruções prévias sobre o seu uso. As informações exigidas, os formatos de entrada de dados, o modo de digitar dados no terminal já fazem parte de cada subsistema, e vão sendo transmitidos ao usuário à medida em que se tornam necessários.

B) INTERFACE:

A comunicação entre o usuário e o sistema é feita através de um terminal de vídeo. O sistema é, pois, um sistema em tempo real, do tipo pergunta-resposta, no qual o usuário entra com os dados via terminal. Este terminal deve ficar na sala da Unidade de Hemodiálise. A comunicação usuário/sistema se dá do seguinte modo: o usuário chama o sistema e apresenta seu código. Se estiver autorizado a usar o sistema, então lhe são apresentados os subsistemas que podem ser chamados. O usuário então escolhe o que desejar. Depois do encerramento deste subsistema, ele pode encerrar a consulta ou requisitar novo subsistema. E assim sucessivamente, até que o usuário deseje finalizar seu trabalho.

C) CRÍTICA DE DADOS:

Para que não entrem informações erradas no sistema, quer por engano na hora do usuário digitar o dado, quer por erro no próprio valor da informação, foi feita uma rotina de crítica de dados. Esta rotina, em primeiro lugar, testa se um certo dado de entrada está dentro de limites previstos. Se o dado for imcompatível, o sistema envia uma mensagem ao usuário de que o dado está errado e para que entre um novo valor. Porém, mesmo quando o dado de entrada está dentro dos limites definidos, o sistema antes de armazená-lo oferece ao usuário a opção de retificar ou não o dado que entrou. Isto se tornou necessário porque não existem meios, para este sistema, de "apagar" uma informação via teclado.

Assim, para cada dado de entrada, o sistema realiza duas operações, antes de processá-los: testa sua validade e pede a confirmação do usuário.

D) OS SUBSISTEMAS

Os oito subsistemas já citados serão descritos na seção 2.3. A ação de um subsistema consiste em acessar rotinas da Base de Rotinas de Acesso e/ou da Base de Rotinas de Análise.

E) ZONAS DE TRABALHO

As rotinas da Base de Rotinas de acesso e da Base de Rotinas de Análise, durante a ação de um subsistema utilizam uma área - a Zona de Trabalho - para armazenar valores ou fazer cálculos. Esta área é usada para informações que são provisórias, isto é, que são usadas apenas para um certo subsistema e que podem ser apagadas depois. Quando algumas destas informações necessitam ser gravadas num arquivo permanente de dados, é chamada uma rotina da Base de Rotinas de Acesso para fazê-lo.

F) BASE DE ROTINAS DE ACESSO

A Base de Rotinas de Acesso é formada por um conjunto de rotinas que manuseiam as informações da Base de Dados. Estas rotinas, acessadas pelos subsistemas, podem ler informações da Base de Dados, alterá-las e gravar novos dados. Podem também acessar e alterar informações da Zona de Trabalho. Em outras palavras, são as rotinas encarregadas de administrar os arquivos de dados. A configuração do sistema permite que novas rotinas de acesso sejam acrescentadas à atual Base de Rotinas de Acesso.

G) BASE DE ROTINAS DE ANÁLISE

A Base de Rotinas de Análise é formada por um conjunto de rotinas que analisam os dados acessados mas não podem alterá-los. São acessadas pelos subsistemas e podem ler as informações da Base de Dados, mas o cálculo e processamento destes dados só podem ser feitos na Zona de Trabalho. Não é permitido a elas fazer gravação de dados nos arquivos. A base de Rotinas de Análise poderá posteriormente ser ampliada.

H) BASE DE DADOS

A Base de Dados é constituída pelas tabelas usadas pelo sistema (que ficam na memória principal do mesmo) e pelos arquivos com as informações dos pacientes (em disco). As informações contidas na Base de Dados podem ser acessadas por uma Rotina de Acesso ou por uma Rotina de Análise, porém só podem ser alteradas pela primeira.

Os arquivos são os seguintes:

TABN - Tabela de nomes: contém código e nome dos pacientes
ARQX - Contém os dados fixos dos pacientes
ARQY - Contém os dados de sessão de hemodiálise dos pacientes
ARQZ - Contém os dados de laboratório dos pacientes.

2.3. OS SUBSISTEMAS

SUBØ1 - SUBSISTEMA DE CONTROLE DE SESSÃO DE HEMODIÁLISE.

Este subsistema é usado a cada sessão de hemodiálise de um paciente. Em média são feitas três sessões semanais por paciente.

A ficha 1, usada para anotar os dados de uma sessão foi substituída por uma nova ficha (Ficha 3) (vide Anexo 3) , mais completa e de forma mais organizada, para suprir as falhas da antiga.

Os dados pré-sessão são pedidos ao usuário pelo sistema. O usuário entra com os dados por terminal, à medida em que são solicitados pelo sistema, que faz a crítica dos mesmos e os armazena.

Com estes novos dados, com os dados anteriores do paciente e ainda com novas respostas dadas pelo usuário (tais como se o paciente é pós-operatório, número de sessões semanais de diálise, necessidade de mudar o valor do peso ideal para o paciente, existência de fatores individuais do paciente), o sistema deve apresentar respostas para as questões (sujeitas a alterações pelo médico): tempo de duração da sessão de diálise ; quantidade de líquido a retirar do paciente; composição da solução de diálise.

A partir destas respostas, o rim artificial deve ser programado e ligado ao paciente.

SUBØ2 - SUBSISTEMA DE ESTUDO DA EVOLUÇÃO E VIGILÂNCIA DO PACIENTE.

Este subsistema é usado antes de cada consulta do paciente (em geral, mensal), ou quando o médico desejar. O usuário entra com o nome do paciente e com a data do dia, e o subsistema faz uma análise dos dados de sessão de hemodiálise do período de um mês e dos dados de laboratório do período de seis meses, do paciente. A resposta deste subsistema é um relatório com os dados principais do paciente, variações na medicação, médias e estatísticas de pesos, pressão arterial, freqüência cardíaca, sintomas ocorridos entre diálises, atividades praticadas, complicações durante as diálises, últimos exames de laboratório e médias sobre os mesmos. Além disso, há um sistema de vigilância, onde são listadas todas as ocorrências de anormalidades com o paciente que possam resultar em problemas futuros, como por exemplo: aumento ou diminuição de peso, possibilidades de hipertensão, anemia, hipercalcemia, hipocalcemia, hiperfostatemia, hipofosfatemia, osteodestrofia, calcificação metástica, e ainda sintomas do intervalo entre diálises e complicações durante as sessões que ocorrem em mais de 50% das vezes. Há também uma recomendação quanto à data da próxima consulta.

SUBØ3 - SUBSISTEMA DE RELATÓRIOS

O usuário entra com o tipo de relatório que deseja e obtém a resposta impressa em papel. Os tipos de relatórios pla

nejados são: relatório de avaliação da Unidade de Hemodiálise , relatório com os números de registros de um paciente, relatório com registros de um paciente.

SUBØ4 - SUBSISTEMA DE INCLUSÃO DE NOVO PACIENTE

Tendo como entrada o nome do novo paciente, este subsistema aloca espaço na Base de Dados para o mesmo. Insere o nome do paciente em TABN, atribuindo-lhe um código numérico, e reserva em ARQX um registro para o mesmo. Em seguida aloca um registro de ARQY e ARQZ conforme se desejar incluir dados de sessão ou de laboratório.

SUBØ5 - SUBSISTEMA DE DELEÇÃO DE DADOS

Este subsistema será usado em dois casos: Quando o tratamento de um paciente for encerrado e se entrarem dados errados, para anular o último registro gravado (deleção por marcação).

SUBØ6 - SUBSISTEMA DE REORGANIZAÇÃO DE ARQUIVOS

Este subsistema será usado em dois casos: quando, devido à deleção de muitos dados, desejar-se reorganizar os arquivos; e quando, no final de um ano, desejar-se transferir os dados do primeiro semestre para outro dispositivo de armazenamento.

SUBØ7 - SUBSISTEMA DE EXAMES DE LABORATÓRIO

Este subsistema é responsável pelo armazenamento dos dados de exames de laboratório. O usuário digita os dados por terminal à medida em que vão sendo solicitados pelo sistema, que os confere e os armazena no arquivo ARQZ.

SUBØ8 - SUBSISTEMA PÓS-SESSÃO DE HEMODIÁLISE

Este subsistema é usado no final de cada sessão de Hemodiálise de um paciente, para registrar as ocorrências havidas durante a sessão, bem como os dados do paciente, após a mesma. Através de um diálogo com o terminal, o usuário entra com os seguintes dados: nome do paciente, complicações durante a sessão, peso, freqüência cardíaca e pressão arterial (sentado e em pé). O sistema, então, apresenta a medicação para o paciente, sujeita a alterações pelo médico.

3. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO SISTEMA

3.1. RECURSOS UTILIZADOS

Um dos objetivos do presente trabalho era implementar um sistema de tal porte usando os limitados recursos de um mini-computador. Assim, utilizou-se um computador HP2100S com os seguintes periféricos: leitora de cartões 2892A, impressora 2614A, terminal de vídeo 2640A, unidade de leitura e gravação de fita

cassete, unidades de disco 7900A e 7901A. A capacidade de memória principal é de 24 K palavras (48 K bytes). Cada subcanal de disco contém 200 trilhas utilizáveis e cada setor contém 128 palavras (1 trilha tendo 115 ou 230 setores, conforme a configuração).

A linguagem usada foi FORTRAN, visando uma maior portabilidade do sistema. Usou-se o EFMP (DOS-III Extended File Management Package), um "software" que estende as capacidades de manuseio do sistema operacional.

Como a quantidade de memória principal requerida era maior que a disponível, foi necessário organizar-se uma estrutura de "overlay" - criou-se 11 segmentos de memória (e um programa principal). Os segmentos ficam armazenados no disco e são trazidos para a memória principal quando necessário. Quando um segmento é lido para a memória, ele se sobrepõe ao que ali estava previamente. Foram programados desvios do segmento para o programa principal e vice-versa, e chamadas de um segmento por outro.

O desenvolvimento do sistema passou pelas seguintes fases: reconhecimento do problema; análise do sistema; identificação do problema e projeto da solução. A fase de reconhecimento do problema ocorreu quando sentiu-se a necessidade de um controle mais rígido quanto a armazenamento de dados dos pacientes, a decisões sobre regulagem do rim artifical e, principalmente, à necessidade de um sistema de detecção de possíveis problemas com o paciente. Havia também dificuldade, por parte dos médicos, em lidar com tão grande massa de dados de um paciente. Na fase de Análise do Sistema o antigo sistema foi estudado em termos de relações com o ambiente, objetivos, funções básicas, recursos; componentes, processos e sua relações; e as variações do sistema, crescimento e adaptação. Na fase de identificação do problema chegou-se à conclusão de que um novo sistema deveria ser projetado, pois os principais problemas detectados não poderiam ser resolvidos dentro do sistema antigo. O projeto do sistema proposto foi desenvolvido passando pelas seguintes fases: determinação das necessidades do usuário; coleta de informações; determinação de dados, quantitativos necessários e projeto das estruturas lógicas e físicas.

3.2. ESTRUTURAS DE DADOS

a) TABN - cada registro contém 21 palavras: uma para o código do paciente e as demais para o nome. O código coincide com o índice do registro. O arquivo é pois do tipo serial, isto é, os registros são armazenados em posições consecutivas de acordo com o código. O acesso é também serial: vai-se percorrendo o arquivo na ordem física dos registros até encontrar o desejado. Quando o arquivo é criado, os códigos já são colocados nos respectivos registros. A cada vez que um novo paciente entre no sistema, o primeito registro disponível é preenchimento com o nome do mesmo. Quando um paciente deixa de pertencer ao sistema, seu registro é branqueado, porém o código é mantido.

b) ARQX - possui um registro para cada paciente que consta em TABN e com 88 palavras cada um. Cada registro contém: código do paciente; informações atualizáveis (só interessa o valor mais atual): peso ideal, composição da solução de diálise e data da última consulta; contadores para: sintomas de intervalo entre diálises, atividades praticadas e complicações na diálise; 5 apontadores: PX1, para indicar se o registro está livre; PX2, para o primeiro registro de ARQY do paciente; PX3, para o último registro de ARQY do paciente; PX4, para o primeiro registro de ARQZ do paciente; PX5, para o último registro de ARQZ do paciente. A organização é auto-indexada - a chave de identificação do registro é o endereço de armazenamento. O acesso é feito por endereçamento direto (pelo código do paciente). Quando o arquivo é criado, os códigos já passam a fazer parte do respectivo registro. Quando um registro de TABN é ocupado, o registro de código correspondente em ARQX também é alocado. Para deletar o registro, este é zerado, mas o código é mantido.

c) ARQY - possui 4.000 registros, cada um com 110 palavras (para informações no período de um ano). Cada registro representa uma sessão de hemodiálise de um paciente e contém os seguintes dados: dados pré-sessão de diálise (obtidos por SUBØ1); respostas obtidas pelo sistema (obtidas por SUBØ1); dados pós-sessão (obtidos pro SUBØ8); 3 apontadores: PY1, para o próximo registro de ARQY do mesmo paciente; PY2, para o registro de ARQY anterior do paciente; e PY3, para invalidar o registro no caso de deleção.

Quando, no início da sessão de diálise, o usuário solicita o uso de SUBØ1, o sistema consulta o registro de ARQZ do paciente (posição PX3) para ter o último registro de ARQY ocupado, deste paciente. Acessa, então, no espaço disponível de ARQY o primeiro registro livre, encadeando-o na lista de registros de ARQY do paciente e atualizando PX3, PY2 do novo registro e PY1 do registro anterior do paciente.

Quando da chamada de SUBØ8, pesquisa-se em ARQY no registro do paciente para obter-se o endereço do registro onde foram armazenados os dados de início da sessão.

Assim, ARQY apresenta uma estrutura duplamente encadeada, através de apontadores relativos. O primeiro registro de ARQY é usado como apontador do espaço disponível ("header") do arquivo, isto é, conterá o endereço do primeiro registro disponível. Para inserir-se um registro basta consultar o "header" e ir diretamente ao registro disponível. Para deletar um registro ou cadeia usa-se deleção por marcação (marca-se PY3). O acesso a uma informação pode ser feito diretamente quando se obtém seu endereço, ou percorrendo-se a cadeia no sentido crescente ou decrescente dos apontadores.

Este tipo de estrutura foi necessário porque todos os dados de um paciente deveriam estar relacionados entre si. Além disso tinha que ser bastante flexível pois não há critérios de

ordem para entrada de informações de pacientes e o número de registros por paciente, assim como o número de pacientes em tratamento, são variáveis.

d) ARQZ - contém 600 registros, cada um com 30 palavras. Cada registro representa uma sessão de exames de laboratório de um paciente e contém: dados de laboratório (obtidos por SUBØ7 - constam na ficha 2 - anexo 2); 3 apontadores: PZ1, para o próximo registro de ARQZ do paciente; PZ2, para o registro de ARQZ anterior do paciente; PZ3, para invalidar o registro em caso de deleção. A estrutura e os tipos de acesso a ARQZ são análagos aos vistos para ARQY, bem como o tratamento de inclusões e deleções.

3.3. SEGURANÇA E CONTROLES NO SISTEMA

Para um controle das informações que entram no sistema foram previstos dois procedimentos: a) cada dado digitado pelo usuário, antes de ser armazenado ou processado, deve ser confirmado ou alterado pelo usuário; b) foi implementada uma rotina de crítica de dados, que verifica se um dado que entra está dentro dos limites previstos e, caso não esteja, envia uma mensagem de erro e pedido de novo valor.

Controles de processamento foram permitidos pelo uso do EFMP, que atribui rótulos internos e códigos de segurança para os arquivos, os quais são exigidos a cada operação com os mesmos arquivos. Além disso, cada usuário tem um número de autorização para usar o sistema, que é pedido e testado logo que o sistema entra no ar, e sem o qual a atividade do sistema é encerrada. Para segurança do sistema, planejou-se fazer periodicamente duplicações dos arquivos.

3.4. OS PROGRAMAS COMPONENTES DO SISTEMA

a) CRIAC - Faz a criação dos arquivos de dados e a definição da área usada pelo EFMP.

b) INED - cria os códigos que constarão de TABN e ARQX, e inicializa os espaços disponíveis de ARQY e ARQZ.

c) HDL - é o único acessível ao usuário. Deve ser chamado pelo usuário pelo comando: : RUN, HDL, N onde N é o tempo máximo em minutos que o sistema permanecerá no ar.

Sua ação pode ser vista na figura 2 (Anexo 5).

4. ANÁLISE DOS OBJETIVOS ATINGIDOS

Em primeiro lugar, havia a impossibilidade de os médicos analisarem eficientemente e em pouco tempo a grande quantidade de informações do paciente. O sistema implementado faz isto com rapidez e ainda baseado em rígidos critérios. Além disso, o sistema de computação impõe uma padronização no armazenamento

dos dados - o que já se tornara uma necessidade fundamental - e torna muito mais fácil a obtenção de relatórios e avaliações sobre os pacientes. As respostas fornecidas pelo sistema para a regulagem do rim artificial também se baseiam em critérios mais rígidos, mas não deixando de considerar a experiência médica no assunto. Porém, a principal vantagem do sistema é que a previsão de possíveis problemas com o paciente e a melhoria no atendimento ao mesmo se refletem numa melhoria da qualidade de vida do paciente. O objetivo de todo o tratamento de hemodiálise não é apenas a sobrevivência do paciente mas também uma vida melhor para o mesmo.

Em termos de computação, pode-se considerar que os seguintes objetivos foram atingidos: Eficácia: o sistema produz os resultados requeridos - decisões para regulagem do rim artificial, análise do histórico do paciente, sistema de vigilância, etc. Eficiência: aqui deve-se considerar que o sistema foi implementado num mini-computador, e que usou recursos como segmentação de memória. Além disso, os tempos de respostas são pequenos. Economia. Portabilidade: o sistema foi implementado na linguagem FORTRAN, que existe em, praticamente, todos os tipos de máquina, e com poucas variações. Flexibilidade: a configuração do sistema (subsistemas independentes, segmentos independentes, etc.) permite que o sistema seja ampliado com o acréscimo de novos subsistemas e de novas aplicações. Implementabilidade: o usuário pode facilmente por o sistema no ar. Além disso, o usuário não precisa de instruções prévias sobre o uso do sistema. Confiabilidade: as respostas obtidas têm sido as esperadas. Além disso, há também confiabilidade nas informações gravadas: são conferidas pelo sistema e confirmadas pelo usuário. Robustez: o volume de dados pode ser variável. Aceitação: os usuários mostram-se entusiasmados com o sistema proposto. Segurança: serão feitas cópias periódicas dos arquivos. Precisão: as respostas são obtidas através de critérios rígidos pré-definidos. Manutenção: devido à independência entre rotinas, subsistemas, etc., torna-se fácil a correção de falhas no sistema.

Outro aspecto a considerar do sistema é que devido à independência entre subsistemas, estes podem ser acessados em qualquer ordem, por qualquer número de vezes e também para pacientes alternados.

As estruturas de dados foram projetadas de modo a apresentarem as seguintes características: partilhamento de dados comuns entre os diversos subsistemas, isto é, os dados são armazenados de maneira centralizada, sem redundância, independentes do tipo de utilização: facilidade de consulta; facilidade de manutenção; simplicidade para implantação de novas aplicações; flexibilidade na aceitação de mudanças de equipamento.

ANEXO 1 — F I C H A 1

NOME

DIÁLISE Nº | DATA

HORA:
NaCl g
Acetato g
Glicose g
KCl g
Mg Cl2 g
CaCl2 g
Ác.láctico gt
100 litros

HORA
NaCl g
Acetato g
Glicose g
KCl g
MgCl2 g
CaCl2 g
Ácido lácт. gt
litros

HORA	PA	F.C.	T.Ax.

HORA	Fluxo	P.V.

HORA	HEPAR.

ESPIRAL | USO Nº

DURAÇÃO | Nº DE GIROS

PESO INICIAL | PESO FINAL

F.C. INICIAL | F.C. FINAL

P.A. INICIAL | P.A. FINAL S D

OBSERVAÇÕES

ANEXO 2 — F I C H A 2

NOME

UNIDADE DE HEMODIÁLISE - I.C. — F.U.C.

DATA										
TEMPO APÓS DIÁLISE										
URÉIA										
CREATININA										
SÓDIO										
POTÁSSIO										
CLORO										
CO_2										
CÁLCIO										
FÓSFORO										
FOSFAT.ALC.										
ÁC-ÚRICO										
HEMATÓCRITO										
HEMOGLOBINA										
LEUCÓCITOS										
MAGNÉSIO										

ANEXO 3 - F I C H A 3

IC-FUC UNIDADE DE HEMODIÁLISE

data	nome

diálise nº
dialisador
uso nº
duração

	PRÉ	PÓS
peso		
F.C.		
P.A.sent.		
P.A. em pé		

NaCl
Acetato
Glicose
KCl
MgCl2
CaCl2
NaOH
Ác.láctico /1001

hora	P.A.	FC	T.Ax.	Fluxo	P.V.	hepar.	observações

SINTOMAS DO INTERVALO: 1.anorexia 2.naúseas 3.vômitos 4.diarréia 5.constipação 6.prurido 7.cefaléia 8.tontura 9.tosse 10.palpitações 11.dispnéia/exercício 12.dispnéia/repouso 13.febre 14.calafrios 15.fraqueza 16.dificuldade para caminhar 17.parestesias 18.sangramento 19.problemas com a fístula 20.menstruação 21.depressão 22.disúria 23.dor torácica 24.dor articular 25.dor óssea 26.outra dor;onde?_____ 27.outro problema:_____

ATIVIDADE: 1.trabalhando/integral 2.trabalhando/parcial 3.aposentado 4.em benefício 5.férias

COMPLICAÇÕES DURANTE A DIÁLISE: 1.agitação 2.angina 3.taquicardia 4.bradicardia 5.extrassístoles 6.sangramento/fístula 7.epistaxe 8.outro sangramento: _____ 9.dialisador furado 10.dor torácica 11.calafrios 12.febre 13.trombose do dialisador 14.confusão 15.câimbras 16.depressão 17.cefaléia 18.hipertensão 19.hipotensão 20.prurido 21.fístula:fluxo pobre 22.naúsea 23.vômito 24.separação da linha/da cânula 25.hemólise 26.convulsões.

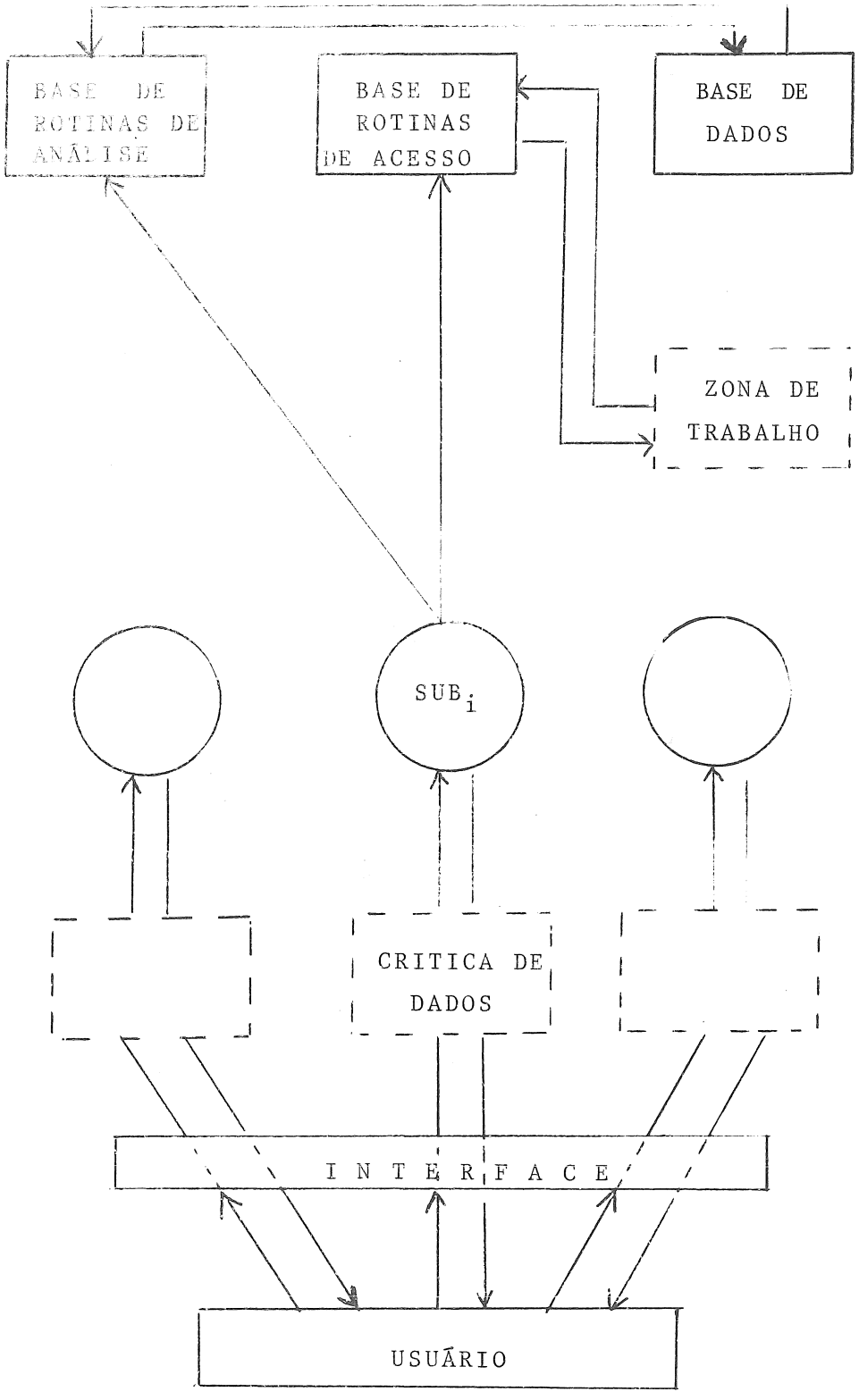
MEDICAÇÃO EM USO [a][B] a:período B.nº de comprimidos ou gramas

1.Pepsamar [ ][ ] 2.Unicap T [ ][ ] 3.Combiron [ ][ ] 4.Noripurum [ ][ ] 5.CaCO3 [ ][ ]

6.Vitam.D3 [ ][ ] 7.Durateston [ ][ ] 8.Atensina [ ][ ] 9.Aldomet [ ][ ] 10.Propran. [ ][ ]

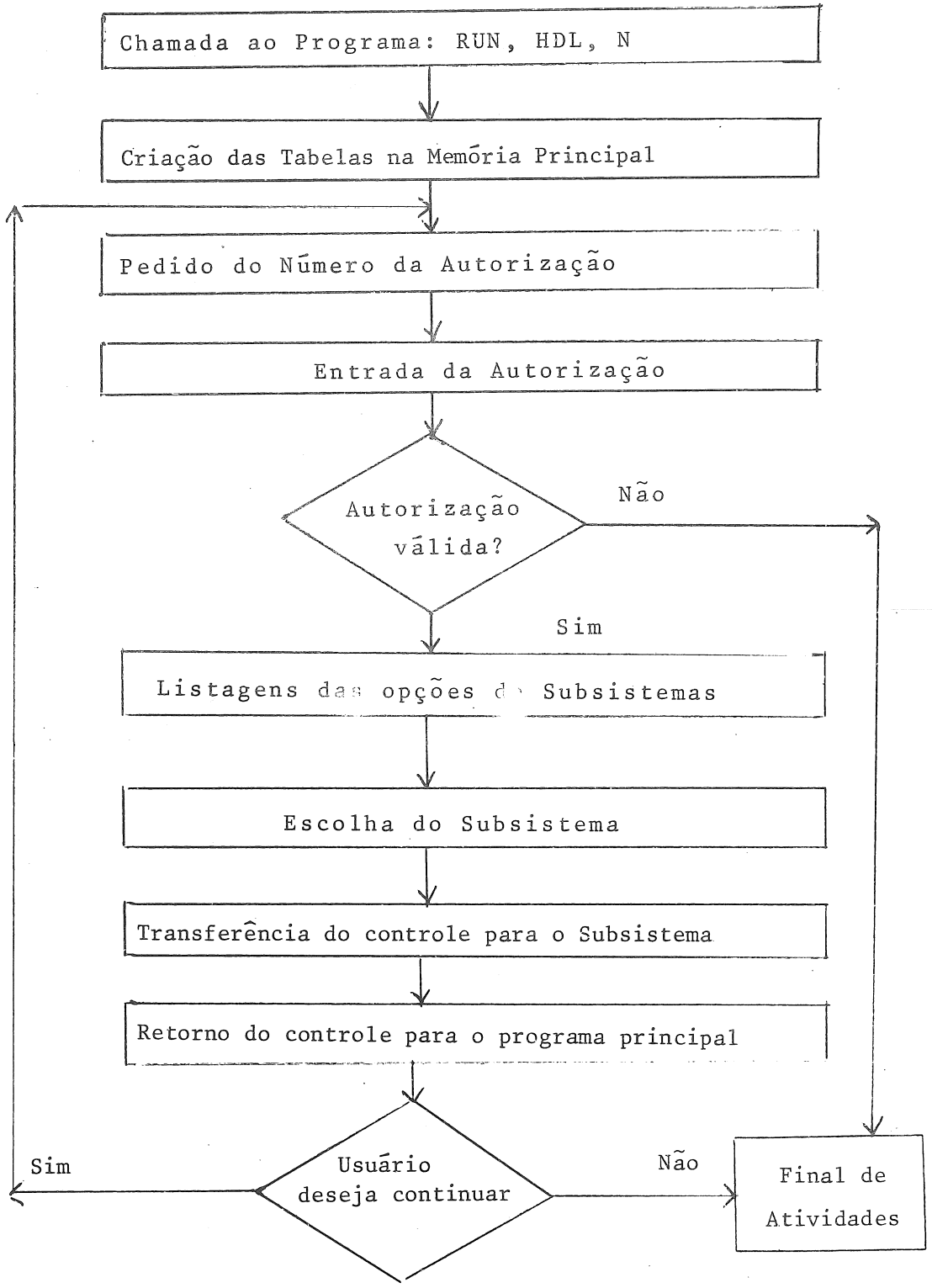
11.Digoxina [ ][ ] 12.Outros:

ANEXO 4 - Figura 1 - Modelo do Sistema



A N E X O 5

FIGURA 2 AÇÃO DO PROGRAMA HDL



BIBLIOGRAFIA

CHURCHMAN, C. West. Introdução à teoria dos sistemas. Rio de Janeiro, Editora Vozes, 1972.

CICONELLI, Maria Ignez & ALVARES, Lia Hoelz. O Trabalho da enfermeira da unidade de hemodiálise. Ribeirão Preto, USP, s. d.

D'AVILLA, Domingos O. et alii. Hemodiálise. Porto Alegre, Revista Pesquisa Médica, set/1972.

DIAS, Donaldo de Souza & GAZZANEO, Giasafatte. Projeto de sistemas de processamento de dados. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975.

DONOVAN, John J. Systems programming. Massachussets, McGraw Hill, 1972.

HEWLETT-PACKARD. Disc Operating System - DOS III Student Woork book. Ago/1973.

_____ . FORTRAN IV reference manual. Dez/1975.

_____ . HP24307 DOS III Disc Operating System. Reference Manual. Jan/1976.

_____ . Moving-Head Disc Operating System. Mar/1971.

INPE. Engenharia de Sistemas: Planejamento e Controle de Projetos. Rio de Janeiro, Editora Vozes, 1972.

KNUTH, Donald E. The art of computer programming. Massachussets, Addison-Wesley, 1973. vol.1

_____ . The art of computer programming. Massachussets, Addison-Wesley, 1973. vol.3.

LANGEFORS, Börge. Theorical analysis of information systems. Philadelfia, Auerbach, 1973.

MARTIN, James & NORMAN. Adrian R.D. Computer, Sociedade e Desenvolvimento. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1973.

SABANI, Claudia. Um sistema de computação para controle de uma unidade de hemodiálise. Porto Alegre, UFRGS, 1979.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

AUTOMATIZACION DE PROCESOS EN UN LABORATORIO DE INVESTIGACION Y APLICACIONES CLINICAS EN OTORRINOLARINGOLOGIA

Alberto Sendra Cardona
Centro Especial Ramón y Cajal.
Facultad de Informática. (Madrid)
Carretera de Colmenar Km 9, Madrid, España

Francisco Gomez Molinero
Facultad de Informática. (Madrid)

Francisco Antoli-Candela Cano
Centro Especial Ramón y Cajal. (Madrid).

A) OBJETIVO DEL TRABAJO. -

Se expone en el presente trabajo el aporte informático de un departamento de un centro hospitalario en el que se ha desarrollado un sistema informático que ha permitido la automatización y control de procesos utilizados en aplicaciones clínica y en investigación. Se describen algunas de estas aportaciones como resultados de una cooperación que estimamos muy conveniente entre la técnica en general y la informática por una parte y la medicina en sus vertientes clínica y de investigación por otra.

Los temas que vamos a tratar en el presente trabajo son un sistema de calibración para estimulación auditiva y un sistema para pruebas psicofisicas en observadores.

El trabajo se ha desarrollado en el Departamento de Otorrinolaringología del Centro Especial Ramón y Cajal de Madrid, en el laboratorio de investigación y en colaboración con profesorado de la Facultad de Informática de Madrid.

B) INTRODUCCION. -

Aunque en muchos campos de la Medicina es importante la aplicación de técnicas de tratamiento de señal, es la Otoneurología una de las áreas en donde su aplicación resulta más evidente.

Es en este campo donde la introducción del computador resulta de gran ayuda. Sin embargo, su uso ha requerido siempre un personal muy especializado por lo que ha quedado confinado con mucha frecuencia en los laboratorios de investigación.

En Otoneurología son imprescindibles técnicas muy cuidadosas para la obtención y tratamiento de señal. Por un lado, la necesidad de controlar minuciosamente todas las variables de experimentación, junto con la facilidad con que se introducen efectos no deseados hace difícil la aplicación de técnicas actuales en este campo. Esto es especialmente cierto en clínica, donde la rapidez y fiabilidad en la obtención de una prueba resulta de fundamental importancia.

Nosotros hemos desarrollado en este campo un sistema que trata de resolver estos problemas en la clínica diaria de Otoneurología. Son tres las aportaciones principales:

1) Sistema de calibración auditiva.- Las pruebas realizadas a diario sobre pacientes deben garantizar una invariabilidad en las condiciones de estimulación. Se hace pues necesario calibrar con mucha frecuencia los aparatos empleados. El sistema desarrollado por nosotros permite:

- Calibración automática del sistema de estimulación realizada por el computador.

- Obtención y almacenamiento de los resultados de forma automática.

- Corrección automática de las pruebas según los resultados de esta calibración.

En cuanto al segundo tema, la finalidad primaria es la determinación de umbrales auditivos con gran precisión y con mínima influencia de factores subjetivos especialmente en el observador, que según su estado anímico o condicionantes exteriores puede variar su umbral. El método empleado se puede utilizar para otros campos en que se pretenda obtener resultados de decisiones de un observador sobre un determinado nivel sensorial con minimización de factores subjetivos.

La aplicación descrita se centra en la determinación de umbrales auditivos, pero se va a incidir posteriormente en los procesos de discrimación de mínimos cambios de intensidad sonora en diferentes frecuencias. El método utilizado es el NATFC (N alternate temporal forced choice) y consiste en la presentación de N espacios temporales al observador, en los que en uno de ellos se le envia la señal a detectar y en los otros no, debiendo decidir el observador en cual había señal. En esta aplicación hemos utilizado el método 2 ATFC en el que se presentan al observador dos intervalos indicados por dos luces rojas y después mediante una luz verde se pide al observador

que accione el pulsador correspondiente al intervalo en que cree haber percibido la señal. El sistema fisico está diseñado para utilizar hasta 6 intervalos pudiendo seleccionar el número que se desee, pero en la presente aplicación se han utilizado dos intervalos. Mediante el cálculo de respuestas - acertadas con unos parámetros que puede introducir el experimentador y - unos sistemas de decisión automáticos se obtienen umbrales auditivos y trazados de curvas ROC de gran utilidad en psicoacústica.

C) DESARROLLO DEL TRABAJO. -

Sistema de calibración. -

La calibración se realiza de acuerdo con el diagrama de la figura nº 1. Las magnitudes que se trata de calibrar con este sistema son:

La intensidad de la presión sonora producida por los auriculares B & K, en función de la frecuencia.

El desfase experimentado por la señal que alimenta los auriculares al cambiar la frecuencia de entrada; es decir, se trata de obtener la respuesta con la frecuencia en amplitud y fase del sistema empleado. Se describen someramente los elementos de la cadena de calibración.

El sintetizador de frecuencia HP-3330B se programa para dar la frecuencia adecuada en cada caso para excitar el auricular por medio de un amplificador de potencia. En un recinto cerrado diseñado a tal fin se acopla el auricular y el microfono, cuya salida se mide en el multimetro Fluke 8600A de donde es leido por la unidad de entrada digital en el PDP/8.

La fase se determina en forma digital usando el reloj programable del computador. El montaje permite la obtención de la curva de respuesta con la frecuencia del sistema en amplitud y fase. Las medidas se realizan alrededor de la banda de audio (5 Hz - 40 KHz). Se realiza un barrido automático de frecuencia (generalmente logarítmico) con toma de datos en unos 100 puntos de la banda. La calibración termina en unos 15 minutos, se realiza diariamente al principio de la jornada.

Las precisiones obtenidas son las siguientes:

- Calibración en amplitud: se determina con un error menor de 0.1 dB en toda la banda.

- Calibración en fase: se determina la fase con un error máximo de 1º sexageximal.

Una calibración tan precisa es necesaria en nuestro sistema. Esto es debido a las pruebas que se realizan (discriminación de variaciones de inten

sidad, medidas de discriminación de fase, ...). Precisamente, el software desarrollado tiene como misión principal la de obtener estos niveles de precisión con las prestaciones limitadas de los instrumentos empleados.

Sistema para experimentación psicofísica. -

En la fig. 2 se presenta esquemáticamente este sistema. Esencialmente consta del controlador del proceso (PDP-8), generador de pulsos programable, generador sinusoidal programable (HP-3330B), atenuadores programables (HP-355E,F) con interfase, puerta conformadora (GSC 1287B), disparador en fase, amplificador de potencia, auriculares (TDH 49) y consola del observador.

El generador de pulsos, disparador en fase, interfase de atenuadores, amplificador de potencia y consola del observador han sido diseñados y construidos en nuestro laboratorio.

El sistema está diseñado para poder utilizar hasta 6 ATFC pero el presente trabajo está orientado, utilizando el método 2 ATFC, es decir se le presentan al observador dos intervalos y éste tiene que decidir en cual de los dos estaba la señal. El estímulo acústico puede ser de dos tipos: tonal y clicks. En estimulación tonal se realiza un barrido de frecuencias con 500 Hz, 1 KHz, 2 KHz, 4 KHz, 8 KHz hallandose el umbral en cada tono. La estimulación se hace con golpes de tono de duración 500 ms. y tiempos de ascenso y descenso regulables. En estimulación con clicks se genera un tren de pulsos de duración 500 ms. y frecuencia 10/s.

El trabajo está centrado en la descripción del programa que conduce toda la experimentación gobernando al generador de pulsos, atenuadores programables, generador sinusoidal, disparador en fase y consola, y que se ocupa de analizar respuestas, implementar métodos de decisión y en resumen automatizar toda la experimentación.

Está estructurado en forma de programa principal con llamadas a subrutinas y módulos de programa.

A efectos de notación se describen los siguientes conceptos:

Intervalo: Tiempo de presentación al observador de la información en 2 ATFC habrá dos intervalos 1º y 2º.

Modulo: Describe si la información contiene señal (módulo 1) o si no contiene señal (módulo 2)

Prueba: Conjunto de intervalos al cabo de los cuales, el observador tiene que tomar una decisión.

Bloque: Conjunto de pruebas al cabo de las cuales el programa calcula los aciertos.

El programa empieza con una inicialización general y lectura de parámetros tales como nº de pruebas, prueba tonal o con clicks, % de respuestas correctas para aceptar un determinado bloque como audición positiva, intensidad de comienzo y método de decisión y cálculo del nivel umbral. Después de un retraso de 1 segundo que se describe posteriormente, se pasa a la subrutina Random que indica si en el 1º intervalo se manda el módulo 1 y en el 2º intervalo el módulo 2 o al revés; ésto permite que la aparición de señal en el 1º y 2º intervalo sea aleatoria.

Cuando se elige el módulo 1 se llama a la subrutina ATEN que es la que se encarga de poner la atenuación requerida en los atenuadores programables, mediante el uso de la unidad de entrada/salida y la interfase correspondiente. En el caso de experimentación tonal se salta a MT1 que se encarga de mandar pulsos para control de luces de la consola del observador y pulsos para la generación de los golpes de tono. La generación de los golpes de tono se efectua mediante un generador de frecuencia HP-33 30B) programable y una puerta que conforma el golpe de tono con pendientes variables, que a su vez está gobernada con un hardware diseñado a tal efecto para producir golpes de tono en fase, en cualquier instante. El hardware diseñado constituye la interfase con la unidad de entrada/salida del PDP-8. La duración del golpe de tono es controlada por el reloj, así como los tiempos anterior y posterior al mismo. En el caso de experimentación con clicks se salta a M1 que se encarga de generar la secuencia de pulsos que constituyen los clicks de estimulación. La creación de estos pulsos se lleva a cabo con el generador de pulsos diseñado al efecto que es gobernado mediante la unidad de entrada/salida del PDP-8. El nº de pulsos, frecuencia y distribución dentro del intervalo es controlado por el reloj del computador.

Cuando se elige el módulo 2 se salta a M2, que tiene por misión mandar los pulsos para la información luminosa de la consola del observador y controlar mediante el reloj la duración del intervalo.

Al terminar el 1º intervalo se incrementa el contador de intervalos y se llama a DES que tiene por misión producir un retraso de 500 ms. controlado por el reloj a fin de dejar un espacio entre intervalos y después se pasa al 2º intervalo en el que se enviará el módulo 1 o el módulo 2 según el que se envió anteriormente.

Cuando se han enviado los dos intervalos se llama a ARESP que mediante un pulso acciona la luz de respuesta y espera a que el observador accione un pulsador, investigando cual es el pulsador accionado y mediante comparación con la información de envio de módulo se contabiliza el número de aciertos. La respuesta del observador se lee mediante la uni

dad de E-S. Se incrementa el contador de pruebas y si no se ha llegado al final del bloque empieza otra prueba, esperando antes durante 1 segundo a fin de separar la acción del pulsador con la información luminosa del primer intervalo. Si se ha llegado al final del bloque se escribe la atenuación y el % de aciertos y se inicializa de nuevo el bloque. Se pasa después al sistema de decisión elegido al principio del programa y que está en forma de subrutina, de forma que este sistema de decisión determina si se ha llegado al nivel umbral o no. En este programa se tiene opción a tres sistemas de decisión de los cuales el más utilizado es el PEST basado en la técnica de test psicofisico por procedimiento adaptativo descrita por M.M. Taylor y C. Douglas Creelman (J.A.S.A., Vol. 41, Nº 4, 1967).

Si el criterio de decisión dice que no se ha llegado al umbral, se empieza otro bloque de pruebas y si se ha llegado se escribe el umbral. Si se usa experimentación tonal se escribe también la frecuencia y a continuación se dobla la frecuencia y si no se ha llegado a 16 KHz se empieza el proceso para hallar el umbral a la frecuencia siguiente. Si se usa experimentación de clicks o si en tonal se ha llegado a 16 KHz se termina el proceso, pudiendo continuar con otros parámetros o terminar.

D) CONCLUSIONES.-

La obtención diaria de los resultados de calibración del sistema permiten corregir las variaciones introducidas con el sistema de estimulación. La ventaja de observarlos de forma automática y poder guardar los resultados junto con las pruebas del día, introduce un nuevo factor de ayuda a la objetivización de la prueba.

En el sistema de experimentación psicofísica se obtuvieron umbrales auditivos con una mejora media de 5 dB con relación a los método clásicos y se comprobó la reproducibilidad de dichos umbrales, repitiendo las pruebas en un individuo en días diferentes, con lo que se da un paso en la objetivación de estas pruebas sometidas a criterios subjetivos por parte del experimentador y a influencias extrasensoriales propias de cada individuo como el conservadurismo en las respuestas que se da en muchos observadores independientemente de su umbral sensorial. El tiempo medio requerido para una exploración con 10 pruebas, límite de % de aciertos 90 % y observador normal con estimulación de click es 7 minutos.

E) BIBLIOGRAFIA.-

- Brüel & Kjaer. "Condenser microphones and microphone preamplifiers. Theory and Application Handbook".

- James Jerger. "Modern Developments in Audiology". Academic Press, 1973.

- Green and Swets. "Signal Detection Theory and Psychophysics". Jhon Wiley and Sons. 1974.

- A. Papoulis. "Probability, Random variables and Stochastic Processes Mc Graw-Hill. 1965.

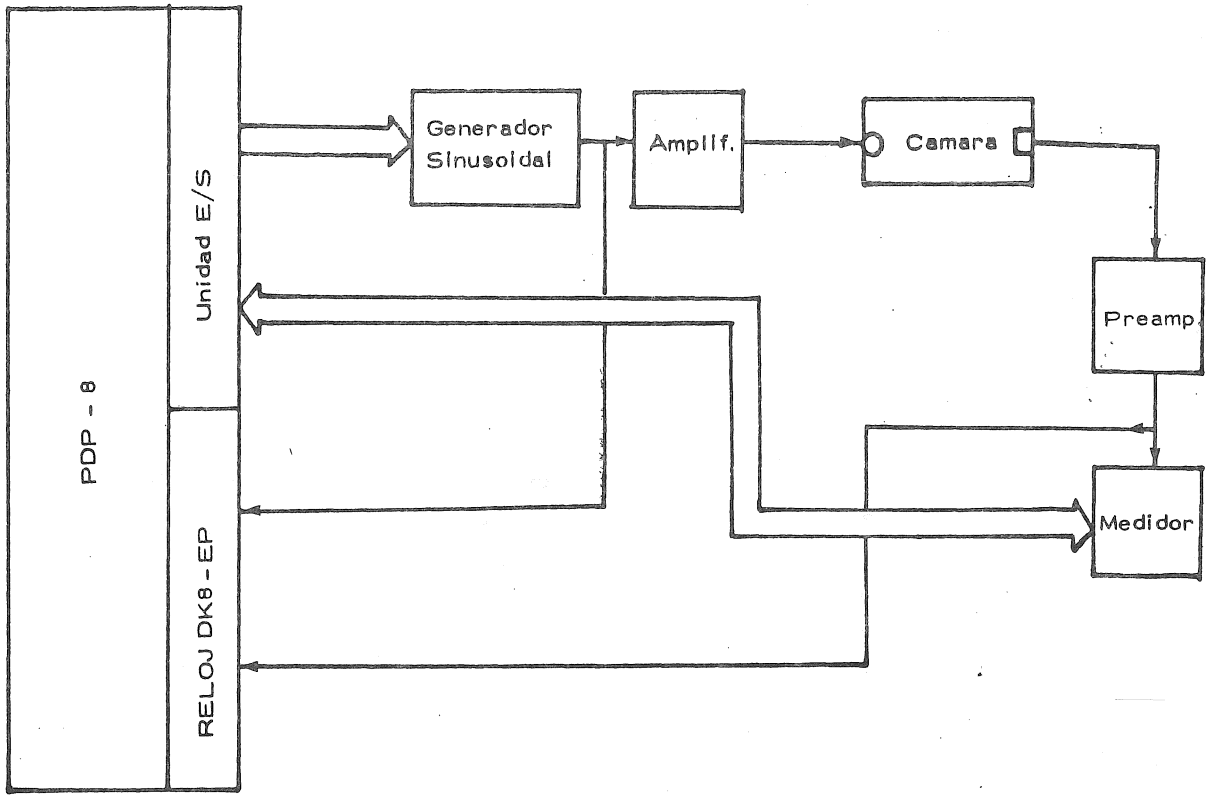
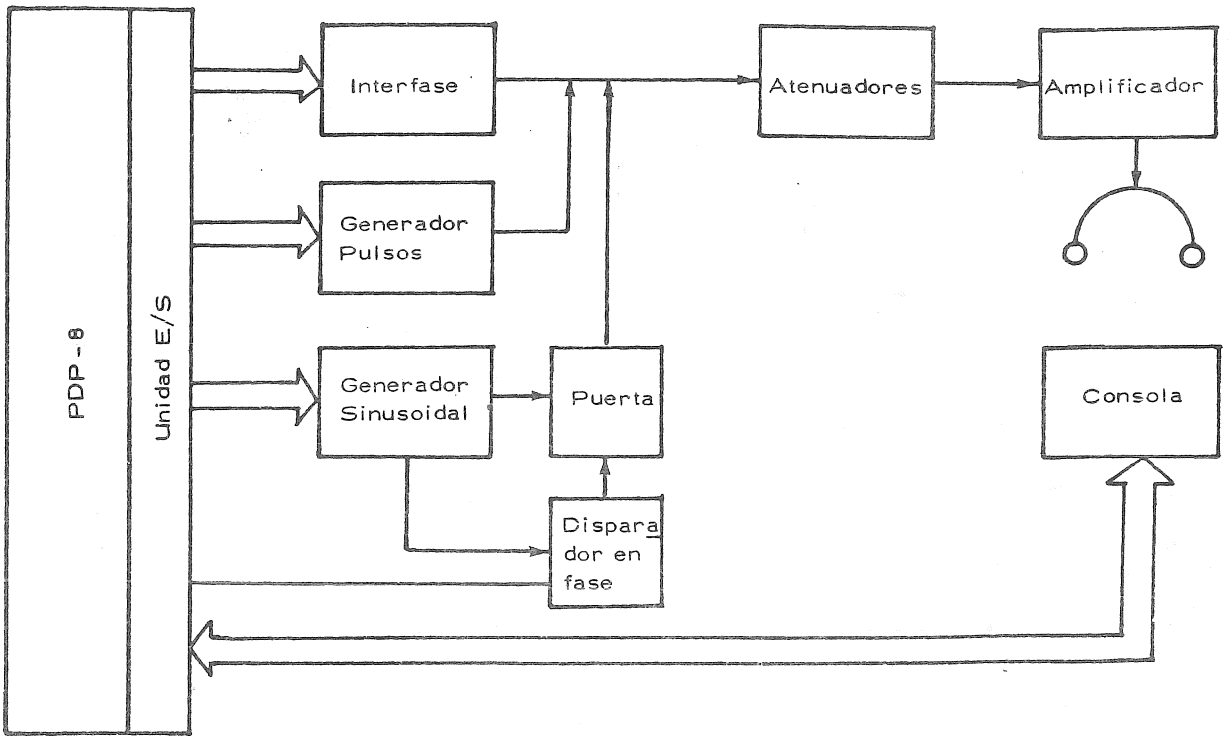
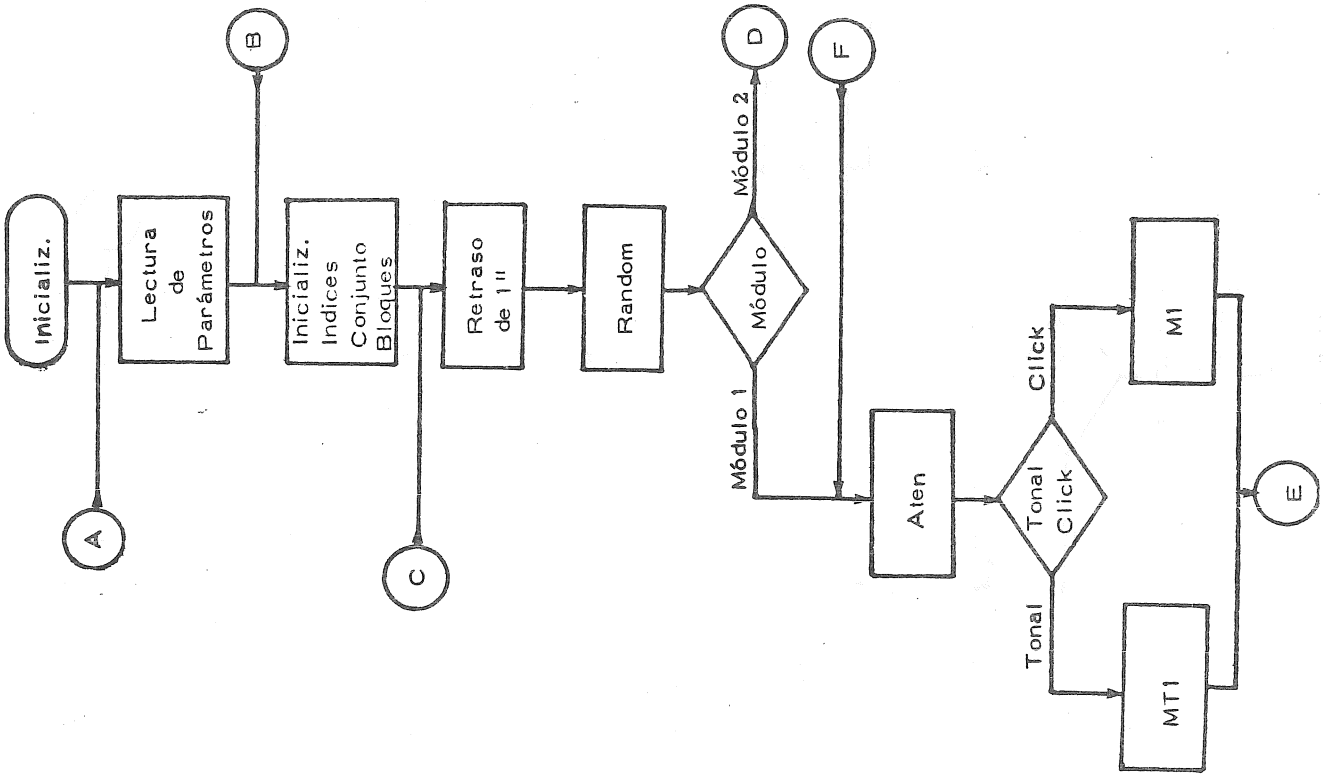
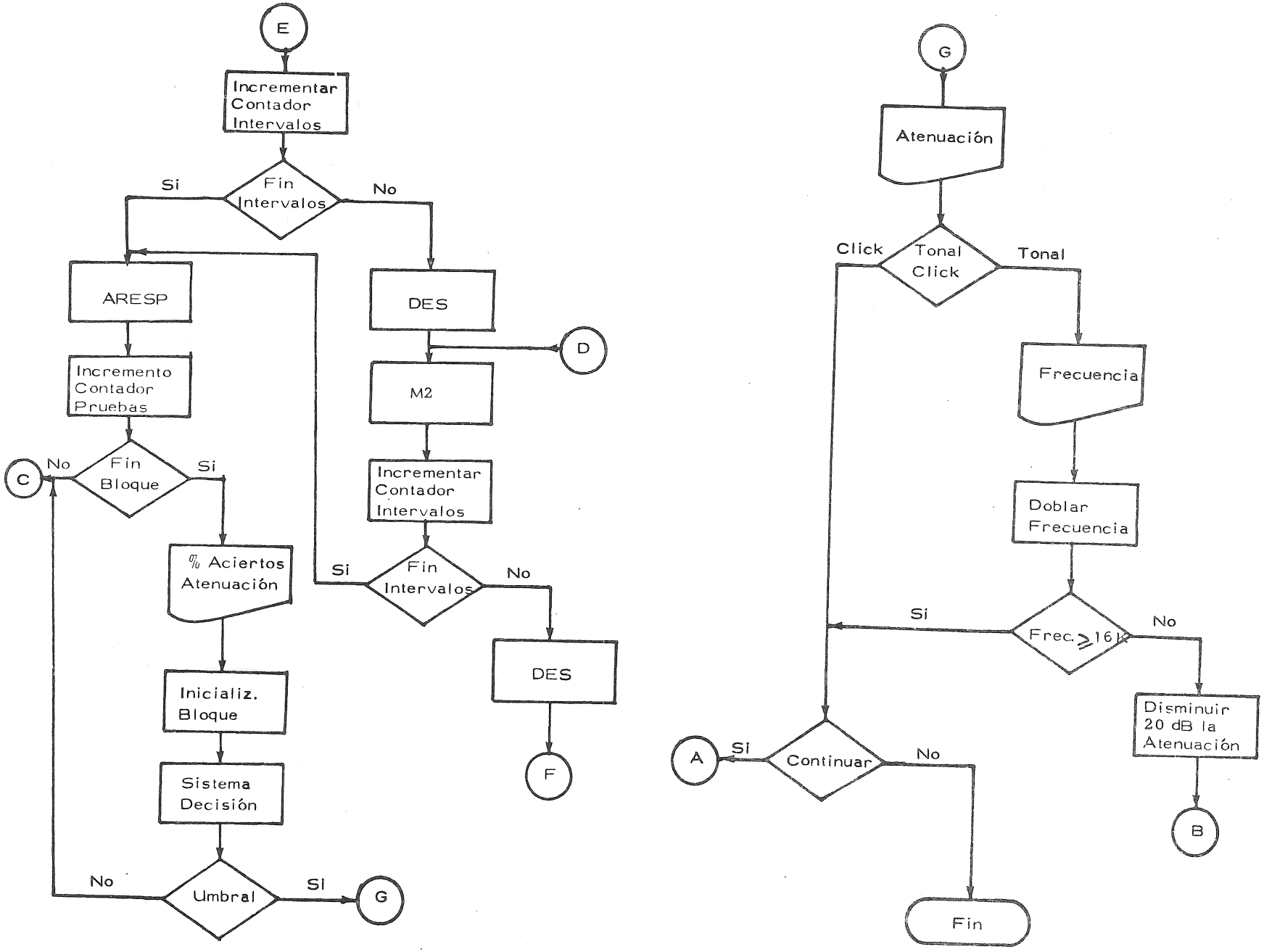


Fig. 1


PDP-8
Unidad E/S
Interfase
Atenuadores
Amplificador
Generador Pulsos
Generador Sinusoidal
Puerta
Consola
Disparador en fase

Fíg. 2


Inicializ.
Lectura de Parámetros
Inicializ. Indices Conjunto Bloques
Retraso de 1"
Random
Módulo
Módulo 2
Módulo 1
Aten
Click
Tonal Click
Tonal
M1
MT1
A
B
C
D
E
F


E
Incrementar Contador Intervalos
Fin Intervalos
Si
No
ARESP
Incremento Contador Pruebas
Fin Bloque
No
Si
C
% Aciertos Atenuación
Inicializ. Bloque
Sistema Decisión
Umbral
No
SI
G
DES
D
M2
Incrementar Contador Intervalos
Fin Intervalos
Si
No
DES
F
G
Atenuación
Click Tonal
Tonal Click
Click
Tonal
Frecuencia
Doblar Frecuencia
Frec. ≥ 16K
Si
No
Disminuir 20 dB la Atenuación
B
A
Si
Continuar
No
Fin

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

INFORMATICA BIOMEDICA: PROYECCION Y APLICACIONES

Espedito Passarello

Sociedad Argentina de Informática
é Investigación Operativa,
Grupo de Políticas y Sistemas
Santa Fe 1145, Buenos Aires, Argentina

I. APLICACIONES EN ESTUDIO

Comenzaremos el presente análisis realizando un detalle de los Sistemas y problemática que actualmente se estudian dentro de la Informática Biomédica.

El hecho de que en enero de 1977 comience a funcionar la Asociación Mundial de Informática Biomédica, no constituye un hecho aislado de por sí. Por el contrario, ha sido el esfuerzo de muchos años de labor realizado en diferentes países e Instituciones, que ha madurado y cristalizado una necesidad que no permitía más dilaciones.

1.- TRANSPORTABILIDAD DE LOS SISTEMAS.

Los problemas que interesan prácticamente a todas las categorías de usuarios de informática, es de importancia particular para los usuarios médicos y hospitalarios.

Por cierto, que desde el punto de vista cronológico, la informática biomédica se desarrolló primeramente en el campo de la ciencia médica por excelencia, según varias direcciones que respondían a las motivaciones de los doctores, y solo más recientemente en el área

de la administración hospitalaria. De allí que el problema dela transportabilidad de los sistemas no se haya presentado antes. Actualmente es dable observar la integración merced a la Informática, de las normas médicas existentes como condición previa para la transportabilidad de los sistemas.

Este problema presenta interesantes aspectos, relacionados con:

- La gestión de la transfusión de sangre (banco de sangre)
- La ayuda para la diagnosis.
- La consulta de archivos médicos vía redes de ordenadores.

2.- ESTRUCTURAS Y METODOS DE DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE ATENCION SANITARIA.

El análisis de Sistemas es una disciplina cada vez más utilizada por los médicos ocupados en realizar y crear sistemas sanitarios informáticos. Esta disciplina permite realmente elaborar soluciones eficaces para los problemas que se presentan cuando se trata de:

- Estructurar sistemas sanitarios informáticos (ya sea centralizados o localmente distribuídos).
- Fijar horarios de visitas para los pacientes externos.
- Equilibrar la atención sanitaria y a la atención médica. (la política de manuntención frente a la reparación, en la gestión del instrumental).

3.- QUE ESPERAR DE LOS MICROPROCESADORES.

La actividad médica se basa principalmente en el instrumental biomédico, que es el campo primordial de aplicación de los microprocesadores. El microprocesador es ciertamente un dispositivo muy próximo a la fuente informativa.

En los sistemas automáticos de exploración y análisis se hace intenso el uso de microprocesadores; v.g.

- Cardiovascular
- Encefalográfico
- Aparato respiratorio.
- Sistema circulatorio

4.- METODOS Y MODELOS

Los aspectos principales de las materias se relacionan con:

- Los modelos de gestión
  . gestión de laboratorios multicentro.
  . gestión de transplante de riñón (ubicación optimizada)
  . gestión de personal de enfermería frente a las necesidades de enfermería.
  . gestión interlocutora de archivos de datos estadísticos.

- Los modelos técnicos.
  . modelo de corazón (por analogía acústica).
  . modelo decisional médico para la quimioterapia del cáncer.
  . SYSCOMORAN, un sistema de exploración funcional..

5.- PROBLEMAS DE SALUD PUBLICA

Los sistemas implicados están en conexión con la actividad médica en gran escala, a nivel nacional. Se ha conseguido cierta experiencia interesante en tal campo, por ejemplo:

- La evaluación de datos clínicos vía sistema informático Médico (en Tokio)
- El empleo de Archivo de Datos Médicos en actividades de atención sanitaria laboral.
- El relevamiento y la prevención en gran escala de enfermedades (toxoplasmosis).
- La gestión de archivos médicos (neurología, hipertensión arterial, etc.)

Además el uso de ordenadores en el proceso de control y evaluación a nivel de la Administración Nacional de Seguridad Social da origen a diferentes cuestiones:

- La definición y la estructura de información primaria.
- El método de obtención de datos.
- La técnica de procesado de datos.
- La exposición de los resultados.
- El acceso a la información acumulada.

6.- DIAGNOSIS Y TRATAMIENTO POR MEDIO DE ORDENADORES.

El empleo del ordenador como instrumento decisional médico induce a la investigación en tres direcciones distintas:

- La lógica matemática
- Probabilidad de estadística.
- Teoría de conjuntos.

7.- QUE VALOR TIENEN LOS DATOS MEDICOS.

Tanto la confiabilidad como la reproducibilidad de los datos médicos son problemas candentes puesto que en este campo la posibilidad de errar es más peligrosa que en cualquier otro.

Los informáticos se ven frente a dificultades; un conjunto de datos debe ser controlado apenas ha sido adquirido y cuidadosamente controlado durante todas las fases del proceso; los clásicos contextos de control sintáctico y semántico deben ser analizados dentro de la problemática médica.

8.- LA METODOLOGIA Y LAS DECISIONES MEDICAS

Cualquiera sea el tema desarrollado en Informática Biomédica el nudo central reside en la elaboración de unas secuencias de formalidades médicas siguiendo una metodología precisa que inclina al médico hacia una toma de decisiones.

Los temas principales a tratar son:

- Los principios para la elaboración de cuestionarios médicos.
- El diagnóstico automático aplicado a una población numerosa.
- La elaboración de una estrategia para la optimización de los exámenes consecutivos.
- La simulación mediante ordenadores del proceso mental del médico.

BASES DE DATOS Y BANCOS DE DATOS PARA LA DOCUMENTACION Y ARCHIVO DE LA INFORMACION BIOMEDICA.

1.- INTRODUCCION

Los centros de documentación e información Biomédica generalmente se establecen en los ámbitos universitarios y/o académicos. En particular en el sector que nos ocupa han sido consecuencia de la introducción de cátedras que hacen a la enseñanza de la historia de la medicina y a la documentación inherente a las tareas de investigación y servicio.Los responsables de estos centros de información y documentación merced al avance tecnológico en el proceso de datos pueden ofrecer sus servicios de una manera automática cumpliendo con una mayor calidad y eficiencia. En las Naciones más avanzadas se han estructurado ya un considerable número de Empresas cuyo objetivo principal es el de generar bancos de información de interés general en la mayoría de las área del quehacer económico, científico y técnico. Los suscriptores de estos servicios satisfacen así sus demandas de información. O sea que estos centros pueden ofrecer hoy en día una serie de servicios que hace diez años antes ni se podría imaginar.
Evidentemente mucha información se puede tomar del extranjero pero aquella que hace a la actividad local debe ser desarrollada en forma interna.

2.- CARACTERISTICAS DE UTILIZACION

Desde el punto de vista general de la utilización podemos clasificarlos de dos maneras diferentes:

- Bancos de datos informativos.
- Bancos de datos indicativos o Bancos documentales de información.

Del primero de ellos o sea, los bancos de datos informativos, un utilizador puede esperar a sus preguntas tipos de respuestas que son concisas, explícitas y precisas, pudiendo dar solución rápidamente al problema. En el caso de consultas a datos estadísticos, lista de autores, de direcciones, etc.

En el caso de los Bancos de datos indicativos no resuelven la pregunta con datos concretos; lo que tratan es de suministrar listas de referencias (bibliografía o documentos)donde puede estar la solución buscada, como ser publicaciones que contengan artículos de pediatría, ginecología, etc.. Estos sistemas pueden responder en forma directa al profesional a través de una pantalla (tipo televisor) resumiéndole los datos del documento, como ser: títulos, autores, fecha, lugar, lenguajes, palabras claves, abstrat (resumen) del contenido, referencias relacionadas etc.

3.- ORGANIZACION DE CENTROS DE ACTIVIDAD.

Las tareas que deben realizar los Centros corresponden a tres fases.

- Investigación en todos los campos de la documentación e informática a las ciencias biológicas y médicas, especialmente la destinada a conocer objetivamente la producción y utilización de la información biomédica en el país y resto del mundo y a desarrollar medios adecuados para satisfacer las necesidades que se plantean.
- Docencia, tanto la destinada a los usuarios de la información biomédica, a través de cursos para estudiantes y graduados, como la dirigida a la formación de documentalistas biomédicos.
- Servicios que abarcan las diversas áreas de la Documentación e Informática aplicadas a las ciencias biológicas y médicas.

MODALIDAD OPERATIVA

A.- AREA DE RECUPERACION DE LA INFORMACION CIENTIFICA.

Las tareas que debe realizar la misma tiene como finalidad la recuperación de la información científica en el campo de la biomedicina. Dicha recuperación es selectiva, es decir, escoge entre los trabajos aparecidos en todo el mundo aquellas que se acomoden a las necesidades concretas formuladas por el usuario.

A.1.SERVICIO DE BUSQUEDAS BIBLIOGRAFICAS.

Suministra los resúmenes y/o las referencias de los trabajos aparecidos.
- Sobre un tema concreto que se indique.
- durante un período que interese al usuario.

La petición se formula generalmente, en un impreso especial.
El usuario describe el tema que le interesa en su lenguaje natural e indica también algunas referencias bibliográficas de trabajo sobre el mismo que ya conoce. Sobre esta base, los documentalistas que trabajan en esta sección construyen un perfil de búsqueda. Para ello, expresan el tema en el lenguaje propio de los Sistemas de Recuperación de la Información, trazan redes de citas de las referencias que el usuario ha proporcionado y determinan una relación de búsqueda.
Las búsquedas se realizan básicamente hoy mediante métodos automáticos on-line conectados a centros internacionales. A través de estos sistemas se tiene acceso a un centenar de bancos de datos, entre los que se encuentran los de mayor interés en biomedicina.

Cuando resulta necesario, por no existir bancos de datos automatizados de la materia en cuestión, porque se haya de retroceder hasta fechas en la que no existían, o por cualquier otra circunstancia, se recurre a los repertorios de bibliografía científica mundial.

A.2.BIBLIOTECAS DE REFERENCIAS

Las bibliotecas de estos Centros están fundamentalmentedestinadas a ser un instrumento de la recuperación de la información biomédica.

ESTRUCTURACION

1.- OBRAS DE CONSULTA

Para atender los problemas que la información terminológica, sobre datos científicos, bibliográficos y sobre instituciones o personas plantea a los usuarios de las ciencias biomédicas, se dispone de:

- Diccionario, nomenclaturas y thesaurios biomédicos
- Bibliografías de bibliografías y catálogos de publicaciones periódicas
- Directorios de instituciones y personal científico
- Síntesis de datos.

2.- REPERTORIOS BIBLIOGRAFICOS

Se generan repertorios de resúmenes, citas o referencias. Las más importantes son las descriptas en el anexo 2.

3.- SERIES DE REVISIONES PERIODICAS.

Figuran alrededor de un centenar de colecciones, entre ellas las series Advances, Annual Reviews, Curren Topics, Progress, etc.

4.- REVISTAS BIOMEDICAS.

Se debe disponer de todas las revistas biomédicas. Pueden ser consultadas directamente por los usuarios a través de servicios de reprografías.

5.- COORDINACION CON LAS BIBLIOTECAS DE LAS FALCULTADES DE MEDICINA.

Los Centros mantienen una estrcha coordinación con las Bibliotecas de las Facultades de Medicina que cuentan a su vez con importantes fondos de libros y revistas especializadas.

A.3. SERVICIOS DE REPROGRAFIAS

Se encarga de proporcionar copias, miniaturizadas o no, de los trabajos nacionales y extranjeros de carácter biomédico con fines de investigación y estudio.

B.AREA DE ANALISIS DOCUMENTAL

Esta sección tiene dos objetivos fundamentales. El primero es crear repertorios y bancos de datos que recojan la producción científica en el campo de la Biomedicina, con el fin de asegurar su difusión a nivel nacional e internacional.
El segundo, analizar con los métodos bibliométricos dicha producción, así como aquellos aspectos de la mundial que interesen a los usuarios nacionales.

B.1. INDICE MEDICO NACIONAL Y BANCO DE DATOS NACIONALES.

Se debe confeccionar un repertorio que recoge en forma periódica los trabajos sobre medicina y ciencias afines que se publiquen en el país, indizados por autores y sus puestos profesionales materias, instituciones de procedencia y revistas.
Las cintas magnéticas de bancos de datos corresponden a la adición automatizada del mismo repertorio. Es la adecuada para intercambio con otros centros especializados y sirve de base para operaciones de "retrieval", análisis bibliométrico, investigación terminológica, etc.

B.2. COLABORACION EN SISTEMAS INTERNACIONALES DE INFORMACION CIENTIFICA.

Los Centros deben colaborar con varios sistemas internacionales de información científica.

C.AREA DE DOCUMENTACION CLINICA.

C.1..BASE CENTRAL DE HISTORIAS CLINICAS.

La función más importante de estos archivos centrales de Historias clínicas, es mantener las historias, en él recogidas, permanentemente dispuestas y preparadas para su uso en la asistencia la docencia y la investigación.
Los archivos sólo se responsabilizan de las historias recibidas. En este sentido disponen de un servicio de recordatorio para solicitar de los departamentos las historias correspondientes a enfermos dados de alta y que no han sido remitidas, así como las que han salido del archivo y no se han devuelto.
Para la consulta de historias con fines de docencia e investigación se ofrecen dos servicios:

a) Recuperación de expedientes clínicos. La selección se realiza a partir de los datos extractados de cada episodio de hospitalización, mediante el tratamiento informativo realizado en el Archivo, que sirva de base a un sistema automatizado de recuperación.
Se ofrecen tres tipo de resultados:

- Listado de los números de identificación de las historias clínicas seleccionadas conforme a unas determinadas condiciones de búsqueda.
- Resúmenes de codificados de dichas historias.
- Recuentos estadísticos.

b) Servicio de consulta de historias. Disponer de una sala de consulta, en la que cualquier médico de hospital pueda estudiar las historias depositadas en el Archivo, previo consentimiento de los servicios correspondientes.
Para el desarrollo de estas funciones, estos Archivos Centrales deben realizar una serie de tareas propias de un Sistema de Información, entre las que destacan el mantenimiento de una historia clínica única por paciente hospitalizado y del archivo propiamente dicho, el tratamiento de los expedientes y la preparación de su entrada en los ficheros automatizados.

C.2. SERVICIOS DE MINIATURIZACION DE HISTORIAS CLINICAS.

De todos los documentos que integran los expedientes recibidos en los Archivos Generales de Historias Clínicas se obtiene una copia miniaturizada en microfilm de 16 mm. Las copias correspondientes a cada expediente clínico se montan en una o varias fichas "Microseal" que permiten que la documentación de cada paciente se vaya enriqueciendo con los materiales procedentes de sucesivos episodios de hospitalización

C.3. HISTORIA CLINICA ORIENTADA POR PROBLEMAS.

Se trabaja sobre "historia clínica orientada por problema" de acuerdo con los criterios formulados por L. Weed. Dicho modelo se adapta a las características de los hospitales y se fundamenta, además, en la estructura científica de la patografía.

C.4. NOMENCLATURA CODIFICADA DE DIAGNOSTICOS E INDICES DE DIAGNOSTICOS.

Se construyen Nomenclaturas Codificadas de Diagnósticos como un desarrollo semántico de la clasificación internacional de enfermedades de la O.M.S. se mantienen constantemente al día, constrastándola con los términos empleados en las historias clínicas.

Se fundamenta ello en la generación de indices de Diagnósticos, producto de los sistemas automatizados de recuperación de la información clínica que ofrecen clasificados por departamentos, un listado de todos los diagnósticos distintos que configuran en cada episodio de hospitalización, con sus asociaciones mutuas y los datos básicos de cada paciente.

D. AREA DE INFORMATICA.

Se ocupa de la investigación, desarrollo y puesta en práctica de procedimientos automáticos orientados a la resolución de problemas científicos y técnicos propios del Centro.
Este trabajo se ordena en cuatro áreas distintas:

- Información científica.
- Información clínica.
- Gestión administrativa y hospitalaria.
- Estadística.

En cada una de ellas se realizan dos tipos de actividad . La primera consiste en la investigación e incorporación de nuevas técnicas informáticas y lenguisticas. La segunda, en la gestión de los bancos de datos existentes y el proceso y mantenimiento de las aplicaciones informáticas ya diseñadas. En general las aplicaciones son:

D.1. INFORMACION CIENTIFICA

- Confección de los repertorios de Indices Médicos.
- Banco de Datos de Indices.
- Banco de Datos de indicadores bibliométricos de la actividad científica nacional.

D.2. INFORMACION CLINICA.

- Sistema de recuperación de la información clínica.
- Banco datos de expresiones diagnósticas.
- Ficheros de protocolos, exploraciones y epicrisis especiales

D.3. GESTION ADMINISTRATIVA Y HOSPITALARIA

- Contabilidad
- Gestión de personal.
- Gestión de almacenes
- Facturación

  Transferencia a Proveedores.
- Inventarios.

D.4. ESTADISTICA

Tratamiento automático de problemas de:

- Estadística biomédica
- Bibliometría biomédica.
- Estadística general.

E. DOCENCIA.

Las actividades docentes que se desarrollan pueden agruparse en dos grandes epígrafes:

E.1.FORMACION DE USUARIOS DE LA INFORMACION BIOMEDICA.

- Lecciones teóricas, seminarios y prácticas.
- Cursos monográficos de Doctorados sobre "Documentación e Informática Médica".
- Otros cursillos para graduados.
- Cursillo de divulgación para usuarios.
- Enseñanza de la disciplina en las Escuelas de Enfermería.

E.2.FORMACION DE DOCUMENTALISTAS BIOMEDICOS

Una de las funciones primordiales de estos Centros consiste en fomentar la formación de documentalistas científicos. En un próximo futuro dicha actividad va a desarrollarse en escuelas de especialización encuadradas en los sistemas educativos convencionales.

F. INVESTIGACION.

Estos Centros desarrollan sus tareas de investigación en coordinación con los Institutos de Información y Documentación en Ciencia y Técnica en general.
Los programas se centran en cuatro áreas:

- Análisis bibliométrico de la literatura biomédica nacional en relación con la mundial.
- Estudio del lenguaje biomédico en castellano para los sistemas de recuperación de la información (lexicografía, semántica documental, nomenclaturas y thesauri, etc).
- Investigación de los sistemas de información hospitalaria, en especial los aspectos relacionados con la recuperación de la documentación clínica y con la estructura de la historia clínica orientada por problemas.
- Nuevas aplicaciones de los ordenadores a los problemas de la información biomédica.

G. PUBLICACIONES

Colaborar con revistas nacionales y extranjeras en la difusión de estos conocimientos.

ESQUEMA PARA LA DEFINICION LOGICA DE LAS BASES Y BANCOS DE DATOS.

A continuación se presentará una guía descriptiva de los datos que se deben clarificar para determinar la estructura de la información necesaria y adecuada para la conformación de las bases y bancos de datos.

- Qué clase de documento de entrada recibe?
- Cuál es la frecuencia y cantidad que se recibe de cada uno de ellos?
- Qué proceso se realiza para cada formulario o documento?
- Qué ocurre en el caso de recibir información incompleta?
- En el caso de que se agregue algún tipo de información adicional, de dónde procede?
- Qué tipo de operaciones numéricas requiere?
- Si se utilizan tablas, funciones, fórmulas, etc., cuáles?
- Cuál es el volumen global de recepción por períodos?
- Tiempo que se ocupa en realizar el/los procesos para cada formulario?
- Qué personal, archivo e instalación se requiere para cada proceso?
- Cómo y en que se utiliza la información?
- Se requiere algún conforme de tipo administrativo?
- Sí se utilizan equipos mecánicos, electromécanicos o electrónicos, cuál es su costo, características técnicas, potencialidad, tiempo de respuesta,etc?
- Qué tipos de archivos se consultan, cuáles resultan modificados, características del soporte, sistema de recuperación de la información asociada, tiempo promedio de respuesta?
- Qué información se utiliza para la operación de consulta?
- Qué usuarios la consultan?
- Cuál es el grado de error en los datos de entrada?
- Métodos de control para evitarlos, ciclos de corrección?
- Sobre que normas y procedimientos se ejecutan?
- Qué datos de salida se producen en cada procedimiento?
- En que forma varía el volumen por períodos?
- Quiénes la utilizan, cuantos juegos se les envía, con qué frecuencias?
- Se reciben consultas, con que frecuencia, como se evacuan, tiempos de respuesta?
- Quiénes son los responsables de los procesos?
- Sobre qué aspectos toma desiciones?
- Qué funciones cumple Ud.?
- Qué personas o funciones controla?

CUESTIONARIO ESPECIFICO

A. LUGAR FISICO

- Suficiente
- Es compartido con otros médicos?
- Es compartido con otros servicios?
- Es factible la expansión?
- De no ser suficiente: cantidad mínima de espacio requerido para funcionar aceptablemente?
- Puede dividirse la atención a los pacientes en tres turnos por ejemplo: 7 a 11; de 11 a 15 y de 15 a 19 ?

B.ATENCION

A) ADMINISTRATIVA

1) Cuenta con personal:

I) Suficiente .... Cuántos ..... Faltan .....

II) Capacitado .... Cuántos..... Faltan ..

2) Qué tiempo insume la confección de la documentación por paciente (aproximadamente).....

Volumen aproximado .....

B) ESPECIFICA DEL SERVICIO

1) Cuenta con personal:

I) Suficiente..... Cuántos ..... Faltan ....

II) Capacitado..... Cuántos ..... Faltan ....

2) Qué tiempo insume la atención por cada paciente:

1°vez.....minutos.

Ulteriores.....minutos.

Volúmen mensual:

1°vez.....minutos.

Ulteriores.....minutos.

c) DOCENTE

- Es el servicio asiento de cátedra o ayudantía de trabajos prácticos de la universidad?
- Cuántas comisiones .....
  y alumnos recibe.....
- Puede ser fuente de reclutamiento para la fuerza ?

d) VISITA MEDICA

Están diseminados por los distintos pisos la internación propia del servicio ?

- Diariamente, qué tiempo le insume por internado.....
- Promedio diario, cuántos internados en total tiene a su cargo?
- Qué documentación o formularios se cumplimentan en esas visitas ?
- Tiene auxiliares que se los confeccione.?
- Cuál es el horario más cómodo para esa recorrida.....

e) LOGISTICA.

- Posee inventario aprobado de la recepción del servicio.....
  ..... fecha.....
- Se actualiza permanentemente.....(SI-NO)
- Satisfacen las provisiones
  a) efectos de consumo .....(SI-NO)
     (de ser negativo, cuáles?) (por lo menos 5)
  b) efectos de bajo consumo.....(SI-NO)
     (de ser negativo, cuáles?) (por lo menos 5)
  c) repuestos.....(SI-NO)
     (de ser negativo, cuántos?) (por lo menos 5)
- La información de stocks en los rubros anteriores es efectiva ?
- Los pedidos de material son posteriormente abastecidos en tiempo, calidad y cantidad ?
- Tiene un costo estimativo aproximado de lo que vale su servicio?

BASES Y BANCOS EXISTENTES EN EL MERCADO

Biological Abstracts

BioResearch Index

Bulletin Signalitique (25 secciones biomédicas y de información y documentación científica).

Current Contents (Series Biomédicas)

Dissertation Abstracts.

Excerpta Médica (62 series)

Food Science and Technology Abstracts

Index Medicus.

Indice Médico Español.

Information Science Abstracts.

National Library of Medicina Catalog.

Nutrition Abstracts and Reviews

Oceanic Abstracts.

Referatynyi Zhurnal (serie biológica y de información y documentación científica).

Science Citation Index.

Social Science Citation Index

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION INTEGRADO EN UN HOSPITAL NACIONAL

Maria Inés Sciusco

Carlos Alberto Delbue

Hospital Nacional Profesor Dr. Alejandro Posadas
Haedo. Prov. de BUENOS AIRES, Argentina

INTRODUCCION

Este trabajo está destinado a estudiar la aplicación de las ciencias de computación en medicina.

La vehemencia con que muchos centros de salud han comprendido que los métodos modernos de computación, algunos de los cuales fueron aprobados en la Industria y Comercio, pueden ser aplicados en las tareas médicas es comprensible si se identifica con una Filosofía Médica Progresiva y que tendería a abrir juicios sobre PRIORIDADES Y PRACTICIDADES.

Ante la avalancha de costosas técnicas desarrolladas, con todos los problemas complejos resultantes que presentan para su manejo, se opone el concepto de COSTO / BENEFICIO, COSTO / EFECTIVIDAD. Teniendo en cuenta ésto muchos trabajos de Investigación se orientarán hacia el corazón de la materia, ya que no serían apropiados para los servicios de salud.

Es a discutir si el manejo actual de la política educacional, las especializa-

ciones de los profesionales de los Servicios de Salud pueden fácilmente llevar y mantener en un futuro las fuentes humanas de práctica avanzada.

La explotación de las técnicas de Computación es comparativamente reciente en el área de las Ciencias Biológicas pero sin lugar a duda que aliviará al médico de la copiosa carga de la masa de información de su mente permitiendo la mejor atención del paciente al integrarlo como ser humano en su medio ambiente.

Esta ayuda en las tareas intelectuales está determinada por las funciones básicas de una computadora cuyas características son compatibles con las funciones de la corteza cerebral :

- ALMACENAMIENTO de INFORMACION (memoria)
- SELECCION
- EVALUACION
- TRANSMISION

Así se puede deducir :

1) LOS OBJETIVOS DEL USO DE COMPUTADORAS

- Mejoramiento de la atención médica.
- Mejoramiento en el uso de recursos.

Estos objetivos pueden llevarse a cabo a través de :

1-1- Mejoramiento del cuidado de enfermería.

1-2- Mejoramiento de la eficiencia clínica y administrativa.

1-3- Mejor uso de los recursos de Investigación.

La implementación de un sistema de cómputos conduce al fenómeno conocido como CATALISIS DE LAS COMPUTADORAS, puesto que sugiere nuevos métodos de trabajo y pone de manifiesto ciertas ineficiencias que redundan en muchos beneficios.

Los items por los cuales las computadoras contribuyen a estos objetivos estarían dados por :

- Registro detallado de cualquier FUNCION.
- Monitoreo efectivo.
- Distribución, recuperación rápida de la información.
- COMPUTACION (mediante el SISTEMA BINARIO).
- INTEGRACION DE LA INFORMACION recogida en distintos sectores o especialidades.

Para ello puede utilizarse :

- una RUTINA ADMINISTRATIVA (obtención de datos básicos tales como edad, sexo, estado civil, etc. que concurre en la necesidad de una IDENTIFICACION UNIVERSAL (documento único).
- confección de una HISTORIA CLINICA CODIFICADA, que implica un trabajo previo de protocolos y normatizaciones.

La progresiva computación de datos contribuiría a la salud de la comunidad facilitando estudios EPIDEMIOLOGICOS y de INVESTIGACION en general.

Con respecto al mejoramiento de los recursos, se requiere técnicas de INVESTIGACION OPERATIVA ya sea en la escala local y nacional aplicables en :

- Planeamiento del Departamento.

- A nivel local
  - Control del stock de farmacia.
  - Planeamiento del staff.
  - Manejo del paciente.

- A nivel nacional
  - Provisión de Hospitales.
  - " de Centros de Salud.
  - " de Laboratorios.
  - " de Equipos.
  - Transporte.
  - Planeamiento del staff.

2) AREAS DE APLICACION HOSPITALARIA

- Administración : admisiones, pases. egresos, diagnóstico, tratamiento, tests,etc. que conduce a la confección de listas de espera, listas de quirófano,planeamiento del staff, planeamiento del laboratorio, etc.

- Registros clínicos (debe procesarse ON - LINE).

- Servicios centrales de diagnóstico y tratamiento :

  - Laboratorio (inspección de la muestra, rótulo, proceso analítico chequeo de la información).

  - Rx. Medicina Nuclear (cálculo de dosis, exposición a las radiaciones,etc.)
  - E.E.G., E.C.G. (mediante conversores análogos digitales).
  - Cuidado intensivo (Monitoreo por computadoras).

- Diagnóstico : la experiencia médica puede condensarse en un conjunto de programas que ayudarían al diagnóstico. Ahorro de tiempo.

- Seguimiento del paciente.

- Administración de drogas, (disminución de costos, control del staff, dosificación teniendo en cuenta los datos básicos, fecha de vencimiento, etc.)

- Cuidado de enfermería : debe procesarse on line.

Planeamiento del menú : puede procesarse on line o en BATCH MODE. (costos, confección de dietas balanceadas normales y terapéuticas, etc.).

- Actualización bibliográfica de la información recibida.

[illegible]

[illegible] DEBILIDADES DEL SISTEMA

- Falta de BANCO DE DATOS. Ej. patología tratada en privado.
- Divisiones de la administración corriente. Distintos sistemas de administración.
- Volumen de datos a recopilar, codificar y procesar.
- Comunicación inadecuada.
- Financiación insuficiente.
- Registro médico por sí. (léxico, determinación de items relevantes y prioritarios, etc.)
- Personal no competente implicado al sistema.
- Falta de educación.

- Dependientes del equipo (técnicas).

- Legales. (Información secreta, veracidad del banco de datos).

- Apatía ú oposición del ambiente.

En el Hospital Nacional Profesor Dr. Alejandro Posadas que es un hospital de Alta Complejidad (con 487 camas, un promedio mensual de 20.200 consultas externas, 12.500 cuidados de Emergencia, 1.340 internaciones mensuales, 1.300 egresos, 55.000 determinaciones de laboratorio, 8.000 placas radiográficas, radioscopías y un número de 180.000 despachos de Farmacia), se está trabajando desde hace cuatro años en :

- Protocolización de las enfermedades y sus tratamientos.
- Determinación de puntos de ataque.
- Determinación de prioridades.
- Estudio del flujo de información.
- Cursos de Educación y Difusión.

Consideramos estas las condiciones básicas para la implementación de un sistema de cómputos que nos conduzca a la SISTEMATIZACION DE LA INFORMACION y confección de una HISTORIA CLINICA COMPUTARIZABLE.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Si bien las facilidades que brinda un sistema de cómputos son potencialmente innumerables debe tenerse en cuenta para un desarrollo adecuado los siguientes items :

- un óptimo intercambio interdisciplinario, entre personal médico y para

CEDINFOR

médico con especialistas en computación.

- programas que se adapten Sectorial y Globalmente.

- una Dirección de Organización en el ámbito hospitalario con objetivos claros y definidos.

- un compromiso adecuado del capital que se invierte a largo plazo.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

CONSIDERACIONES BASICAS PARA DISEÑAR UN MODELO DE HISTORIA CLINICA COMPUTARIZABLE

Carlos Alberto Delbue
María Inés Sciusco
Norberto Oliva

Hospital Nacional Profesor Dr. Alejandro Posadas
Haedo, Provincia de Buenos Aires - Argentina.

INTRODUCCION

La Historia Clínica sintetiza la actividad vinculada con el acto médico. Es un exponente de la calidad y de la intensidad de la prestación médica. Constituye el núcleo de la administración hospitalaria y el documento legal de las transacciones concernientes al paciente.

Siempre han existido problemas vinculados a la confección de la Historia Clínica. Se plantean a distintos niveles :

1- en la Recopilación de la información.

2 - en el Pedido y ejecución de exámenes complementarios.

3 - en la Integración de los datos .

4 - en el Seguimiento del paciente.

5 - en el Archivo del material.

6 - en la Recuperación de la información.

Nos ocuparemos de la forma de encararlos y en la posibilidad de mejorarlos mediante un Sistema de Cómputos.

ANALISIS Y CRITICA DE UN SISTEMA MANUAL :

Historia Clínica : Tiende a reunir los hechos que pueden haber afectado al paciente hasta el momento que consulta al médico . No puede ser simplemente registro mecánico nico de los hechos. Cada afirmación debe investigarse por su posible relación con el estado actual y por la luz que puede arrojar sobre los síntomas que manifiesta.

Estamos tratando con manifestaciones subjetivas tamizadas por la conciencia del individuo que varía en su capacidad de observar y describir, y con problemas de lenguaje.

Una Historia hábilmente elaborada y cuidadosamente interpretada proporciona información importante respecto al ambiente emocional y sicológico del paciente, lo que puede ser de gran valor en la solución de los problemas. Un síntoma determina la línea por seguir en el interrogatorio médico y a veces no se puede corroborar o medir, por lo cual hay cierta tendencia a valorarlo a la ligera u omitirlo.

El propósito de la entrevista médica es INFORMATIVA, PROMOTORA (pues inicia acciones del médico), y EVOCATIVA (promueve sentimientos).

Son importantes las expresiones y acciones del paciente, pues nada es accidental en el curso de la entrevista aún cuando pueda surgir intencionalmente.

Recordamos que la historia clínica consta de una serie de pasos que pueden sistematizarse así:

1 - Identificación

2 - Hospitalización : Forma y Motivo de internación.

Cobertura social.

3 - Semiología.

4 - Antecedentes, Intolerancias. Alergias. Grupo sanguíneo.

5 - Diagnósticos presuntivos. (de ingreso).

6 - Indicaciones terapéuticas y dietoterápicas.

7 - Interconsultas y exámenes funcionales.

8 - Análisis (de laboratorios, Medicina nuclear).

9 - Radiografías, tomografías, otras técnicas.

10 - Evolución (Residencia, Asistencia enfermería, Asistencia Médica en general.

11 - Diagnóstico de egreso y comentarios. (Epicrisis).

12 - Administración. Costos parciales y totales.

(Forma de pago).

El análisis del dato médico tiende a proceder sobre bases temporales siguiendo el proceso natural de los desórdenes y restauraciones de la salud.

Ante todo intento de registrarlo aparecen problemas de ESTANDARIZACION. En la práctica médica surgen muchos SI. Tal VEZ y PEROS que no pueden estandarizarse.

Existen manuscritos difíciles de analizar y numerosos errores.

Al incrementarse la demanda del manejo médico aumenta la necesidad de hacer uso racional de los recursos.

Esto acarrea un mayor número de prestaciones e investigaciones y tratamientos que deberán practicarse al paciente.

El desarrollo de especialidades causa la subdivisión por cada especialista. Resultando difícil la integración por fallas de comunicación.

A través del paso por distintos servicios un mismo dato es recopilado varias veces sin que se proceda a su correcta evaluación y evolución.

La prestación médica se realiza de acuerdo a criterios personales, a esquemas influídos por los últimos hallazgos o por convenciones en un Servicio.

Todo esto conspira contra la habilidad mental de un ser humano y contra cualquier sistema de papel y lápiz, siendo de utilidad que las tareas rutinarias se lleven a cabo automáticamente.

Resumiendo los defectos de un sistema manual son :

1 - Estructura cronológica.

2 - Volumen de información.

3 - Ilegibilidad.

4 - Reiteración de datos y omisión.

5 - Errores en la recopilación.

6 - Información no procesable.

7 - Falta de relevancia en los datos.

8 - No estandarización de criterios (protocolos).

9 - Fallas de comunicación (integración).

10 - Dificultades para la evaluación de la asistencia médica (auditoría).

ANALISIS Y CRITICA DE UN SISTEMA DE COMPUTOS

La llegada de las computadoras fue vista como un avance que podría mejorar la práctica médica liberando a los médicos de muchas tareas rutinarias.

Los intentos por introducirlas en medicina sin apreciar la complejidad de las tareas que la computadora puede realizar como así también debe mencionarse el proceso de Despersonalización que sufre todo sistema computarizado. Como resultado las computadoras no han adquirido buena reputación en Medicina.

Metodológicamente la computación está todavía confinada al campo de resolución de problemas y no al de generación de ellos. Distinción importante pues buena parte del médico práctico tiene la primera orientación a diferencia del investigador en medicina que debe adiestrarse con más énfasis en el segundo aspecto.

La estructuración de la memoria para fines de inteligencia artificial surgió de la necesidad de encontrar la manera más eficiente para solucionar problemas. Lo que implica enseñar al alumno a sistematizar los datos que recibe del paciente, en el sentido de JERARQUIZAR los subproblemas para arribar a la solución del problema específico que enfrenta. Los programas de inteligencia artificial requieren un sistema de toma de decisiones.

Es importante definir los OBJETIVOS de un sistema computable y las DISPONIBILIDADES para todo aquel que forma parte.

El principal objetivo sería crear y mantener un registro médico completo del paciente, de por vida, incluyendo los registros hechos por enfermería, personal paramédico y administrativo, sería un registro contínuo de un formato fijo pero de longitud variable, accesible total y parcialmente.

Deberían existir una serie de resúmenes designados para acceder

a distintos tipos de información y distintos niveles de detalles. Por ejemplo sería rápidamente recuperable la información requerida urgente y frecuentemente. Con el correr del tiempo la cantidad de información almacenada determinaría una sobre carga del sistema.

Debe asegurarse un sistema que promueva segura identificación de los pacientes y que "borren" la información temporaria, disminuyendo así la información necesaria que deba almacenarse.

El desarrollo de procedimientos analíticos en los registros médicos y una vez que el dato básico y el método de entrada sean adecuados, aumentará el potencial del médico para su tarea específica, también para el desarrollo de tareas de investigación como asimismo mejorará el orden y los procesos de comunicación.

Esto causará contribuyendo a disminuir errores dependientes de los registros y de la comunicación.

El dato puede ingresar de distintas formas a la computadora : verbalmente, mediante tarjetas perforadas, mediante terminales por caracteres ópticos, por cintas de un teletipo.

En sistemas de comunicación con servicios auxiliares (laboratorio Rx, Fisioterapia, etc.), podría asegurarse que este personal recibiera las órdenes a través de computadoras.

Los registros serían chequeados antes del ingreso a la ficha del

paciente.

De esta manera se incrementará la veracidad del dato y se disminuirán los errores por omisión o identificación, facilitando su análisis.

El esfuerzo que se hagan en la programación disminuirán los errores referentes a la entrada correcta de los datos y la información que deba ingresar.

Una gran cantidad de cuidados rutinarios podrían pre-diagramarse y sólo las excepciones influirían en el curso de la atención médica.

Es posible hacer un uso más eficiente del tiempo médico y del cuidado clínico por medio de la discriminación planeada de la información y tiempos predeterminados.

Es difícil llegar a un acuerdo sobre las implicancias de las nuevas herramientas que no son bien entendidas por el médico corriente ni su potencial debidamente apreciado.

Resumimos algunas de las facilidades que un sistema de cómputos puede llegar a brindar al médico :

1 - Jerarquizar diagnósticos.

2 - Depurar información.

3 - Solicitar historias clínicas completas.

4 - Solicitar historias clínicas previamente clasificadas.

5 - Disminución de la carga rutinaria.

6 - Minimización de errores.

7 - Integración de la información.

8 - Facilitar diagnósticos.

FILOSOFIA DE LA HISTORIA CLINICA

Quizá éste sea el punto crítico que deba definirse claramente, a fin de proceder a un diseño que siga un criterio adecuado.

Si bien podemos señalar que los objetivos finales sean de Docencia Investigación y Asistenciales que serían los objetivos primarios de un Hospital Nacional, debe notarse también que ante la implementación de los nuevos Sistemas Asistenciales, a nivel hospitalario, de Obras Sociales ante los cuales el Hospital se comporta como un prestador más, es importante recalcar la FACTURACION MEDICA como producto de los objetivos primarios.

Dejando este punto planteado consideraremos aspectos parciales que sepresentan cada vez que se piensa en un "MODELO".

Tal vez quepan aquí los siguientes planteos :

- ¿Dónde se utiliza la Información?
- ¿Cómo se utiliza?
- ¿Quiénes la utilizan?
- ¿Para qué la utilizan?

Con respecto al primer interrogante debe tenerse en cuenta, si el manejo se hace en la Consulta Externa, en la Internación o en Servicios de Emergencia.

Si pensamos en la consulta externa tiene los siguientes móviles :

- Recopilación del mayor número de datos en el menor tiempo posible (gran demanda) para arribar a un diagnóstico.

- Seguimiento de la ENFERMEDAD, si se trata de especialistas, sino debe plantearse el seguimiento de un síntoma o signo o un sindrome.

- Fácil identificación del paciente como cuadro patológico. O sea, recopilación de los datos que identifiquen una patología.

- Posibilidad de determinar el pronóstico.

- Evaluación del tratamiento una vez instaurado.

Quizá prime los móviles : ASISTENCIAL - INVESTIGACION.

En Internación además de los mencionados, debe tenerse en cuenta el criterio de formación de post-grado que implica por ejemplo, el sistema actual de residencias médicas.

Por ello surge :

- ¿Cómo debe estudiarse un caso?
- Parámetros de diagnóstico.
- ¿Cuándo debe recurrirse y a qué exámen complementario?
- ¿Cuándo solicitar interconsultas de especialistas?
- Conducta a seguir luego de evacuada la interconsulta.
- ¿En qué momento pasa a ser del manejo del especialista?
- ¿Qué información derivada de una especialidad debe standarizarse?
  - . La que identifique una enfermedad.
  - . Un sindrome.

. Un síntoma

. Un signo

Tal vez en este terreno puedan algunos patólogos tratarse (desde el punto de vista de informática) de una forma y/u otra.

O sea, tal vez a fines de diagnóstico convenga recopilar los datos correspondientes de un sindrome; a fines terapéuticos y de investigación los correspondientes a una enfermedad; a fines de seguimiento, el un síntoma o signo.

En un servicio de emergencia se destaca la necesidad de resolver rápidamente losproblemas médicos, debido a la urgencia en sí y a la importante demanda.

Los registros por lo tanto si bien orientados específicamente hacia la parte Asistencial son difíciles de ser generados y se plantean las siguientes inquietudes :

- Necesidad de establecer un diagnóstico inmediato.
- Datos mínimos que identifiquen la patología.
- Selección inmediata del tratamiento.
- Establecer la posibilidad de derivación interna o externa.
- Reconocimiento rápido del área de derivación (camas libres, otras instituciones).
- Organización del traslado y/o internación.
- Compromiso funcional de las áreas implicadas.

DISCUSION

Muchos problemas surgen por defectos en la comunicación de la información.

En la actualidad las redes de información hospitalaria se encuentran en crisis y es precisamente lo que puede ser evitado mediante el uso de computadoras.

Uno de los obstáculos que conspira contra la práctica eficiente de la medicina es la dificultad de una rápida y segura interconección y de comunicación de los hechos conocidos del paciente, del médico, de enfermería y otro personal paramédico.

El costo real de esta ineficiencia se manifiesta en la morbilidad y la mortalidad humana.

CONCLUSIONES

Hemos analizado y criticado un sistema manual y destacado las ventajas de un sistema de cómputos. Concluímos que si bien un sistema de historias clínicas computarizadas es potencialmente óptimo se necesita especial adiestramiento para ser puesto en práctica debido al lenguaje médico y sus implicaciones principalmente.

BIBLIOGRAFIA

1 - The current status and future prospects for computers in hospitals.

Ralph R. Granes. M.D. The Hospitals. JAHA: Oct. 16. 1977-51 (187-1930).

2 - Minicomputers may maximize Dat a processing. Anthony I, Wasserman, Ph.

Oct. 16, 1977, vol. 51 (119-128).

3 - Planning and selecting an information system. Charles J. Austin Ph.D. The Hospitals, JAHA. Oct. 16, 1977. Vol. 51 (95-100).

4 - The anatomy of a succesful system implementation. Homer H. Schmitz. Oct. 16, 1977. Vol 51 (105-115).

5 - Looking at outpatient medical record systems. Ingeborg M. Kuhn.

The Hospitals. JAHA, Oct. 16, 1977. Vol. 51 (145-157).

6 - Data Systems can enhance or hinder Medical, Nursing activites.

G. Octo Barnett, MD and alt. The Hospitlas. JAHA/Oct. 16, 1977. Vol 51 (157-161)

7 - Regulations and data systems: Questions and demands, versus needs.

Donald F. Phillips. The Hospitals JAHA. Oct. 16, 1977. Vol. 51 (85-90).

8 - Use of computers in the labor and delivery suite: An overview.

Mortimer G. Rosen. MD Robert J. Sokol MD. Lawrence. Chik. Ph. D.

Am. Jr. Obst. and Gynec. Vol. 132 (6). Nov. 15, 1978. (589-594).

9 - Computer Use in Diagnosis, Prognosis and Therapy. Harold M. Schoolman Lionel M. Bernstein. Science. Vol. 200, 26. May 1978 (926-931).

10 - From artificial intelligence to the taeching of medicine. Negrete-Martínez J.

Gac. Med. Mex. 113 (8) : 385-386.

11 - Hospital laboratory computing. Br. Med. Jr. 1978 (6110); 387-388).

12 - Hospital laboratory computing. I P Wootton. Br. Med. Jr. Ap. 1, 1978 : 851 (letter)

13 - Inmediate Pathologic Confirmations by Computer Feedback. Robert A. Greener & alt. Radiology 127 : 381-383. May 1978.

14 - Hospital laboratory computing MD. Buckley Sharp. Brit. Med. Jr. March 4 1978. (577) letter.

15 - Newcharge system reduces losses for patient - billed items. Mary S. Fox & alt. The Hospitls. JAHA. Nov. 1,1977. Vol. 51 (105-112).

16 - Computers in medicine. Beverly J. Montgomery. JAMA Dec. 8, 1978. Vol. 240 (24) : 2613 - 2617).

17 - Proceeding of the first Symposium held at Blackburn College of Technology and Design. Feb 1968.

18 - Proceedings of the second Symposium held at Bluckburn College of Technology and Design. March 1971.

19 - Focus on Medical Computers Development. J. M. Ockenden and K. E. Bodenham 1970 - Published for the Nuffield Provincial Hospital. Trut by the Oxford Univer_ sity Bress. Printed in Great Britain by Al en Nowbray ltd. at the Alden Press.

20 - The principles of the medical computing. Thomas R. Taylor. 1970. Blackwell Scientific Publications Oxford Edimburg. Printed in Great Britain. in the city of Oxford by A. R. Nowbray and Colimited. The Kempsbinderi Oxford

21 - Medical Interviewing. Frolich and Bishop. 1969. The C. V. Mobry company

22 - Hospital Computer Systems. Morris F, Collen 1974, J. ley & sons N. Y. London. Sydney-Toronto.

23 - Your health are an how to manage it. (Weed L. L. and alt. (Essex, Essex Junction)

24 - Computers and confidentiality Be. Med. J. 2 (6153):1663. 16. Dec. 78.

25 - Comp ter-asisted medicine: the Missing link. Covery H. D. et al Can. Med. Assoc.

J.119 (8) : 968, (970-975, 21 Oct. 1978.

26 - DELBUE, C. ,Sciuso, M.I. - La Historia Clínica y los sistemas de computación. III Congreso de Administración Hospitalaria. Nov. 1979.

27 - An evaluation of the use of mini-computers for computer assisted instruction in allied health curricula. Mullen E.M. et al. J. Allied Health. 1980. Feb., 9 (1): 33-40.

28 - Errors in a computerized medical records system (clinics). Basden A., et al. Med. Inf. (Lond), 1979 Oct-Dic. 4 (4) : 219-23.

29 - Use of computers in private practice Salzmann J.A. Am J Orthad , 1980, Apr. 77 (4) : 450-1.

30 - A computerized medical record for the follow-up of Hypertensive patients. Degoulet P. et al. Pathol. Biol., 1980. Mar, 11 (2) : 99-113. París.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

ESTUDIO SOBRE IMPLANTACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION PROVINCIAL EN EL AREA DE LA ADMINISTRACION HOSPITALARIA

Valerio J. Yácubsohn
Sociedad Argentina de Informática e
Investigación Operativa
Av. Santa Fe 1145, Buenos Aires, Argentina

TEMARIO:

1.- Introducción.
2.- Esquema del Sistema Provincial propuesto.
3.- Descripción de sistemas y/o procesos necesarios en un hospital provincial tipo.
4.- Dimensionamiento aproximado del hardware mínimo necesario.
5.- Apéndice. Breve informe sobre los sistemas de informática médica que se comercializan en la Argentina.

1.- INTRODUCCIÓN.

Cada hospital constituye una compleja organización que reúne en sí las características de una empresa industrial y las de un gran hotel.

La administración de las unidades o servicios médicos consiste en la aplicación de los principios de administración general a la actividad que tiene como fin proporcionar atención médica a los grupos humanos, valiéndose de los procedimientos de planificación, organización y control necesarios, para lograr una óptima prestación al menor costo, programando la ope-

ración de los servicios, ajustándose a un ejercicio presupuestario, y presentando al final del mismo, en forma objetiva, las cifras que permitan evaluar la calidad del servicio. (Dr. Manuel Barquín C., "Dirección de Hospitales").

Teniendo en cuenta estas premisas, se procedió a efectuar un estudio completo de las necesidades de procesamiento de datos que requiere un hospital-tipo, incluyendo el relevamiento de los distintos procesos manuales, su análisis, la determinación de la factibilidad de su mecanización, y el diseño general de los procesos aislados y/o sistemas integrados propuestos.

El estudio se realizó en el Hospital Zonal General de Agudos "Petrona Villegas de Cordero", de San Fernando.

Por otra parte, los hospitales -en general, todos los establecimientos que prestan atención médica- deben estar relacionados entre sí para asegurar, como un verdadero mecanismo social, la atención médica a la población.

La Ley 8801, aprobada el 15 de Junio de 1977, crea el Sistema de Atención Médica Organizada (S.A.M.O.) en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires. Su objetivo general es la implementación de un Sistema de Salud que asegure a cada habitante de la Provincia una atención adecuada a su necesidad con la mayor calidad y eficiencia.

Para el cumplimiento de este objetivo general se define como necesaria la coordinación e integración de los recursos disponibles para la atención de la salud. Coordinación, por parte de los tres subsectores responsables: el estatal, el de la seguridad social y el privado, para el aprovechamiento racional de los recursos físicos, humanos y financieros.

La Ley 8801 establece tres niveles orgánicos en la Administración de la Salud:

a) El nivel provincial, constituído por el Consejo Provincial y la Secretaría Ejecutiva Provincial.

b) El nivel zonal, constituído por el Coordinador Zonal y el Consejo Zonal de Salud.

c) El nivel local, constituído por cada establecimiento hospitalario y las autoridades locales de vigilancia directa.

La misma Ley crea el Fondo Provincial de Salud, que integra los recursos estatales y de otro origen para la salud, y permite el manejo a través del sistema de Cuenta Especial. Establece además el arancelamiento de las prestaciones hospitalarias, lo que permite el cobro a las Obras Sociales y entidades aseguradoras de la atención que se brinda a sus beneficiarios en los hospitales estatales.

El estudio general se desarrolló según el siguiente plan:

1º.- Determinar las necesidades reales de procesamiento de datos -por medios mecanizados o no- de un hospital-tipo de la Provincia de Buenos Aires.

2º.- Determinar los problemas y necesidades comunes a todos los hospitales de la Provincia y proponer soluciones para los mismos.

3º.- Definir las necesidades de información de los distintos niveles de la organización hospitalaria y sanitaria provincial; tanto de aquellas anteriores a la creación del S.A.M.O. y que continúan en la actualidad, como de las que se agregan o modifican por la implementación del S.A.M.O.

4º.- Integrar el conjunto de necesidades de información en un todo coherente y armónico.

En este trabajo se presentan las conclusiones del estudio y las propuestas generales para su implementación.

El voluminoso material acopiado durante las distintas etapas del estudio, cuyo análisis condujo a tales conclusiones, se encuentra a disposición de quienes deseen encarar la profundización del tema con vistas a su probable puesta en funcionamiento.

2.- ESQUEMA DEL SISTEMA PROVINCIAL PROPUESTO.

La primera definición que se propone es la implantación de un sistema distribuído de procesamiento de la información en tres niveles, coincidentes con los niveles orgánicos establecidos por la Ley 8801:

Primer Nivel: Todos los hospitales interzonales y zonales de la Provincia.

Segundo Nivel: Todas las Zonas Sanitarias, vinculadas con los hospitales de sus respectivas áreas.

Tercer Nivel: Nivel central, Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires, vinculado con todas las Zonas Sanitarias.

Se propone, además, un plan de cinco etapas para la implementación de este Sistema de Información Provincial:

Etapa 1.- Parte del relevamiento de los procesos cuya mecanización requieren los hospitales para su operación normal y del análisis de los procesos aislados y/o sistemas integrados requeridos. Consiste en la preparación de la documentación necesaria (carpetas funcionales y orgánicas respectivas), progra

mación y prueba de los sistemas proyectados, provisión de los equipos de procesamiento de datos, adiestramiento del personal usuario y funcionamiento normalizado de los sistemas, previo período de procesamiento en paralelo con los métodos vigentes. Toda la etapa se desarrollaría en el ámbito de un hospital-tipo elegido para la prueba piloto.

Se recomienda especialmente no implementar simultáneamente más de dos sistemas por vez, para evitar una alteración sensible en el funcionamiento del hospital.

Etapa 2.- Los distintos procesos y/o sistemas, una vez suficientemente probados y experimentados, serían implementados en un grupo de hospitales preseleccionados. En tal sentido se recomienda que sean, a lo sumo, tres o cuatro hospitales, preferentemente de una misma Zona Sanitaria.

Etapa 3.- Cumplida la Etapa anterior, podrían ponerse en marcha los procesos de segundo nivel, o sea el procesamiento de cierta información ya elaborada por los hospitales, para obtener estadísticas de tipo zonal y de toda aquella información que requiere una Zona Sanitaria para la planificación y control de las actividades de los hospitales de su zona.
Al mismo tiempo, podrían ir agregándose al Sistema los restantes hospitales interzonales y zonales de esa Zona Sanitaria, para efectuar sus procesos mecanizados locales y enviar la información para su procesamiento zonal.

Etapa 4.- Verificado el buen funcionamiento del sistema a nivel de Zona Sanitaria, podrían ir implementándose los procesos mecanizados en otros hospitales, pertenecientes a otras Zonas Sanitarias, en forma sucesiva, y tratando de que vayan integrándose al Sistema todos los hospitales interzonales y zonales de una Zona Sanitaria, antes de pasar a la siguiente.

Etapa 5.- Cumplida la implementación en tales hospitales de dos o tres Zonas Sanitarias, y a la vez, en funcionamiento los procesos zonales, podrían ponerse en marcha los procesos de tercer nivel, o sea el procesamiento de la información zonal, en el centro de cómputos del Ministerio, para obtener la información provincial.
Al mismo tiempo, podrían ir agregándose las restantes Zonas Sanitarias con sus respectivos hospitales, e integrándose al Sistema de Información Provincial, hasta que el mismo llegue a su plena integración.

Desde luego, este esquema no constituye la única posibilidad para el desarrollo de un sistema distribuído de información en el área de la administración hospitalaria y sanitaria de la Provincia de Buenos Aires. Pero puede asegurarse que es un esquema factible, que puede implementarse en un lapso razonablemente breve y en etapas sucesivas, y que a la vez puede dar resultados en forma rápida -pocos meses a partir de la instalación del equipo- en un hospital piloto.

Por otra parte, y dado que el primer nivel -Hospitales- puede implementarse independientemente de que se decida o no la existencia del segundo nivel -Zonas Sanitarias- y a la vez, este segundo nivel puede funcionar independientemente de que se decida o no la implementación del tercer nivel -Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires- los procesos y/o sistemas que se vayan poniendo en marcha en los hospitales ya constituyen un producto terminado, apto para cumplimentar las necesidades de cada establecimiento, y apto también para proveer a las etapas sucesivas del esquema propuesto.

En lo que atañe específicamente al software de aplicación, caben, al menos, algunas variantes:

* Sistemas "a medida", cuyo desarrollo implica un costo considerable, pero que se amortiza rápidamente en la cantidad de hospitales que utilizarán los mismos procesos.

* Sistemas "de confección" ya existentes en el mercado. Pueden ser paquetes provistos por empresas comercializadoras de equipos de computación y/o de software de aplicación, o bien sistemas desarrollados para algún cliente específico local. En tales casos caben dos posibilidades:

+ Los sistemas son de aplicación directa; por diversas razones, no admiten modificaciones o éstas son muy costosas, y es necesario adaptar el hospital al sistema.

+ Los sistemas aceptan modificaciones en mayor o menor grado, pudiendo adaptarse parcial o totalmente a la organización existente en el hospital.

Como resumen, pueden destacarse los siguientes aspectos:

- El plan propuesto es totalmente factible, tanto desde el punto de vista organizativo como del económico.

- Se corresponde completamente con la organización implantada por el S.A.M.O.

- El sistema propuesto se adecua al actual nivel de complejidad hospitalaria.

- Puede implementarse por módulos o subconjuntos que son completos en sí mismos, independientemente de que se pongan en funcionamiento otros niveles del plan total.

Como dato ilustrativo, se menciona que el estudio se desarrolló en un Hospital Zonal, que atiende 300.000 consultas externas por año y 6000 internaciones en el mismo lapso.

3.- DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS Y/O PROCESOS NECESARIOS.

3.1 Estadística Médica y Administrativa.

Es conveniente establecer una clara diferencia entre información estadística -como elemento integrante de un sistema de información hospitalaria- y el Sector Estadística del Hospital, como elemento administrativo. La actividad fundamental del Sector Estadística consiste en su funcionamiento como oficina de admisión, movimiento y egreso de los pacientes -internos y externos- del Hospital.
En tal sentido, puede definirse como el más importante y complejo de los denominados "servicios indirectos o administrativos" del Hospital.

En primer lugar, se hará referencia a las principales funciones que cumple actualmente el Sector Estadística:

1) Admisión de todo paciente que ingresa al Hospital. En tal sentido, debería funcionar ininterrumpidamente, con personal de atención de los ingresos -por cualquier motivo- durante las 24 horas. Obviamente tal cosa no sucede en la actualidad: los pacientes pueden ingresar por Guardia o por internación urgente, en horarios en los cuales no hay personal en ventanilla, y tales ingresos son informados -en el mejor de los casos- al día siguiente. Preadmisiones.

2) Fichero de pacientes. En caso de pacientes que ingresan por primera vez, llena el Carnet de Identificación con los datos requeridos y asigna número de Historia Clínica, entregando el documento al paciente; recibe la Declaración Jurada del mismo y verifica sus datos.

3) Registros médicos. En tal sentido, es responsable de la iniciación de la carpeta que contendrá la historia clínica del paciente, de su remisión a los servicios que atenderán a dicho paciente, y a su correcto archivo una vez devuelta la H. C.

4) Facturación de los servicios hospitalarios. Debe verificar todo servicio efectuado, sea o no pago; controla si el pago se imputa a alguna Obra Social, y factura directamente la prestación a cargo del paciente, según su categoría.

5) Atiende los oficios de los Tribunales y Comisarías.

6) Tramita las defunciones y la entrega de los cuerpos.

7) Registra y controla todos los movimientos -traslados de sala- de los pacientes dentro del Hospital.

8) Registra y controla los egresos de los pacientes del Hospital, por cualquiera de sus causas: por curación (alta mé-

dica definitiva); por mejoría (alta médica transitoria); por estabilización de la enfermedad; por defunción; por alta voluntaria (abandono de tratamiento); por cancelación de vigencia de derechos; por traslado a otra institución.

9) Llena los formularios con los datos solicitados por el S.A.M.O. y otros sectores del Hospital y Zona Sanitaria; controla la entrega de formularios llenados por distintos Servicios y los remite a los sectores usuarios.
En este tema cabe destacar la profusión de formularios en los cuales tiene responsabilidad el Sector Estadística (31 formularios analizados).

PROCESOS PROPUESTOS.

Se han definido dos módulos distintos en los cuales puede agruparse prácticamente toda la actividad del Sector Estadística.

El Módulo 1, al cual se denomina "Registración de Pacientes Externos e Internos", incluye todos los datos correspondientes a la admisión, movimiento y egreso de los pacientes.

El Módulo 2, al cual se denomina "Prestaciones", incluye el registro de los conceptos indicados por los profesionales, el código del diagnóstico clínico probable, y la facturación de las prestaciones.

Se expondrán a continuación, con mayor detalle, las características de cada uno de ellos.

MÓDULO 1.

Datos de Entrada:

- Establecimiento (localidad, partido, dependencia administrativa).

- Datos del paciente: apellido paterno y materno, nombres, fecha de nacimiento, edad, sexo, nacionalidad, estado civil, documentos, domicilio; familiar, acompañante o responsable.
- Obra Social, Mutual, Seguro. Número y tipo de afiliado. Condición S.A.M.O. Declaración jurada, fecha y porcentaje tope.
- Número de Historia Clínica.

- Paciente externo: fecha atención; primera vez o siguientes; servicio o consultorio externo. Diagnóstico.

- Paciente interno: sector de internación, sala, dotación camas, cama N°, fecha de ingreso, hora. Hospitalizado por. Diagnóstico principal, otros diagnósticos. Pase de, pase a. Operado, fecha. Preoperatorio, días, horas. Operación más im-

portante, otras operaciones.
Lesiones: producidas por, circunstancias, lugar.

- Egreso: fecha de egreso, hora. Causa del egreso. Autopsia.
- Código de médico interviniente (ero matrícula).

Archivos:

Se creará el Fichero General de Pacientes, que podrá estar separado en Pacientes Internos y Pacientes Externos.
Cada vez que ingrese un nuevo paciente, lo que implica la creación de un nuevo registro, el operador digitará "Alta" en la consola del equipo, y en la pantalla aparecerán ordenadamente los casilleros cuyo llenado debe proveer, en forma similar al llenado del formulario equivalente.
Si se tratase de un movimiento o de un egreso, el operador digitará "Movimiento" o "Baja" en la consola, e indicará el Nº de Historia Clínica. En la pantalla aparecerá el registro correspondiente a ese paciente, verificando visualmente el operador que se trate del mismo, ya sea por cotejo del número de documento, igualdad de apellido y nombre, etc. A continuación, procederá a completar los datos que se le indiquen en la pantalla.
El Fichero General de Pacientes podrá ser utilizado en dos aspectos claramente definidos:

a) Consulta de sus datos. Por ejemplo, digitando en la consola el Nº de Historia Clínica, podrán leerse en la pantalla todos los datos provistos acerca del paciente. En el caso de que haya extraviado su Carnet de Identificación y no recuerde el Nº de H.C., podrá ubicarse su registro digitando en la consola algún otro dato clave, como tipo y número de documento de identidad.

b) Combinación de sus datos. Por medio de distintos programas de explotación, podrá agruparse y sumarizarse información contenida en el Fichero para un período dado. Por ejemplo, el Resumen Mensual del Censo Diario; el Resumen de pacientes internados y porcentaje ocupacional de camas, por Servicio; el Informe Mensual de Consultorio Externo; el Informe Mensual de Egresados, días de estada y fallecidos, por Servicio.

Si, además, se combina la información contenida en el Fichero General de Pacientes con los datos pertenecientes al Módulo "Prestaciones", podrá obtenerse la facturación de cualquier prestación o conjunto de ellas para un paciente, el Resumen Mensual de Facturación, etc.

MÓDULO 2.

Datos de Entrada:

- Historia Clínica Nº.

- Diagnóstico. En todos los casos, se utilizará la codificación de la Organización Mundial de la Salud, 9a.revisión.

- Cantidad y código, tanto para prestaciones como para medicamentos. Se utilizarán los distintos Nomencladores de Aranceles para Prestaciones Médicas, Odontológicas, Bioquímicas, provistos por el S.A.M.O.- Para aplicar el mismo sistema con los medicamentos, se requiere la codificación del Diccionario de Productos Farmacéuticos (DPF) o de un Vademecum; hasta tanto se provea el mismo, podrá ingresarse manualmente el monto del importe.

Archivos:

Se registrarán en soportes magnéticos (discos, diskettes) todos los datos requeridos en las Ordenes de Prestación (Formulario 5 del S.A.M.O.), en cualquier secuencia (esto es, sin necesidad de ordenamiento o clasificación previos). Todos los Nomencladores se hallarán previamente registrados en la memoria del computador, en forma de Tablas que contendrán la codificación, la descripción (para control visual) y las U.E.P. correspondientes. (U.E.P. = Unidad de Establecimiento Provincial, módulo cuyo valor fué establecido por el Consejo Provincial del S.A.M.O. y es actualizado en base a los incrementos que fija el P.E.N.). También estarán codificadas todas aquellas normas que impliquen modificaciones y/o excepciones en cuanto a la facturación de las prestaciones.
La Clasificación Internacional de Enfermedades de la O.M.S. se encontrará también registrada en la memoria del equipo, para control doble del Código de Diagnóstico (visual y por programa), ya que constituye un dato muy importante para información estadística posterior.

Toda la facturación de las prestaciones se hará mediante proceso mecanizado:

a) Los datos del paciente -incluyendo su condición, Obra Social, y restantes informaciones relativas al pago de la prestación- se obtendrán del Fichero General de Pacientes, utilizando como código de vinculación el Nº de Historia Clínica indicado en la Orden de Prestación.

b) Las cantidades y códigos de las prestaciones se extraerán también de la Orden de Prestación, al igual que el código de diagnóstico.

c) El valor del módulo U.E.P. será modificado en cada oportunidad que así lo indique el Consejo Provincial del S.A.M.O.
Conociendo el código y cantidad de cada prestación, el programa extraerá de Tablas la U.E.P. y el valor de la U.E.P. actualizado; un simple producto dará el valor de la prestación al 100%.
Aplicando el % que corresponda según la condición del paciente

se imprime la factura indicando el monto que debe pagar el mismo (si es pago directo) o la Obra Social. Cabe destacar que, en el caso particular del Hospital, la emisión de la factura no implica siempre su pago.

El procesamiento de la información registrada en este Módulo puede dar lugar a una amplia cantidad de informes contables y estadísticos; por ejemplo, el proceso de liquidación a las Obras Sociales. Todos los procesos contables que se inician con el pago de las prestaciones, pueden obtenerse mediante la explotación de la información registrada en ambos Módulos.

Información estadística:

Se ha mencionado ya parte de la información de salida que puede obtenerse mediante la explotación de los archivos de los Módulos 1 y 2, y que pueden reemplazar a la mayoría de los formularios de llenado manual.
Es importante referirse expresamente a los informes estadísticos que pueden producirse a partir de los mismos datos.

1) Censo diario de camas ocupadas (a las cero horas).

2) Número de pacientes atendidos en Consultorios Externos, clasificados en primera vez y siguientes, totales y por Servicio.

3) Número de pacientes internados diariamente, durante un lapso dado (en general, mensual). Totales y por Servicio.

4) Número de pacientes egresados, vivos y fallecidos, durante el mismo lapso. Los fallecidos se contabilizan en distinta forma si su permanencia el el Hospital superó o no las 48 horas. A su vez, los egresados vivos pueden estar discriminados según seis posibilidades (3.1, 8). Totales y por Servicio.

5) Número de pacientes internados, clasificados por categoría, edad, sala, servicios, diagnósticos, etc. Altas de pacientes, vivos y fallecidos, dentro de esos grupos.

6) Tasa o porcentaje de ocupación de camas, como relación entre los días-cama empleados en atención de pacientes, durante un lapso dado, y los días-cama teóricos en igual lapso (en general, mensual).

7) Tasa de letalidad o mortalidad general, como relación entre el total de fallecidos durante un lapso dado y el total de pacientes egresados en igual lapso (en general, mensual). Pueden obtenerse por sala, por servicio, por especialidad.

8) Giro de camas, como relación entre el número total de egresos y el promedio de camas disponibles, en un lapso dado (en general, anual o semestral). Totales y por Servicio.

9) Promedio de días de estadía, como relación entre el total de días de estadía de todos los pacientes, en un lapso dado, y el total de pacientes egresados en igual lapso (en general, mensual).
También puede obtenerse por sala y por servicio.

Puede preverse, además, el suministro de cierta información adicional. Por ejemplo, número de fallecidos por anestesia, postoperatorio, parto; número de autopsias; número de interconsultas; número de recién nacidos vivos; porcentaje de infecciones y de complicaciones.

3.2 Licitaciones para la provisión de elementos.

El proceso de licitaciones para compras y contrataciones constituye una de las mayores fuentes de traba o administrativo-contable en el Hospital. Analizando la información de los últimos tres años, se contabilizó un promedio de 140 licitaciones por año. Cada licitación puede tener uno o varios renglones (artículos), existiendo algunas con más de cien artículos (laboratorio, medicamentos). Por cada renglón, puede haber una o varias firmas cotizantes. Ello permite estimar el trabajo que representa el análisis y adjudicación de cada licitación.

Deben contabilizarse además los pedidos de compra directa por Cooperadora, con un promedio de 50 pedidos semanales durante el período de tiempo analizado. Tales compras implican una tarea similar a la de las licitaciones; el 74% correspondieron a items de materiales y mantenimiento, y muebles y útiles para el Hospital en general y laboratorios.

PROCESO PROPUESTO.

Tal como se desarrolla actualmente, el procedimiento cumple con los distintos requerimientos legales y contables. Por lo tanto, el proceso propuesto sigue linealmente al procedimiento manual, pero traslada al computador la confección de listas, pliegos de condiciones particulares, cuadros comparativos de precios, etc.

El proceso mecanizado se inicia con la introducción por consola de la fecha, Nº de licitación, motivo y período. A continuación, el operador digita la Lista de Pedidos, que ha sido producida y firmada por el Jefe del Servicio solicitante, a medida que la pantalla va pidiendo los datos: Renglón Nº, Cantidad, Denominación (código más descripción). Todos estos datos quedan grabados en un diskette.

El segundo paso admite, al menos, dos variantes:

a) Proceso manual. El Sector Compras recibe un listado, emitido por la impresora, donde se indica Renglón Nº, Cantidad, Denominación, con espacios en blanco para colocar el jus-

tiprecio y la lista de proveedores, operación que cumple en la forma actual.

b) Proceso mecanizado. Prevé la existencia de un Fichero de Materiales en soporte magnético (disco o diskette), que se mantiene permanentemente actualizado con los precios de reposición, y donde figuran codificados los proveedores de cada item.

Por cualquiera de las dos variantes se obtendrá un listado con las columnas de Renglón Nº, Cantidad, Denominación, Justiprecio, Código y Nombre de Proveedores.
Cantidad por justiprecio unitario dan el justiprecio por renglón; la suma de todos ellos dará el monto aproximado de la licitación.

Siguen una serie de pasos claramente preestablecidos:

- Autorización del Director para iniciar el trámite; reserva de fondos e imputación preventiva.

- Confección del pliego de licitación y envío de los pliegos a los proveedores preseleccionados.

- Acto de apertura de los sobres y firma del acta respectiva. Se introduce la información al computador, digitando en la consola Nº de renglón cotizado, precio unitario y/o total, para todos los renglones y todos los proveedores cotizantes. Terminado el ingreso de los datos, se inicia el proceso de clasificación, que finaliza con la emisión de un listado, el Cuadro Comparativo de Precios.

- Análisis de dicho Cuadro por parte de la Comisión Asesora de Preadjudicación; sus decisiones se introducen al computador, el cual emite una Orden de Compra para cada proveedor por los items preadjudicados. El Director conforma lo actuado y autoriza a librar las Ordenes de Compra, que son enviadas a los proveedores.

- Recepción de los materiales. Control y aprobación de cada item por parte del Servicio solicitante. Ante cualquier diferencia, se hacen las intimaciones correspondientes.

Archivos:

Tal como surge de la descripción somera del proceso, se prevé la existencia de dos archivos maestros: el Fichero de Materiales y el Fichero de Proveedores. Dadas las características particulares de dicho proceso, no resulta imprescindible la utilización de ambos ficheros para completar cada licitación, ya que puede introducirse manualmente la información, extraída de los catálogos actualmente en uso. En ese caso, puede contemplarse el desarrollo del proceso mecanizado de licitaciones en dos etapas: la primera, sin utilizar los ficheros de materiales y de proveedores; la segunda, con el uso de uno o ambos.

El tercer archivo está constituído por los diskettes donde se va acumulando la información de cada licitación, tarea que se va cumpliendo en distintos tiempos, según surge de la descripción del proceso. Una vez concluída la operación de compra cada diskette puede ser conservado por un período máximo de un año, en caso de solicitarse algún tipo de estadística anual.

3.3 Existencia de Materiales.

Es universalmente conocida la relación entre los sistemas de Compras, Administración de Stocks y Ventas en cualquier empresa industrial o comercial. Ello hace que casi todos los proveedores de equipos de computación tengan disponible algún "paquete" de programas que contemplan tales procesos.
Del estudio efectuado surge "a priori" la posibilidad de utilización del software existente para satisfacer las necesidades del Hospital en cuanto a la administración de los materiales, aunque puedan requerirse algunas modificaciones menores para su adaptación a un uso específico.

El Hospital utiliza un sistema mixto:

a) El proceso de compras está centralizado, y se cumple por intermedio del Sector Compras.

b) El movimiento de los materiales está descentralizado, y se maneja por medio de los siguientes depósitos autónomos:

- Administración (incluye placas Rx y librería).
- Anatomía Patológica.
- Economato (alimentación y artículos de limpieza).
- Farmacia.
- Hemoterapia.
- Laboratorio.
- Mantenimiento.
- Rayos.
- Ropería.

Cada depósito controla el nivel de su lista de materiales y emite una Orden de Pedido al Sector Compras, indicando descripción y cantidad del artículo a reponer. Cumplido el trámite de compra, se responsabiliza por la recepción de los materiales (control de calidad y cantidad, cumplimiento del proveedor, etc.) y los ingresa a su depósito autónomo.

El Hospital ha organizado las compras de modo tal que cada depósito tiene fechas fijas para solicitar su reabastecimiento; una forma de calendario de compras. Los modelos de stocks a utilizar no permiten contemplar la posibilidad de agotamiento de los artículos, especialmente en áreas de servicios a pacientes internos y externos.

Archivos:

Ya se han mencionado los dos archivos maestros previstos: el Fichero de Materiales y el Fichero de Proveedores. Sus contenidos no difieren mayormente de lo ya conocido.
Constituye requisito básico la existencia de un Nomenclador Único de Materiales, que contenga al menos el código, descripción, unidad de medida y códigos de los materiales equivalentes con los cuales pueda suplirse la falta de algún material en particular. Debe prepararse un nomenclador de tipo general, para su utilización en todos los hospitales de la Provincia de Buenos Aires.

No se considera necesaria la actualización en tiempo real del Fichero de Materiales a medida que se vayan realizando las transacciones, al menos en la etapa actual de organización del Hospital.

3.4 Planteles Básicos de Personal.

La totalidad del personal de los hospitales está incluída en dos leyes:

Ley 7878, Carrera Profesional Hospitalaria para Médicos y Profesionales afines (Decreto 2664), donde se establecen cinco niveles de complejidad de establecimientos sanitarios; tres clases de personal; tres categorías de personal según su antigüedad; regímenes de distinta cantidad de horas semanales.

Ley 8721, Régimen para el Personal de la Administración Pública de la Provincia de Buenos Aires, reglamentada por los Decretos 965/77 y 1139/77, que agrupa al resto del personal de los hospitales, donde se establecen seis agrupamientos y 19 niveles de categorías.

El proceso de liquidación de haberes se efectúa en forma centralizada en La Plata, y no se considera necesario innovar en este aspecto.

Es factible -y muy sencillo de programar- el proceso de cálculo de la distribución de ingresos por recaudación directa al personal del Hospital, según lo establece el artículo 6º del Decreto Nº 1158/79, reglamentario de la Ley 8801. El conocimiento de las circulares respectivas exime de mayores comentarios al respecto.

Descartado el proceso específico de la liquidación de haberes, se recomienda la creación de un Fichero Maestro de Personal, donde cada registro correspondería a un cargo del plantel básico del Hospital, y donde los movimientos corresponderían a altas, bajas y cambios del personal incluído en ese plantel básico.

La explotación de este archivo permitiría determinar qué persona física ocupa un cargo dado; conocer al día las vacantes existentes; conocer qué personas físicas del plantel básico pueden optar a la cobertura de esas vacantes; conocer los módulos para el pago de sueldos correspondientes a cada cargo; conocer los códigos, subcódigos, items, grupos y números de legajo que permiten la asociación entre los cargos de los planteles básicos y la codificación para el pago de sueldos que utiliza el nivel central.

El segundo proceso posible, pero que requeriría un acuerdo previo con el nivel central, para evitar duplicación de la información, es el Proceso de Ausentismo. Cabe recordar que la asistencia interviene en el procedimiento de cálculo de las bonificaciones.

Las posibilidades de explotación de ambos ficheros son muy amplias y conocidas, no siendo necesario abundar en mayores detalles al respecto.

4.- DIMENSIONAMIENTO APROXIMADO DEL HARDWARE MÍNIMO.

Como conclusión colateral del estudio, puede establecerse el dimensionamiento aproximado del hardware mínimo necesario. El diseño exacto requiere algunos datos más con respecto a volúmenes de información a incluír en ciertos archivos (por ejemplo, la existencia de un Nomenclador Único de Materiales con una cantidad aún indefinida de artículos), o la mayor o menor integración de algunos sistemas (caso del proceso de licitaciones).

La configuración aproximada es la siguiente:

* Un minicomputador compuesto por unidad central de proceso con 64 Kbytes de memoria, ampliable; teclado de acceso; pantalla de video de 1920 caracteres; impresora de 132 caracteres por línea y dos unidades duales de diskettes, con un total de cuatro Megabytes de capacidad.

* Una terminal inteligente, con impresora.

* Dos terminales de consulta, una con impresora.

Eventualmente pueden agregarse algunas terminales más -sin definir su número- además de las indicadas. Si bien no son imprescindibles en cuanto al dimensionamiento de la información de entrada, son muy convenientes para evitar el movimiento de

operadores dentro del Hospital, con recorridos a veces bastante largos, para efectuar las transacciones previstas.

Se reitera, como requerimiento básico, las características de fácil expansión que debe tener esta configuración mínima, previendo las posibilidades de rápido crecimiento y grado de integración del sistema.

El sistema operativo del equipo debe manejar indistintamente discos rígidos y diskettes. Debe poseer, además, facilidad de manejo de comunicaciones para la transmisión de datos por vía telefónica y/o VHF. Debe tener también sistemas modernos de manejo de archivos, incluyendo bases de datos.

En resumen, el hardware y su software de base deben permitir el cumplimiento de los requisitos -internacionalmente recomendados- para obtener el éxito en la implementación de un sistema distribuído de procesamiento de datos:

1.- Sistemas confiables y económicos.

2.- Sistemas operativos orientados al uso de terminales.

3.- Programas para el ingreso de los datos donde los mismos se originan.

4.- Sistemas flexibles para el manejo de los archivos maestros.

5.- Programas para generar localmente informes para el usuario.

6.- Sistemas operativos para la transmisión de datos.

Por último, debe tomarse en cuenta la posibilidad -a largo plazo, pero totalmente lógica dada la integración física y social entre la Capital Federal y el Gran Buenos Aires- de que los hospitales del Conurbano integren el sistema de comunicaciones del C.I.P.E.C. (Centro de Información Permanente para Emergencias y Catástrofes de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires).

"Pedes in terra, ad sidera visus".

5.- APÉNDICE.

Se adjunta una lista -no taxativa- de las empresas que proveen en plaza sistemas de informática médica, con un breve índice de sus módulos y la mención del hardware propuesto.
La información está actualizada al 31/Octubre/1980 en base a la documentación entregada por dichas empresas.

Coasin Computación S.A.:

Provee el DSM-11, Digital Standard MUMPS (extensión del Massachusetts General Hospital Utility Multi-Programming System).

Comercializa localmente el SAH, Sistema de Administración Hospitalaria, compuesto por los siguientes Sistemas: Administrativo de Consultorios Externos (subsistemas Registro de Pacientes y Reserva de Turnos); Historia Clínica; Contabilidad y Costos; Admisión (pacientes internos); Farmacia; Cirugía; Radiología; Laboratorio; Facturación.

Equipos: Digital PDP 11/34, 11/45, 11/60, 11/70, (C.P.U.); VAX-11/780.

Instalación piloto: Sanatorio Güemes.

Com-Dat S.A.:

Provee el Sistema Integral para Centros Asistenciales. Subsistemas: Historias Clínicas (pacientes de tipo ambulatorio); Admisión; Reserva de Turnos; Laboratorio; Cirugía; Prácticas varias; Facturación; Inventarios; Farmacia; Contabilidad General; Liquidación de Sueldos.

Equipos: sistemas Basic/Four 200, 410, 610 y 730.

Instalación piloto: Clínica San Ramón.

Comdata S.A.:

Provee los Sistemas Administrativos Hospitalarios de la Jones Health Systems Management, Inc. (New York, U.S.A.) Sistemas: Económico Financiero (Cobro y Pago de Prestaciones, Análisis Económico Financiero); Control Patrimonial de Stocks; Asignación de Turnos; Estadísticas Sanitarias; Historias Clínicas.

Equipos: Texas Instruments, 990 Computer Family.

Contecsa S.A.:

Equipos: Data General, modelos Nova y Eclipse.

Instalación piloto: Hospital Privado de San Isidro (ex Jockey Club).

I.B.M. Argentina S.A.:

Comercializa el HCS, Health Care Support: conjunto de aplicaciones diseñadas para crear, mantener y acceder a la Base de Datos de Pacientes (Patient Data Base Systems; utiliza DBMS y CMS).

Módulos de aplicación: Registro y Admisión; Comunicación de Órdenes; Farmacia; Programación Laboratorio Análisis Clínicos, Dietas, Sala Operaciones, Radiología, ECG; Historias Clínicas reducidas; Estadísticas Médicas.

Equipos: Conjuntos IBM 4300 (procesadores 4331 y 4341).

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

SISTEMA DE INFORMACION PARA INSTITUCIONES MEDICAS

Angel María Orbe

Círculo Médico de Tandil
Pinto 853, Tandil - Argentina

El Presente trabajo sintetiza las experiencias desarrolladas por el CENTRO de COMPUTOS del CIRCULO MEDICO DE TANDIL desde agosto/1974 y sus vinculaciones con Proyectos similares en la Asociación Médica de Bahía Blanca, Círculos Médicos de San Nicolás, San Isidro, Junín, Olavarría y la Federación Médica de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, en la elaboración de un Sistema de Información mediante Computadoras Electrónicas para Instituciones Médicas, que incluye:

- Facturación de Prestaciones Médicas a Obras Sociales y Entes de Seguros
- Liquidación de Honorarios Médicos
- Estadísticas Descripitivas de Prestaciones Médicas y de Ponderación de los sistemas de Atención por Acto Médico y/o Capitación
- Auditoría Médica Diferida y En-línea con la atención de afiliados
- Atención de Afiliados En-línea
- Diseño e Implementación de Formularios para Re-entry (Bonos Tarjetas)
- Proceso y Análisis de Textos:
  - Historias Clínicas
  - Bibliografía Médica

En representación del Círculo Médico de Tandil y de la Federación Médica de Buenos Aires (Femeba), ha sido presentado oficialmente en las III Jornadas de Cooperación Médica Hispano-Argentinas (Madrid 30/9 al 5/10/80), ante el Servicio de Informática del Hospital Ramón y Cajal (Madrid), ante el Computer Services en Miami Heart Institute (Miami) y en la Reunión sobre Computación y Sistemas de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA 13 al 15/11/80).

En la instancia actual, ha quedado consolidado el Sistema de Atención de Afiliados (para Beneficiarios del Instituto de Jubilados y Pensionados) En-línea con la computadora, siendo éste el Primer Sistema en su tipo que funciona en Argentina.

Simultáneamente, tiene en desarrollo un Sistema de Proceso y Análisis de Textos en lenguaje natural en base a registros no formateados y su Objetivo Final consiste en integrar una Red Distribuída en la provincia de Buenos Aires en el ámbito de Femeba, con minicomputadores en los nodos.

El Proyectos es dirigido por el Ing. Angel María Orbe e integran el euipo de Desarrollo: Prof. Juan Bautista Orbe (M. A., Michigan S. U.) en lingüística, los Sres. Ricardo Montoya en análisis-programación, Alfredo Logioia y Fernando Leeson system programmers, Carlos Marino y Carlos Merlo en operaciones y Pedro Lavítola (Gerente) en Evaluación de Prioridades.

Las Necesidades detectadas que impulsaron la formulación del Proyecto pueden sintetizarse en las siguientes cinco:

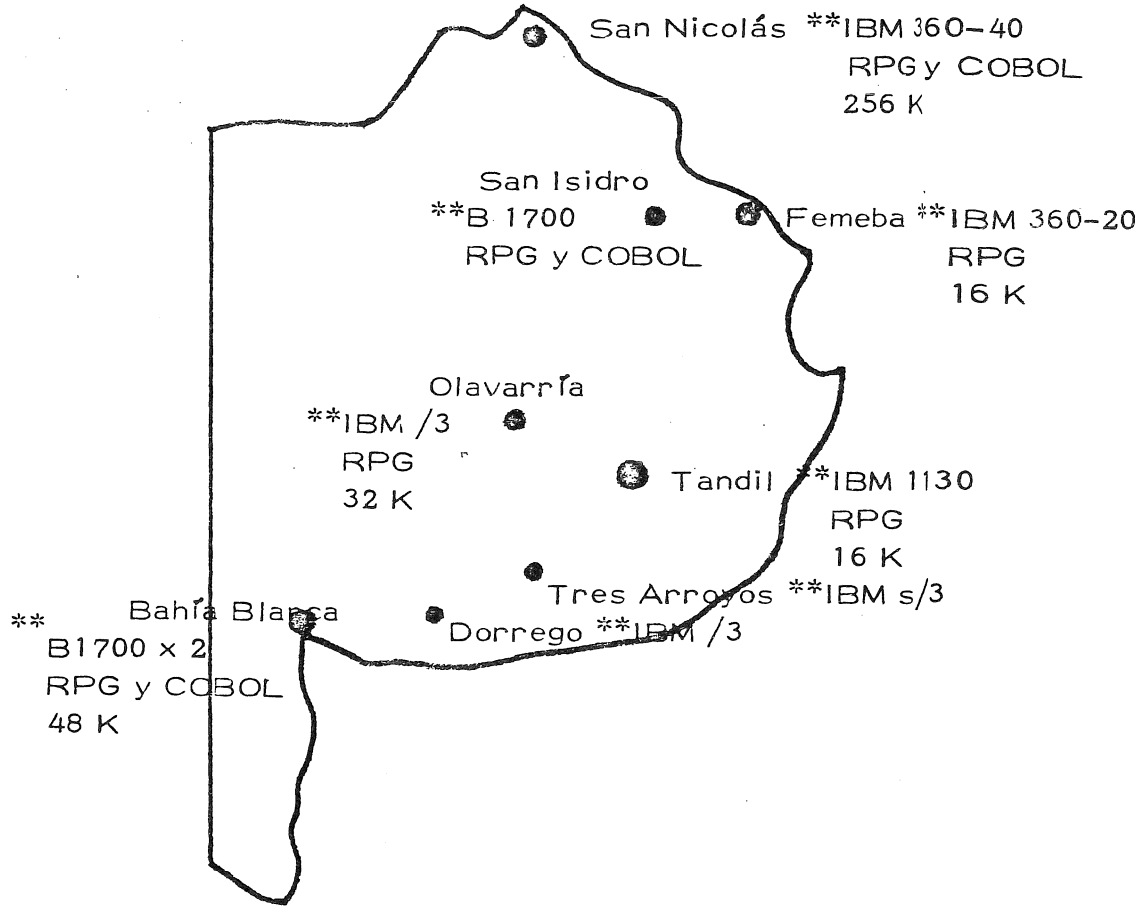
1. Serios aspectos administrativos sin solución, entre los que surgía claramente la Facturación de prestaciones cada vez más compleja para intentarla manualmente.
2. Información sobre miles de actos médicos que era utilizada exclusivamente en los aspectos administrativos.
3. Gran parte de la experiencia muere con el médico.
4. Falta de bases científicas para ponderar comportamientos en los sistemas de atención.
5. La explosión mundial de información

La Estrategia de Implementación se apoyó en las siguientes recomendaciones:

1. Obtener la financiación del Proyecto mediante logros administrativos
2. Teniendo en cuenta la escaza experiencia previa en procesamiento electrónico de datos, descartar los módelos pre-planeados externos y en cambio, desarrollar una idea local, enfrentándola permanentemente con otras experiencias en el país y el mundo, apuntando a sus posibilidades de Re-instalación en otras instituciones lo que evitaría la duplicación de inversiones y aseguraría una amortización más rápida.
3. La implementación paulatina de nuevas aplicaciones, debe sustituír COSTOS en Servicios por INVERSIONES en al menos tres etapas:
   3.1. Generación de datos y Proceso en Centros externos
   3.2. Generación de datos en la Institución y Proceso externo
   3.3. Generación de datos y Proceso en la institución.
4. Recordar permanentemente que se trata de desarrollar un Sistema de Información para Médicos y NO un Sistema de Información para Médicos que han estudiado computación.
5. Definir Etapas Simples y un GRAN OBJETIVO, pensando que en cada paso el Proyecto puede terminar pero sin olvidar que en cada paso puede seguir.
6. Proponer políticas de Personal que recurran a la capacitación permanen

te como fuente de obtener los técnicos necesarios y así minimizar la incorporación externa, como atenuante de la reacción al cambio.

El mapa de computadoras disponibles en la provincia de Buenos Aires en enero de 1975:



marcó con claridad el lenguaje aconsejable

RPG

el sustituto

COBOL

la partición máxima de memoria real

16 Kbytes

y el soporte que permitiera el Re-entry de la información

TARJETA PERFORADA

El Análisis del Sistema de Información permitió definir las exigencias en relación al esquema:

I. Relación de la Institución con las Obras Sociales
   - Facturación de Prestaciones
   - Medición y Ponderación Estadística
   - Atención de afiliados
   - Gestión de Cobranza
   - Cuenta Corriente

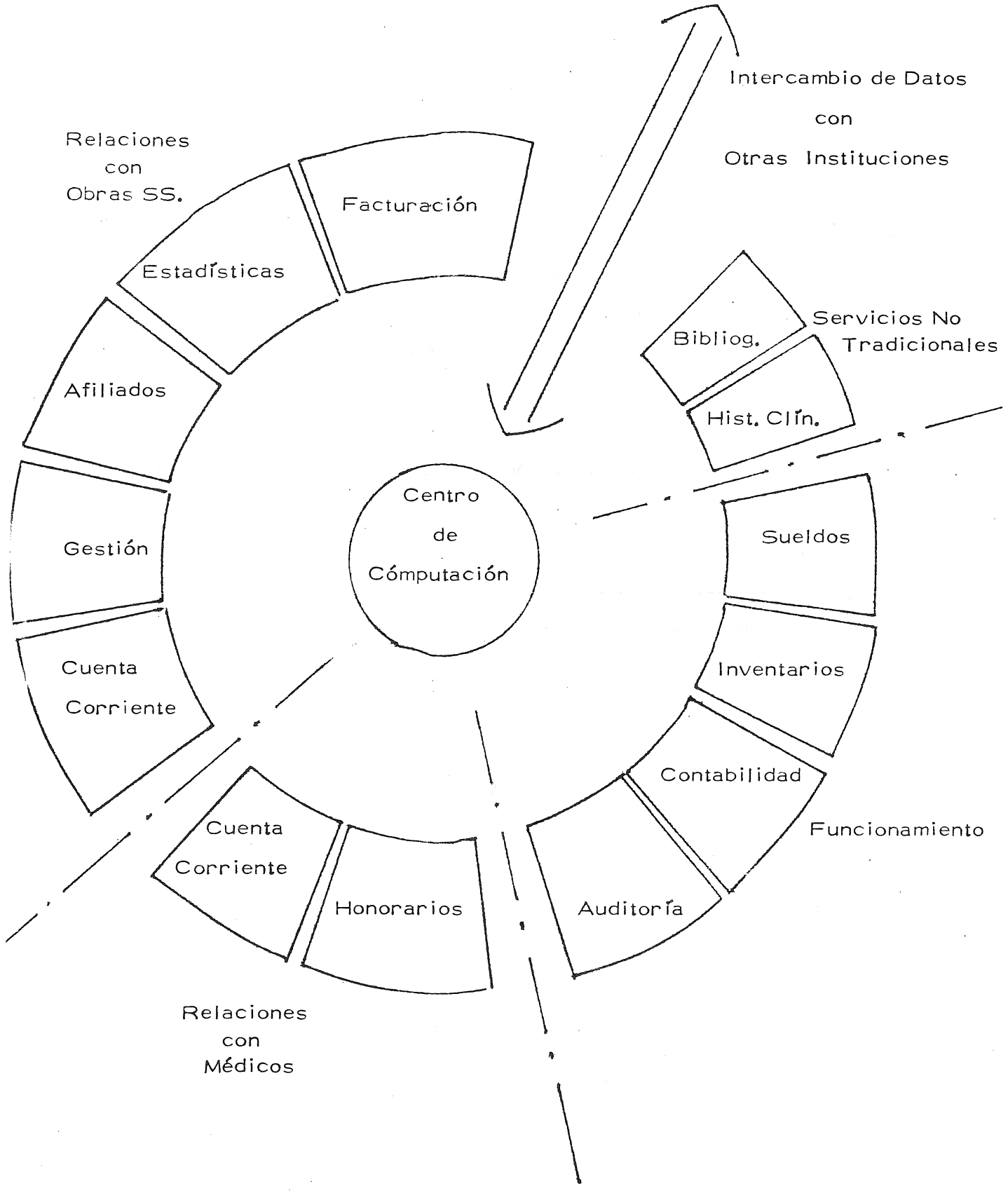
II. Relación de la Institución con los Médicos
   - Liquidación de Honorarios
   - Cuenta Corriente Individual

III. Funcionamiento de la Institución
   - Auditoría
   - Sueldos
   - Contabilidad
   - Inventarios

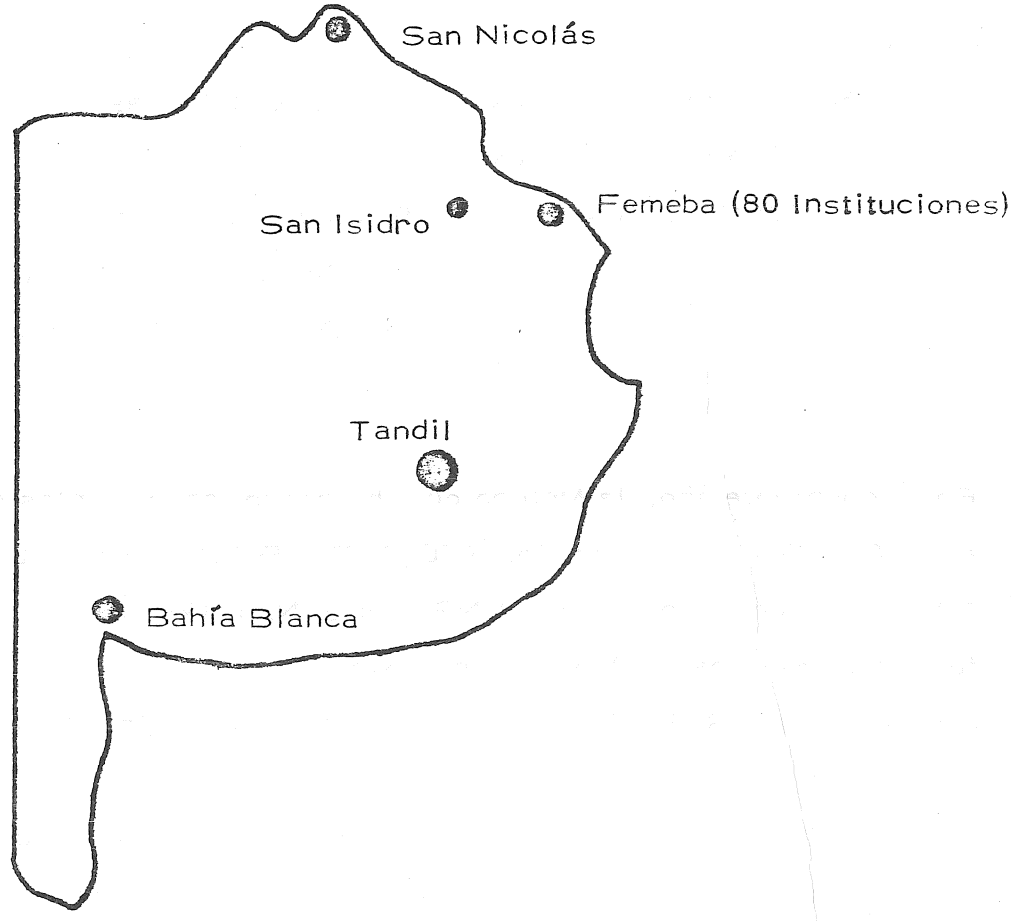
IV. Servicios No Tradicionales Automáticos
   - Historias Clínicas
   - Bibliografía.

ESQUEMA DE CIRCULACION RADIAL DE LA INFORMACION

****



Iniciado el Proyecto en 1975 con el Sistema de Facturación mediante un Programa Valorizador Automático Múltiple, a fines de 76 y comienzos de 1977 se podía di bujar un mapa de aplicaciones administrativas vinculadas a ese Programa que cubría casi 90 Entidades:



Cronológicamente, el Centro de Cómputos del Círculo Médico de Tandil fue implementando:

1974/75: Proyecto

75: Facturación

Liquidación de Honorarios Semanal

Cuenta Corriente Individual por Médico y Global por O. Social

Bono tarjeta pre-perforado

78: Estadísticas

Administarción

Entes de Seguros

79: Centro de Cómputos Propio

80: Atención de Afiliados en-línea

Auditoría de Prestaciones en-línea

Proceso de Textos: Historias Clínicas

previéndose:

80/81: Proceso de Textos: Historias Clínicas

Análisis de Textos - Gramáticas

82: Proceso de Textos: Bibliografía Médica

- Consultas de biblioteca
- Diseminación de novedades

En el corriente año, la Metodología ha consolidado ciertas definiciones que hacen a los Grandes Objetivos: Una RED DISTRIBUIDA como estructura, MINICOMPUTADORES en los nodos y LENGUAJES NATURALES en base a registros no formateados para el Proceso de Textos.

Una RED DISTRIBUIDA como consolidación de la Institución (Femeba) por integración de la información.

MINICOMPUTADORES en las instituciones como garantía de autosuficiencia de proceso, confidencialidad de cierta información, economía de uso de líneas de comunicaciones y posibilidad de sustentar su propia red.

LENGUAJES NATURALES en base a registros no formateados para el proceso de textos, lo que posibilitará diseñar e inferir histórica y estadísticamente las gramáticas necesarias que faciliten el ANALISIS de TEXTOS. Además:

a) El tiempo de generación de archivos es notoriamente inferior al minimizar la preparación de la documentación.

b) El usuario médico no debe aprender lenguajes formales de computación para usar el sistema

c) Las posibilidades de usar el sistema en la formación de estudiantes y médicos recién recibidos (o recién incorporados a la especialidad) sin lenguajes formales.

Los textos son ingresados desde CRTs en formato libre, por renglones, sin palabras cortadas. Mediante técnicas de MENU, el usuario elige la opción y sus conocimientos de computación se limitan a poner en marcha y apagar la terminal y usar el teclado.

Los Textos ingresan como input a un programa Analizador Sintáctico que con tiene un Scanner para definir:

Párrafos

Sentencias

Frases

Palabras

Calificadores de Palabras

A partir de esta función, se actualiza el Archivo de Textos que

INCLUYE EL TEXTO EN LENGUAJE NATURAL

se analiza la presencia de las palabras en un contradiccionario (filtro), para incorporarlas al Diccionario de Palabras que

INCLUYE PALABRA ASOCIADA A UN NUMERO INVERSO

o sea, el número clave con que está soportada en el Diccionario Inverso que

INCLUYE NUMERO CLAVE ASOCIADO A LAS COORDENADAS

TEXTO

PARRAFO

SENTENCIA

FRASE

ORDEN

El diccionario de palabras indica la presencia de palabra en textos mientras que el inverso indica en cuáles textos y su ubicación interna.

El algoritmo de consulta recorre un camino inverso: A partir de la consulta, cons truye un conjunto de coordenadas basándose en los diccionarios. El manejo de los textos vinculados a este conjunto, permite al usuario resolver - en forma interac tiva desde su terminal - cuáles textos satisfacen su consulta entre un HIGH RECALL (Gran cantidad de textos que responden parcial o totalmente) y HIGH PRECISION (Textos que responden exclusivamente).

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE HISTORIA CLINICA COMPUTADA

Rosa Wachenchauzer

Jorge Colombo

Ricardo Jamschon

SANATORIO GUEMES
Avda. Córdoba 3933
Buenos Aires, Argentina

A.- ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El diseño del sistema de computación del Sanatorio Guemes desarrollado en 1975 preveía la existencia de un conjunto de subsistemas y módulos a integrarse gradualmente para cubrir las necesidades organizativas, tanto administrativas como asistenciales y de acuerdo a prioridades que se fueran fijando de acuerdo al ritmo de crecimiento institucional.

Desde el origen se planteó la viabilidad de un sistema de Historia Clínica Computada para la población que forma parte del sistema de atención médica por prepago, relativamente estable, al constituir un sistema cerrado donde la atención medica está centralizada en un único lugar y a cargo de equipos médicos formados por diferentes especialistas. La viabilidad fue analizada tanto para observar la reacción del profesional médico a modificar y adaptarse a un modo distinto del tradicional así como para evaluar los recursos que serían necesarios disponer a nivel de procesador, volúmenes de archivos, sistema operativo, lenguaje de programación, recursos humanos, costos.

Se desarrolló un modelo de Historia Clínica con la participación de profesionales medicos, definiéndose las características que debía tener la entrada de la información y los modos de su recuperación mediante la jerarquización y selección de problemas y diagnósticos.

Se definió un sistema mediante el cual los diferentes términos médicos debían ser codificados, pero permitiendo la utilización de textos libres de modo de asegurar la máxima libertad para el médico.

Se elaboraron programas de computadora para analizar la estructura de información requerida así como para simular distintas salidas que puestas a consideración del equipo de médicos fueron analizadas y discutidas.

Demostrada la viabilidad práctica y en conocimiento de diferentes experiencias aisladas en otros centros médicos de Estados Unidos y Europa se decidió que el sistema de computación a utilizar en el Sanatorio debía prever además del eficiente procesamiento de los datos administrativos, la utilización del mismo para las funciones vinculadas a la asistencia médica y permitir la gradual incorporación de nuevas funciones sin grandes inversiones iniciales.

La implementación se realizó en minicomputadoras PDP-11 de Digital Equipment Corporation bajo el sistema operativo y lenguaje MUMPS, lenguaje desarrollado inicialmente por el Massachusets General Hospital de Boston y convertido actualmente en lenguaje ANSI Standard. Las principales características de MUMPS reside en la manipulación de bases de datos por árboles balanceados, manipulación simple de textos y velocidad de programación y puestas a puntos de programas lo que lo hace muy eficiente para el diseño de sistemas complejos que requieren numerosas adaptaciones.

Asimismo, existe la posibilidad de crear una red de computadores con acceso transparente para el usuario y poder crecer de modo practicamente ilimitado.

B.- OBJETIVOS GENERALES

Una vez decidida la factibilidad del procesamiento de un Sistema de Historia Clínica Computada se analizó la manera de desarrollar el sistema para satisfacer simultáneamente 1) las necesidades del paciente mediante la planificación de su concurrencia a la institución y rápido acceso a la información con la consiguiente disminución del tiempo de espera así como de la confiabilidad de la información; 2) las necesidades de los médicos al presentar una Historia Clínica permanentemente actualizada, con los datos relevantes rápidamente a su alcance y con distintas posibilidades de recuperación de la información de modo de efectuar comparaciones, asociaciones y selecciones que faciliten su proceso de conocimiento y toma de decisiones; 3) las necesidades de los administradores del sistema al disponer de resúmenes de actividad asistencial, datos epidemiológicos básicos y proveer los datos fundamentales para auditoría médica; 4) explorar los datos de la Historia Clínica para efectuar correlaciones y tabulados útiles para los médicos y Jefes de Servicios; 5) simplificar la administración, en los aspectos de registración de Pacientes, reserva de turnos médicos, organización de los aspectos manuales del archivo de Historia Clínica.

Dada la vastedad y dificultad de la puesta en marcha de tal sistema se decidió efectuar hacia comienzos de 1980 un estudio piloto en el Departamento de Pediatría, tal como se explicará más adelante utilizando un conjunto de programas denominado COSTAR (COmputer Stored Ambulatory Record) sistema desarrollado originalmente por el Massachusets General Hospital.

C.- COSTAR

I.- ESQUEMA FUNCIONAL

Costar comprende un número de módulos cuya funcionalidad aparecía como correcta. El esquema general del sistema es el siguiente (fig.1):

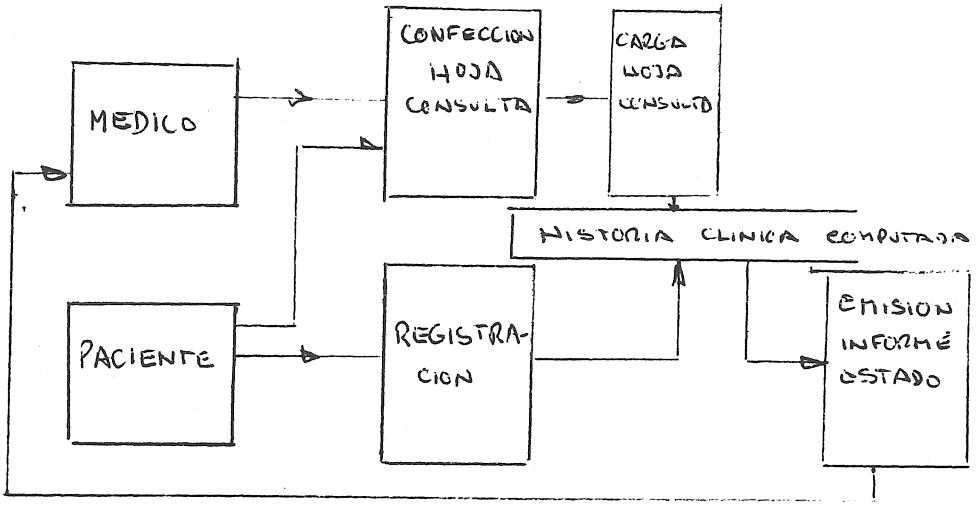


Fig. 1

Todo paciente debe estar identificado y ser registrado con sus datos personales básicos, abriendo así su registro médico. Durante la consulta, el médico o profesional interviniente anota los problemas, diagnósticos, datos del exámen físico, indicaciones médicas, tratamientos, etc, en un formulario llamado "HOJA DE CONSULTA". Esta es ingresada al computador por personal administrativo y almacenada en la Historia Clínica Computada.

La información así registrada puede ser desplegada de acuerdo a determinados criterios. Previamente a la realización de ulteriores consultas se emite un listado denominado "INFORME DE ESTADO" donde aparece información resumida relativa a los datos ingresados en consultas anteriores. Para las consultas de urgencia, dicho informe puede obtenerse por terminal de video o bien por impresora. El documento impreso es descartado luego de cada consulta puesto que el archivo se encuentra completo y permanentemente actualizado.

II.- DICCIONARIO DE TERMINOS MEDICOS

En COSTAR, la información medica se encuentra codificada en un diccionario de términos de codificación libre dentro de un esquema de caracteres alfabéticos, uno numérico y un carácter verificador. Cada institución puede definir el esquema taxonómico deseado. Por ejemplo: podría definirse que todos los códigos que comiencen con la letra "M" corresponda con un diagnóstico cardiovascular, así "MHAB1" representará "HIPERTENSION". Asimismo, códigos similares aunque no idénticos pueden representarse mediante modificadores agregados al código básico.

MHAB1-A podrá significar "HIPERTENSION SECUNDARIA".

Los MODIFICADORES pueden usarse para designar diferentes nombres comerciales de una determinada droga: o estudios de laboratorio incluidos en uno más amplio. Por ej.: NVAA1 sería el código de FORMULA LEUCOCITARIA y NVAA1-A el de NEUTROFILOS, NVAA1-B el de LINFOCITOS, etc.

Para cada código se definen:

1) un conjunto de atributos vinculados a la entrada de los datos, tales como formato del dato, valores de normalidad o razonabilidad;

2) un conjunto de atributos vinculados a la presentación de los datos, que incluyen rutinas para casos específicos;

3) un conjunto de atributos vinculados a la facturación y nomencladores asociados.

Todos los datos que forman parte del diccionario se hallan agrupados en DIVISIONES, tales como DIAGNOSTICOS, PROCEDIMIENTOS, EXAMEN FISICO, ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS (LABORATORIO, RX), ADMINISTRATIVOS. Este agrupamiento es utilizado para presentar los datos en los documentos emitidos o en el despliegue en terminal de una manera ordenada.

III.- HOJA DE CONSULTA

El llenado de la "HOJA DE CONSULTA" se materializa calificando el código COSTAR con un "ESTADO" dentro de un conjunto de valores posibles propios de cada DIVISION. Los códigos de la división "DIAGNOSTICOS" pueden calificarse como "MAYORES", "MENORES", "ANTECEDENTE", "CRONICO", "PRESUNTIVO", "DESCARTADO", "OMITIR DEL INFORME DE ESTADO", etc. Esta categorización permite ordenar los códigos para su presentación de manera de prioritar los relevantes y seleccionar algunos a fin de simplificar la lectura de la Historia.

IV.- FORMAS DE PRESENTACION DE LA HISTORIA CLINICA

COSTAR prevé tres formas de presentación:

1) INFORME DE CONSULTA

Se despliegan en él los datos registrados en una consulta, incluye diagnósticos con los textos asociados, estudios complementarios solicitados, etc.

2) INFORME DE ESTADO

Es un resúmen sobre el estado actual de un paciente, en el que aparecen ordenados por DIVISION cada uno de los códigos registrados que no se haya decidido omitir con lo último informado, su fecha, prestador y cantidad de consultas en las que se hizo referencia.

3) CUADROS DE EVOLUCION

Es un listado cronológico de un conjunto de datos médicos presentados en forma de cuadro comparativo.

D.- PLAN PILOTO DE HISTORIA CLINICA COMPUTARIZADA EN EL DEPARTAMENTO DE PEDIATRIA.

I.- OBJETIVOS DE LA EXPERIENCIA

COSTAR es un sistema muy general, desarrollado teniendo en cuenta las necesidades y modalidades de la atención médica ambulatoria en Estados Unidos.

Con la experiencia se quisieron alcanzar los siguientes objetivos:

1) Evaluar la aceptabilidad por parte de los médicos y requisitos organizativos para su implementación.

2) Disponer de un modo conceptualmente correcto para efectuar el análisis de detalle del sistema, formas de presentación de la información, requerimientos médicos, estadísticos.

3) Evaluar los aspectos de eficiencia y recursos de computación para eventualmente rediseñar el sistema a fin de eliminar parte de la generalidad en beneficio del rendimiento.

II.- DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA

Hacia marzo de 1980 se decidió la puesta en marcha de la experiencia con las siguientes etapas:

1) Preparación de "HOJAS DE CONSULTA".

El diseño de las "HOJAS DE CONSULTA" es uno de los aspectos esenciales para el funcionamiento de COSTAR. Debe estar organizada de modo de facilitar el trabajo al médico, ser lo suficientemente amplia para que aparezcan la mayoría de los códigos que se emplean en la especialidad pero lo suficientemente concisa para que sea fácilmente utilizable.

Se definieron:

A) HOJA DE APERTURA: formulario con los datos de identificación del paciente y su caracterización socio-familiar.

B) HISTORIA PERINATOLOGICA: se registran en ella los antecedentes obstétricos, características del parto y evolución del recién nacido hasta su egreso del Sanatorio.

C) HOJA DE CONSULTA PEDIATRICA: este formulario se utiliza para las consultas de consultorio externo, donde figuran:

- Un encabezamiento administrativo.
- Datos del exámen físico relevantes.
- Peso, talla, perímetro cefálico, tensión arterial, temperatura axilar, datos de desarrollo y alimentación.
- Un conjunto de diagnósticos presuntivamente más frecuentes.
- División de procedimientos, inmunizaciones, exámenes y estudios complementarios, terapéuticas y otros.

En cada una de las divisiones se dejan espacios en blanco para agregar los códigos que no están preimpresos así como textos libres para efectuar comentarios o explicaciones complementarias.

2) CODIFICACION DEL DICCIONARIO

Se decidió utilizar el esquema taxonómico de COSTAR construyéndose un diccionario con todos los términos que figuraban en los formulario. Esto requirió un trabajo de análisis considerable ya que las limitaciones del sistema obligaban a forzar algunos términos en divisiones que no eran las más apropiadas y fue necesario definir previamente los términos utilizados en las diferentes especialidades pediátricas.

Hacia comienzos de junio se comenzó a trabajar con los médicos del Departamento con los distintos instructivos de los formularios, ya que el programa los involucraba a todos,los que trabajaban en la unidad de internación, en la sala de partos, neonatología y el "rooming-in".

Y a los del área ambulatoria, tanto en consultorio externo como en guardia interna y consultas a domicilios.

Se fijó como fecha de comienzo el 1° de julio para ir incorporando a los recién nacidos, lo que representaba la apertura de seis Historias diarias.

Inicialmente se supervisaron y revisaron todas las HOJAS DE CONSULTA completadas por los médicos y durante dos meses se trabajó en paralelo con el sistema antiguo.

Posteriormente se fueron incorporando nuevas poblaciones que incluyen: los niños bajo control que cumplieran un año al 1-10-80.

Se consignó para ellos sus datos relevantes y los registros andropométricos trimestrales, maduración, diagnósticos y alimentación extraidos de las historias manuales.

El 1° de enero de 1981 se comenzó a registrar los datos de pacientes críticos en trabajo conjunto con los especialistas.

Al 28/2/81 los pacientes incorporados al sistema y manejados exclusivamente con la Historia Computada suman 1700.

Se dispone para ello de una terminal para ingreso de datos y una terminal para la emisión de los informes al médico.

III.- CONCLUSIONES DE LA EXPERIENCIA

La experiencia a la fecha puede resumirse así:

1.- Se verificó que COSTAR cumple en general con la funcionalidad para la atención médica ambulatoria, creando la suficiente modularidad para adaptarse a situaciones de cambio.

2.- Se requiere un proceso lento de adaptación y cambio en los hábitos del médico para el llenado de la Hoja de Consulta y Análisis de la información.

3.- El requerimiento de registrar sólo datos positivos crea problemas por el acostumbramiento de los médicos a escribir datos negativos y comentarios extensos.

4.- Los formularios de las HOJAS DE CONSULTA han estado en permanente revisión y siguen estándolo. El objetivo es hacer el formulario y la emisión de la Historia Clínica lo más sencilla y comprensible para cualquier médico no entrenado y tener formularios adecuados a cada circunstancia de prestación médica.

5.- La presentación de los datos a través de COSTAR es bastante rígida no adaptándose a las necesidades del medico, especialidad y circunstancia en que es requerida.

Así, para una consulta de control, puede necesitarse un cuadro con el desarrollo evolutivo del niño mientras que para una situación aguda se requiere sólo lo relativo a ella sin necesidad de utilizar información no relevante en dicha circunstancia.

Ciertas especialidades sólo requieren información sobre los problemas más importantes del paciente y otra de detalle vinculada a esa especialidad.

6.- La generalidad del sistema COSTAR no lo hace aplicable directamente a sistemas de poblaciones amplias como la presente por lo que el tiempo de respuesta y la performance del sistema no son adecuados para su implementación masiva.

7.- Imposibilidad de llevar historias separadas para el mismo paciente en lo relativo a datos de internaciones y de consulta externa.

8.- Limitación en el número de divisiones de agrupamiento de los códigos COSTAR lo que ocasiona dificultades en el ordenamiento de los informes emitidos.

9.- Se decidió desarrollar un sistema que respetando la funcionalidad general de COSTAR permitiera resolver los problemas aquí planteados.

E.- CARACTERISTICAS DEL SISTEMA EN DESARROLLO

I.- OBJETIVOS DEL SISTEMA

1.- Asignar a cada paciente un número de Historia único.

2.- Mantener en línea para cada paciente, toda la información medica y medico-administrativa que ingrese al sistema, tanto para las consultas ambulatorias como para la internación.

3.- Asegurar un sistema de recuperación de información flexible y adaptado a las circunstancias de su utilización, creando informes específicos para el tipo de consulta y especialidad así como consultas interactivas en distintos niveles de detalle.

4.- Identificar a un paciente mediante múltiples claves de acceso; número de Historia Clínica, número de afiliado para determinada cobertura, nombre y edad, a fin de simplificar la búsqueda y evitar duplicaciones de registro.

II.- BASE DE DATOS

La Base de Datos del Sistema está organizado con tres archivos principales y algunos auxiliares.

Los archivos principales son:

1.- Archivo de Pacientes
2.- Archivo de Prestadores
3.- Archivo de Términos Médicos

1.- ARCHIVO DE PACIENTES

Se encuentra organizado en ramas:

a) Una rama contiene los datos necesarios para la atención ambulatoria (consultas de consultorio externo, estudios de laboratorio, Rx. y otros estudios complementarios, epicrisis de internación, turnos solicitados.

b) Para cada internación o episodio médico completo puede crearse otras ramas de modo de asegurar la homogeneidad de los datos almacenados en cada circunstancia médica.



Para cada rama los datos se hallan organizados por consulta con la redundancia necesaria a fin de facilitar el rápido acceso a

determinados capítulos o códigos de datos médicos.

2.- ARCHIVO DE PRESTADORES

Contiene datos personales e información sobre los servicios en los cuales trabaja, licencias, horarios de atención, y otra información necesaria para la generación automática de planillas de turnos disponibles y asignadas.

3.- ARCHIVO DE TERMINOS MEDICOS

Se adoptó la codificación de COSTAR habiéndose definido la siguiente estructura:

DATOS GENERALES
ATRIBUTOS DE ENTRADA
ATRIBUTOS DE SALIDA
PARAMETROS PARA FACTURACION
MODIFICADORES

a) DATOS GENERALES

- Descripción.
- Carácter verificador.
- Abreviatura.
- División a la que pertenece. Los códigos se organizan en divisiones para agruparlos lógicamente de acuerdo a modalidades de procesamiento y requisitos de la presentación de la Historia Clínica. Ejemplo de DIVISIONES son: Diagnósticos, Procedimientos, Exámen Físico, Terapias Medicamentosas, Terapias No Medicamentosas, Administrativos, Desarrollo Vital, Inmunizaciones, Hospitalizaciones, Indicaciones Médicas, Laboratorio, RX, etc.
- Parámetro que indica si el código es simple o múltiple. Un código simple será por ej. GLUCEMIA. En cambio un código múltiple: HEMOGRAMA que incluye HEMATOCRITO, LEUCOCITO, HEMOGLOBINA, FORMULA LEUCOCITARIA, etc.
- Parámetro de actividad del código, indica si el término puede ser ingresado a través de la "HOJA DE CONSULTA" o se encuentra INACTIVO.

b) ATRIBUTOS DE ENTRADA

Incluye los parámetros necesarios para el ingreso del código en la HOJA DE CONSULTA:

- Parámetros de ingreso de un MODIFICADOR en forma obligatoria.
- ESTADO que se agrega en forma automática: por ejemplo, un DIAGNOSTICO de NEOPLASIA es categorizado como "MAYOR" a fin de ser presentado en la Historia Clínica en forma relevante.
- Exige texto obligatorio. Por ejemplo: el código de "ESTADO GENERAL DEL PACIENTE" requiere que se ingrese un comentario libre.
- Exige resultado en forma obligatoria: Un código de laboratorio, como GLUCEMIA, exige un resultado numérico.
- Valores de razonabilidad del código, expresado en rangos o clases.
- Valores de normalidad por sexo y edad, expresado en rangos o clases.

- Secuencia de códigos a ingresar en caso de tratarse de códigos múltiples.
- Nombre de rutina que procesa el dato en caso de tratarse de casos especiales no contemplados en la generalidad. Por ejemplo: Tensión Arterial requiere varios valores combinados.

c) ATRIBUTOS DE SALIDA

Incluye los parámetros necesarios para la emisión de "INFORMES DE ESTADO".

- Cantidad de resultados que deben desplegarse si el paciente está internado.
- Cantidad de resultados que deben desplegarse en la Consulta Externa.
- Formato de presentación de resultados:
  Para cada código, los resultados o información asociada puede presentarse en forma vertical u horizontal.
- Tiempo en meses pasado para omitir el código del INFORME DE ESTADO, si bien sigue existiendo en el archivo y puede aparecer en otros informes.
- Carácter de repetición. Es frecuente, principalmente en la estructura de laboratorio, expresar resultados con algún carácter especial. Por ej.: "GERMENES EN ORINA" tiene el carácter de repetición "+", si el resultado es 3, aparecerá informado: "+++".
- Unidades en la que se expresa un resultado: Por ej.:GR/LITRO.
- Secuencia de presentación de códigos en caso de tratarse de códigos múltiples.
- Rutinas para procesar el código si se requiere una presentación especial.

d) PARAMETROS PARA FACTURACION

A fin de simplificar el ingreso de datos y no duplicarlos existe una interface con el sistema de facturación en aquellos códigos que lo requieran. Se asocia al código médico uno o más códigos del nomenclador nacional o cualquier otro que se desee.

e) MODIFICADORES

Son términos que sirven para complementar un código principal. El modificador puede tener distintos formatos.

DESPUES: El término asociado al código del modificador aparece a continuación del correspondiente al código principal. Por ej.: MHAB1 es el código de "HIPERTENSION ARTERIAL"
El modificador "A": representa el término: "SECUNDARIA".
MHAB1 será "HIPERTENSION ARTERIAL SECUNDARIA".

ANTES: Idem pero colocado antes del código principal.

PARENTESIS: El modificador aparece entre paréntesis al lado del nombre principal. Por ej.:VABC1 es "DIAZEPAN", VABC1-A aparecerá como DIAZEPAN (VALIUM).

RESULTADO: El modificador aparece luego del resultado. Por ejemplo: el código CKAV1 correspondiente al Peso se informa:
CKAV1 Peso 8 KG.
Puede indicarse el rango de normalidad asociado mediante
PERCENTILOS CKAV1-H Peso 8 Kg Percentilo: 60

NO APARECE: Es utilizado cuando no se desea que aparezca el nombre asociado al código. El caso se presenta por ejemplo en:

ABCH2 : Profesión
ABCH2-A : Maestro
ABCH2-O : Otros .....(texto libre: deportista).

GRUPO: Los términos asociados al código forman parte de un grupo. Por ejemplo: FORMULA LEUCOCITARIA posee un conjunto de modificadores: LINFOCITOS, NEUTROFILOS, etc. que sólo pueden definirse conjuntamente con el código principal:

MLAB3 : Fórmula leucocitaria
MLAB3-A : Neutrófilo
MLAB3-B : Linfocito

F.- EVOLUCION DEL PROYECTO

En la etapa actual el sistema está en un avanzado nivel de desarrollo, habiendo comenzado la implementación de varios módulos y la participación de varios equipos médicos en el diseño de HOJAS DE CONSULTA, definición de términos médicos y planeamiento de Estudios Pilotos.

Anexo "A": "HOJA DE CONSULTA"

DIAGNOSTICOS

ESTADOS: D - descartado P - presuntivo T - antecedente C - curado K - crónico O - no desplegar en Informe de Estado M - mayor tilde - menor

SISTEMICO

	CLFT1	Deshidratación L - leve M - moderado G - grave
	QLDZ3	Desnutrición 1 - 1°grado 2 - 2°grado 3 - 3°grado
	DMNC3	Hipertermia
	CHZM9	Malformación congénita (espec.):.....
	QLCD1	Obesidad
	CHZX7	Retardo de crecimiento
	DMNM1	Síndrome febril prolongado

DERMATOLOGIA

	DJBA2	Candidiasis
	GJAT1	Celulitis
	GHAN4	Dermatitis de contacto
	GHBB5	Dermatitis seborreica
	GHBL3	Eczema
	GJEW5	Eritema nudoso
	GJCE1	Forúnculo
	NKDB1	Hemangioma capilar cavernoso
	DKFY5	Herpes simple
	GJBV7	Impétigo
	GHDG1	Nevo pigmentado
	GLAN6	Picadura de insecto
	GHGN3	Pitiriasis rosada
	GLCB3	Quemadura solar
	GHZA3	Rash cutáneo
	GHZH4	Sudamina
	GKRD1	Urticaria

INFECCIOSAS

	DMZG3	Contacto con enf.infecciosa (espec.):.....
	DMZP4	Contacto con enf.estreptocóccica
	DHFP8	Coqueluche
	DMZX5	Enf. viral (espec.):.....
	GJBP3	Erisipela
	DHAP5	Escarlatina
	KJHN1	Estomatitis herpética
	MJFV6	Fiebre reumática
	DKPT2	Mononucleosis infecciosa
	DKMQ3	Paperas
	DKEY9	Rubéola
	DKEC3	Sarampión
	DHQK1	TBC (localización): P - pulmonar M - meníngea O - ósea A - abdominal C - cutánea
	DKDC7	Varicela

RESPIRATORIO

	LKNW1	Asma
	LJEZ1	Bronquitis aguda
	LJEM6	Bronquitis crónica
	LLEL5	Bronquitis obstructiva
	LJEG2	Bronquiolitis
	JJEV1	CVAS
	JJEV1-1	CVAS a repetición
	LGBB1	Disnea
	JGER8	Epistaxis
	LGDC3	Estridor laríngeo
	JJBD1	Faringoamigdalitis
	JJBD1-1	Faringoamigdalitis estreptocóccica (por cultivo)

(continuación RESPIRATORIO)

	JJCJ1	Laringitis (espec.):.....
	LJAC1	Neumonía (espec.germen y localiz.):.....
	JJGL5	Otitis media aguda
	JJGT6	Otitis serosa
	JJGL5-1	Otitis supurada
	JJDP1	Sinusitis (espec.localiz.):.....

GASTROINTESTINAL

	QGBK1	Anorexia
	QJSN3	Apendicitis aguda
	QGAE1	Cólico abdominal
	QGJL5	Constipación
	QGAE1	Dolor abdominal
	QGAM2	Dolor abdominal recurrente
	QGJY1	Diarrea aguda
	QGJF2	Diarrea crónica
	QGGC3	Encopresis
	QHGB9	Fisura anal
	QGFV6	Hemorragia rectal
	QJNR3	Hepatomegalia
	QJNJ2	Hepatitis
	QLEC6	Hernia inguinal
	QLEV5	Hernia umbilical
	QHYW3	Ictericia
	YKMM4	Problemas alimentarios (trastornos de alimentación)
	QHDG2	Síndrome de mala absorción(espec.):.....
	QGCN4	Vómitos

CARDIOVASCULAR

	MHQC1	Conducto arterioso permeable
	MHPX1	Comunicación interauricular
	MHPC5	Comunicación interventricular
	MHRD7	Estenosis pulmonar
	MHAB1	Hipertensión arterial
	MHJV1	Soplo cardíaco (grado:...../6)
	MHPA8	Tetralogía de Fallot

NEFROUROLOGIA

	TJCJ5	Cistitis
	THNC4	Duplicación de uréter
	TLDQ1	Estenosis de meato uretral
	TGEY3	Enuresis
	TKNL1	Glumerulonefritis
	TGNB1	Hematuria
	TLFZ4	Hidronefrosis
	TJCD1	Infección urinaria
	TLPA5	Insuficiencia renal aguda
	TLPH6	Insuficiencia renal crónica
	TGQM1	Piuria
	TGPG1	Proteinuria
	THFR1	Reflujo vesicoureteral
	THDF1	Síndrome nefrótico
	TJCL2	SUH (sindrome urémico hemolítico)
	TLEW1	Vejiga neurógena
	SHQW2	Válvulas uretrales

Anexo "B": "INFORME DE ESTADO"

```
# DE HIS.CRI. O NOMBRE > 497Z:

CANIUQUEO,VERONICA MA            F   7/7/80  (0)      4/7/81      470Y        5-


DESPLEGAR DATOS MEDICOS OPCION > ESTADO DEL PACIENTE
SECCION> I
 INFORME DE ESTADO              HC:49781T                IMPRESO: 9/3/81
CANIUQUEO,VERONICA MARIANA (F) 8 MESES   (7/7/80)
QUINTINO BOCAY, 367 P5 B  CAP.FED.  0000
TEL. DE LA CASA:811-7261


---------------------------------- INDICACIONES ----------------------------------

13/1/81   LAURIA,ANDRES FRANCISCO DENTRO DE 30 DIAS CON DR. LAURIA CONSULTA 15


BHNS4-KCU   PARTO PRESENTACION CEFALICA CESAREA ANESTESIA PERIDURAL
                                                  LAURIA,ANDRES FRANCISCO 7/7/80
              CESAREA X DESPROPORCION.
BHNK3-A     RNTPAEG                               LAURIA,ANDRES FRANCISCO 7/7/80
================================ DIAGNOSTICOS/PROBLEMAS ================================


----------------------------------PROBLEMAS MENORES-----------------------------------

BHAQ9       ANTECEDENTES FAMILIARES PATOLOGICOS   LAURIA,ANDRES FRANCISCO 7/7/80
              ABUELA PATERNA ASMATICA
++++++++++++++++++++++++++++++++++ EXAMEN FISICO ++++++++++++++++++++++++++++++++++

CAKQ2-E     PESO NINO                 10/2/81        8.400 P 50 A 74
CAPE1       1A DENTICION              16/12/80       4M Y MEDIO
CAMT1       FIJACION OCULAR           14/8/80        18 DIAS
CAPS6       CAIDA CORDON              25/7/80        9
CAJY7       PESO DEL RN               7/7/80         3.900
CALD3       PERIMETRO CRANEANO DEL RN
                                      7/7/80         35.5
CAKD7       TALLA DEL RN              7/7/80         52
CALL4       APGAR                     7/7/80         9/10
++++++++++++++++++++++++++++++++++ TRATAMIENTOS++++++++++++++++++++++++++++++++++

BSEN2       VITAMINA D                                              15/7/80-3-5/8/80
              400 UNIDADES ORAL [25/7/80]
BSDA1       VITAMINA C                                              25/7/80-2-5/8/80
              TRIVISOL 0.3 ML./DIA
BSAJ1       VITAMINA A                                              25/7/80-2-5/8/80
              10000 UNIDADES ORAL [25/7/80]
QWNV2-2 PROLONG.  LECHE DE VACA FLUIDA                          15/7/80-4-13/11/80
              DILUIDA [4/11/80]
QWVS4       INTRODUCCION DE FRUTAS                                        13/11/80
QWNM1       PECHO                                               15/7/80-2-25/7/80
            15 DIAS POR HIPOGALACTIA
++++++++++++++++++++++++++++++++ PROCEDIMIENTOS ++++++++++++++++++++++++++++++++
BTXW1     BCG                                                           25/7/80
            A LOS 7 DIAS DE VIDA
++++++++++++++++++++++++++++++++++ ESTUDIOS ++++++++++++++++++++++++++++++++++

HEMATOLOGIA
  MQAZ1     ABO Y RH                7/7/80          A-
PRACTICAS VARIAS
  WNBQ1     ORINA BASICA [ORDENADO] 6/11/80
```

EVOLUCION PEDIATRICA FLOWCHART

DATE	PESO	TALLA	PC	MADURACION	INMUNIZACIONES	ALIMENTACION
7/7/80	PESO DEL RN 3.900	TALLA DEL RN 52	PERIMETRO CRANEANO DEL RN 35.5			
15/7/80	PESO NINO 3.750 P 50 A 74	TALLA NINO 52.5 P 75 A 89	PC NINO 36 P 75 A 89			PECHO LECHE MATERNIZADA COMPLEMENTO
25/7/80	PESO NINO 3.900 P 75 A 89	TALLA NINO 52.5 P 75 A 89	PC NINO 36.5 P 75 A 89	FIJACION OCULAR 15 DIAS CAIDA CORDON 9	BCG A LOS 7 DIAS DE VIDA [SHORT]	PECHO 15 DIAS POR HIPOGALACTIA LECHE MATERNIZADA NAN
5/8/80	PESO NINO 4.310 P 75 A 89	TALLA NINO 54.5 P 75 A 89	PC NINO 37 P 75 A 89			
14/8/80	PESO NINO 4.650 P 50 A 74	TALLA NINO 57 P 75 A 89	PC NINO 38.5 P 75 A 89	FIJACION OCULAR 18 DIAS		
25/9/80	PESO NINO 5.650 P 50 A 74	TALLA NINO 58 P 50 A 74	PC NINO 40 P 75 A 89		SABIN 1 15/9/80 [SHORT] DPT 1 15/9/80 [SHORT]	
4/11/80	PESO NINO 6.500 P 50 A 74	TALLA NINO 62 P 50 A 74	PC NINO 41 P 75 A 89	CABEZA ERECTA 3M	SABIN 2 [SHORT] DPT 3 [SHORT]	LECHE MATERNIZADA DILUIDA
13/11/80	PESO NINO 6.700 P 50 A 74	TALLA NINO 63 P 50 A 74	PC NINO 41.5 P 75 A 89	SONRISA SOCIAL 2M Y MEDIO LINEA MEDIA 4M TOMA OBJETOS 4M		INTRODUCCION DE VEGETALES INTRODUCCION DE FRUTAS LECHE DE VACA FLUIDA [SHORT]
16/12/80	PESO NINO 7.350 P 50 A 74	TALLA NINO 65 P 50 A 74	PC NINO 43.5 P 75 A 89	1A DENTICION 4M Y MEDIO	SABIN 1 2 3 1A DOSIS 15/9 2A DOSIS 13/11 DPT 1 2 3 1A DOSIS 15/9 2A DOSIS 25/10 3A DOSIS 28/11 [SHORT]	INTRODUCCION DE CEREALES 5M INTRODUCCION DE VEGETALES 5M INTRODUCCION DE HUEVO 5M INTRODUCCION DE CARNE 5M
13/1/81	PESO NINO 8.000 P 50 A 74	TALLA NINO 66.5 P 50 A 74	PC NINO 43.5 P 75 A 89		SABIN 3 8/1/81 [SHORT]	
10/2/81	PESO NINO 8.400 P 50 A 74	TALLA NINO 67 P 50 A 74	PC NINO 44 P 75 A 89	SENTADO SOLO 7M	SABIN 3 8/1/81 [SHORT]	

SECCION>

DESPLEGAR DATOS MEDICOS OPCION >

SANATORIO GÜEMES

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

SISTEMA DE DESPACHO AUTOMATIZADO DE PEDIDOS DE AUXILIO MEDICO

Elena M. C. Alonso de Bramano

Gerardo Gurvich

Carlos Isacovich

Osvaldo Gosman

José Redondo Soto

COMDATA S.A.
Cerrito 1070 P.6º
Buenos Aires, Argentina

1. INTRODUCCION.

El objetivo fundamental del sistema es la operación y control del circuito de atención de pedidos de auxilio médico de urgencia, atendidos por los hospitales dependientes de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires. El circuito es coordinado por el Centro Informativo Permanente para Emergencias y Catástrofes (CIPEC), departamento de la Dirección de Comunicaciones de la MCBA.
Dicho objetivo contempla:

1.1. En operación:

- Centralizar las comunicaciones entre los elementos del sistema y distribuirlos en forma eficiente para cubrir las necesidades de atención médica urgente.

- Registrar los datos de los auxilios realizados.

- Registrar todo otro acontecimiento que afecte el circuito de auxilios (actividad de las dotaciones de las ambulancias, del personal de CIPEC, etc.).

- Transferir los pedidos de intervención policial o de bomberos a la institución correspondiente cuando las circunstancias lo requieran.

1.2. En control:

- Controlar automaticamente la eficiencia del circuito de atención

- Permitir la evaluación del cuadro de situación en cada momento por parte de los responsables, suministrando en tiempo real la información adecuada.

- Proporcionar estadísticas informativas y comparativas sobre el desarrollo de las actividades dentro del sistema.

2. DESCRIPCION GLOBAL.

2.1. Alcances del proyecto.

Este sistema forma parte de un amplio proyecto encarado por la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, cuya finalidad es coordinar y centralizar los recursos destinados al control de emergencias y catástrofes. En particular, se destaca el problema de la atención médica de urgencia.
El proyecto, actualmente en plena ejecución, incluye la instalación de una red de 22 minicomputadoras (una en cada uno de los hospitales dependientes de la MCBA), conectadas con una computadora central instalada en CIPEC, y con terminales a bordo de las ambulancias del circuito.
Esta red trabajará en principio con 4 subsistemas:

- DESPACHO AUTOMATIZADO de pedidos de auxilio médico, descripto en este trabajo.

- GUARDIAS, que proporcionará información destinada al control diario del personal de guardia y dotaciones de auxilio en cada hospital, y registrará los datos de los pacientes atendidos por los móviles.

- INTERNACIONES, que suministrará la disponibilidad de camas en cada lugar y los datos de filiación y ubicación de los internados.

- SUMINISTROS, que controlará las existencias de los artículos críticos relacionados con las urgencias médicas.

En la actualidad, CIPEC realiza varias de estas funciones mediante un sistema de comunicaciones no computarizado, que se describe suscintamente a continuación. Existen una central telefónica de recepción de pedidos y una de radioenlaces conectadas por líneas telefónicas directas con los hospitales del circuito y otras instituciones. Cada hospital de cabecera tiene delimitada un área de influencia, dentro de la cual es responsable por la atención de los pedidos de auxilio, contando para ello con varias ambulancias. Los operadores telefónicos de CIPEC reciben los pedidos y los derivan a la central de radioenlaces. Allí se determina a que hospital corresponde y se transmite el pedido a la guardia del mismo, o directamente por radio a la ambulancia asignada, si ésta se encuentra en viaje. El radiooperador se mantiene luego en contacto con el móvil y va registrando los horarios de cada etapa de la atención, y otros datos del auxilio. Además de estas funciones, CIPEC colabora con los hospitales

en la ubicación de recursos disponibles en la ciudad (camas, oxígeno, sangre, etc.) y centraliza diversos canales de comunicación de funcionarios de la MCBA.

El Sistema de Despacho Automatizado de Pedidos de Auxilio Médico es un sistema de comando, control y comunicaciones que operará en tiempo real, posibilitando dirigir automáticamente la red de ambulancias destinadas al circuito de auxilios. Sus funciones son:

- Automatizar las decisiones más habituales (asignación de móvil a un auxilio, etc.).

- Controlar la marcha del circuito de atención.

- Agilizar las comunicaciones entre las personas que intervienen en el proceso, optimizando el uso del canal de transmisión.

- Mantener un registro histórico de las actividades relacionadas con el circuito.

La computadora actúa como un integrante del sistema de comunicaciones capaz de recibir, emitir y procesar mensajes, interactuando con los responsables de la operación y control.

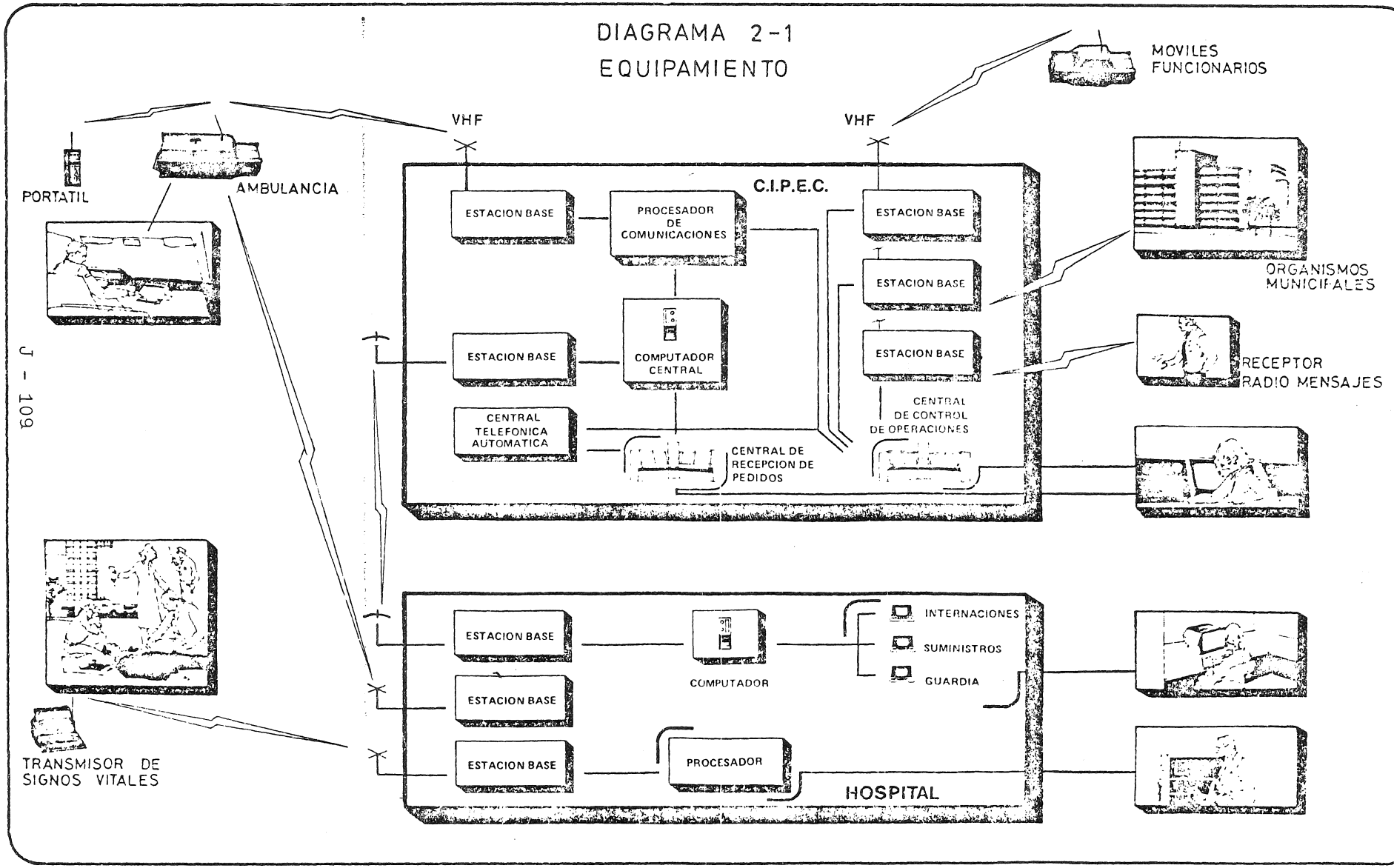
2.2. Equipamiento.

Los equipos de comunicaciones y computación provistos se ilustran en el Diagrama 2-1. A continuación se describen con mayor detalle los que se emplean en Despacho Automatizado.

2.2.1. Comunicaciones.

CIPEC contará con un Centro de Comando, Control y Comunicaciones a través del cual se transmitirán todos los mensajes orales y digitales entre CIPEC, los hospitales y las ambulancias. Existirán también otros canales de comunicación entre CIPEC y organismos y funcionarios municipales y entre hospitales y móviles, que no están directamente relacionados con este sistema.
El enlace entre CIPEC y los hospitales se realizará a través de una red de microondas, y de líneas telefónicas directas de 4 hilos que constituyen una alternativa a las microondas.
Entre CIPEC y los móviles la comunicación se establecerá por medio de un canal VHF gobernado por un procesador de comunicaciones.
Este procesador es el MODAT Communications Processor (MCP) provisto por MOTOROLA, INC. Controla todas las funciones requeridas para transmitir, recibir, chequear y corregir los mensajes intercambiados entre la computadora central y las terminales móviles. Permite además transmitir mensajes de audio por el mismo canal, reteniendo los digitales hasta que finalice la comunicación oral. La velocidad de transmisión llega hasta 900 baudios.
El MCP se encarga también de la distribución de los mensajes provenientes de la computadora central entre las distintas termina-

DIAGRAMA 2-1
EQUIPAMIENTO



les móviles; así como de identificar cuál es la terminal que emite cada mensaje.

2.2.2. Procesamiento de Datos en CIPEC.

La computadora principal del sistema (Host Computer) a instalar en CIPEC es un equipo TEXAS INSTRUMENTS DS-990 Modelo 30, con la siguiente configuración:

- 1 M Byte de memoria central.
- 1 M Byte de memoria de expansión.
- 14 terminales de Video Modelo 911 con pantalla de 1920 caracteres y teclados ASCII.
- 2 unidades de disco DS-200 de 169,47 M Bytes cada una.
- 1 unidad dual de diskettes FD-1000 (doble faz, doble densidad).
- 1 impresora 2260 de 132 columnas y velocidad de hasta 600 líneas por minuto.
- Sistema operativo DX10.

Existe además un equipo de reserva con un sistema de conexión en caso de fallas en la computadora principal.
Este equipo tiene una configuración similar a la anterior, excepto que no cuenta con otro subsistema de expansión de memoria, ni con terminales propias (en ambos casos, las del equipo principal pueden conectarse al de reserva).

2.2.3. Procesamiento de Datos en hospitales.

Cada uno de los 22 hospitales dependientes de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires tendrá una computadora TEXAS INSTRUMENTS DS-990 Modelo 8 con:

- 128 K Bytes de memoria.
- 4 terminales de video modelo 911 con pantalla de 1920 caracteres y teclado ASCII.
- 2 unidades de disco DS-50 de 44,6 M Bytes cada una.
- 1 unidad dual de diskettes FD-1000 (doble faz, doble densidad)
- 1 impresora 2260 de 132 columnas y velocidad de hasta 600 líneas por minuto.
- Sistema operativo DX10.

2.2.4. Terminales Móviles.

Cada ambulancia del circuito de auxilios estará provista de una terminal móvil de transmisión de datos MODAT, de MOTOROLA, conectada con la computadora de CIPEC, a través del canal VHF controlado por el MCP.
La terminal tiene una pantalla de 240 caracteres, un teclado especial y una memoria capaz de almacenar 2 mensajes (el que está en la pantalla y uno más).

2.3. Personal involucrado.

2.3.1. En CIPEC:

El personal de CIPEC tendrá,además de otras tareas no incluídas en el sistema, la misión de recibir los pedidos de auxilio médico, derivarlos al hospital que corresponda y efectuar el seguimiento de su atención.
Para realizar estè trabajo se han previsto los siguientes cargos:

- Supervisor General, responsable por toda la operatoria durante su turno. De él dependen los controladores zonales, el supervisor telefónico y los operadores.

- Controladores zonales, encargados de controlar la marcha de los auxilios, siendo cada uno responsable por una de las cuatro zonas en que se dividirá la ciudad. Coordinan el contacto con las guardias de hospitales y los moviles de su zona.

- Supervisor telefónico, responsable por el trabajo de los operadores. Se ocupa del manejo de comunicaciones especiales y de las que requieran uso del canal de audio.

- Operadores, encargados de la recepción e ingreso al sistema de los pedidos de auxilio. Centralizan el contacto telefónico con los usuarios.

- Supervisor de Computación, responsable del correcto funcionamiento de los equipos de computación, y de asesorar al personal vinculado con el sistema. Es, además, el administrador de la base de datos.

- Operador de Computación, encargado de las tareas de atención de la computadora, y de ejecutar los procesos que no operan en tiempo real.

2.3.2. En hospitales

- Médicos, responsables por la atención de los pedidos de auxilio. Las ambulancias despachadas tienen siempre un médico a bordo.

- Choferes, encargados del manejo de la ambulancia y de colabo-

rar con el médico en la operación de la terminal instalada en ella.

- Operador de guardia, encargado del manejo de la terminal de la guardia del hospital, y del enlace entre CIPEC y los médicos y choferes, cuando éstos se encuentran en el hospital.

3. FUNCIONES DEL SISTEMA.

En este capítulo se describen en forma sintética las principales funciones del sistema, desde un punto de vista "externo" (sin analizar su implementación computacional).

3.1. Automatización de los pedidos de auxilio.

Cada vez que se recibe - personal o telefónicamente - un pedido de auxilio en CIPEC, un operador debe ingresarlo al sistema para que éste lo procese. Comienza así un proceso dinámico en el que además intervienen móviles, otros pedidos de auxilio y decisiones humanas tomadas de acuerdo con las circunstancias.
En primer lugar, el sistema debe ubicar exactamente la dirección del auxilio. Esta puede ser informada en forma de calle y número o altura, intersección de calles, o lugar público o conocido que CIPEC decida registrar como tal. A partir de estos datos, el sistema localiza la posición del punto indicado en el mapa de la Capital Federal, y controla que no haya algún otro pedido reciente en similar ubicación (para evitar que se registre dos veces el mismo pedido). De esta forma, queda además determinado el hospital que debe atender dicho pedido (el de cabecera del área).
Cuando el pedido ha sido aceptado, el sistema le asigna un número y lo coloca en una cola de pendientes de acuerdo con su categoría (normal, urgente o urgente inmediato). Esta categoría es definida por el operador que registra el pedido.
Inmediatamente, el sistema busca una ambulancia libre que pueda atenderlo. Para los pedidos normales, la ambulancia debe ser una de las del hospital cabecera de área; para los urgentes puede ser cualquiera de las del circuito. En caso de haber más de una disponible, el sistema seleccionará la que se encuentre más cerca del lugar del auxilio.
Si no hay móviles disponibles, el pedido permanece pendiente hasta que se libere alguno y no haya otro pedido con mayor prioridad. La prioridad está determinada por la categoría y el orden de llegada.

Para evitar que algún pedido permanezca demasiado tiempo relegado sin atención, está previsto que el sistema informe periódicamente al Supervisor esa circunstancia.
Es importante destacar que tanto la comunicación del sistema con la ambulancia (primariamente para ordenar un auxilio) como la inversa (a fin de ir informando la marcha de la atención), se realiza sin intervención del personal de CIPEC (salvo en los casos descriptos en 3.2.).

Los pasos más importantes de este proceso son:

Ingreso de pedidos, control de la dirección (y modificación de ser necesario), control de pedidos con dirección semejante, asignación de número y categoría al pedido, selección y asignación automática de móvil, aviso a móvil y guardia de hospital y seguimiento de la atención. Se controlan, además, los tiempos en cada etapa.

3.2. Procesos de decisión forzada (con intervención del personal de CIPEC).

En ciertos casos (catástrofes, urgencias), es necesario que el Supervisor u otra autoridad del CIPEC tomen una decisión por encima de las que adopta automáticamente el sistema. El personal de CIPEC será en definitiva la instancia superior de decisión. El sistema se asegurará de que la orden sea correcta controlando su validez y pidiendo más información si fuere necesario.
Las resoluciones humanas a tomar en CIPEC pueden ser:

Suspender temporariamente la atención de un pedido, congelar pedidos pendientes, asignar directamente un móvil a un pedido, reservar móviles, pedir posición a un móvil, inhabilitar y rehabilitar móviles y anular decisiones anteriores.

3.3. Situaciones especiales.

Se incluyen en este grupo distintas funicones previstas para resolver situaciones que pueden presentarse en relación con algunos pedidos, o con otras actividades de los móviles.
Son ellas:

Auxilios no programados (realizados por las ambulancias sin orden previa de CIPEC), envío de más de un móvil para atender un pedido, intervención policial o de bomberos, modificación o anulación de un pedido por parte de un usuario, reclamos por pedidos pendientes, problemas mecánicos en los móviles, recepción de una señal especial de emergencia o de un mensaje oral proveniente de una ambulancia.

3.4. Consultas.

Las consultas al estado y marcha del sistema son de fundamental importancia para las tareas de supervisión, asignación de auxilios y control del personal. Por este intermedio será posible verificar la lista de los pedidos sin atender, el estado de los auxilios que se están realizando, datos de los auxilios ya realizados en las últimas 48 hs. o en los últimos 2 meses (con distintas posibilidades en uno u otro caso), el estado de las ambulancias afectadas al servicio, la ubicación de direcciones y lugares conocidos.

3.5. Comunicaciones no programadas.

Además de las funciones y situaciones previstas, será siempre posible intercambiar mensajes de cualquier tipo y en cualquier sentido entre las personas que interactúan con el sistema; ya sea que éstas se encuentren en CIPEC, en algún hospital o en las ambulancias. Los mensajes podrán ser digitales o de audio; pero dado que en ambos casos se utilizará el mismo canal de transmisión se pretende reducir al mínimo la comunicación oral. Para facilitar el cumplimiento de esta norma, el sistema identifica automáticamente la terminal que emite el mensaje radial, presenta su código en la pantalla del Supervisor y registra en un archivo el tiempo de uso del canal.

3.6. Conexión y desconexión del personal de CIPEC.

Para poder operar en una terminal, cada persona debe dar su identificación y contraseña, indicando además el cargo con el que va a trabajar. El sistema controla estos datos, y verifica que la persona esté autorizada para ocupar el cargo que ha informado; registrando además las horas de conexión y desconexión.

3.7. Entrada y salida de servicio de móviles y choferes.

Cuando un móvil se integra al circuito, lo informa mediante una función especial. El sistema registra la entrada en servicio y los datos del chofer a cargo de la unidad, así como cambios posteriores de chofer, hasta la salida de servicio del móvil

3.8. Actualización de Archivos.

En el tratamiento de los datos más estables del sistema se intentó dar la mayor flexibilidad posible, permitiendo que CIPEC los defina y actualice, en función de sus necesidades y la experiencia de trabajo.
Estos datos incluyen: la nómina de hospitales del circuito (con su ubicación y área de influencia y el personal vinculado con el sistema), la identificación de los móviles, la lista de personal de CIPEC y sus cargos, la información catastral, los lugares conocidos, los motivos de auxilio, los códigos de diagnósticos presuntivos, las actividades de los móviles, etc.

3.9. Informes.

Se han definido una serie de informes destinados a facilitar la evaluación de la eficiencia del sistema y del personal involucrado. Algunos de ellos se emiten automáticamente, y otros a pedido. Son los siguientes:

- Informes diarios de anormalidades en auxilios (injustificados, anulados, suspendidos, reclamados, demorados o con negativas de pacientes).

- Informe diario de asistencia del personal de CIPEC.

- Informes estadísticos mensuales (auxilios atendidos por hospital, por móvil y por dotación).

- Informes a solicitud. Son tres tipos de listados:

  1- Desarrollo de auxilios, que incluyen todos los datos registrados del auxilio: fecha, horarios, direcciones, móvil, dotación que lo atendió, datos del paciente, diagnóstico, etc. Puede obtenerse para un pedido en particular o para un grupo (ej.: un rango de números de pedido, los atendidos por cierto móvil, dotación u hospital, etc.).

  2- Actividades de móviles, que incluye las misiones de auxilio y otras tales como entrada y salida de servicio, carga de combustible, permanencia en base, etc. También puede accederse a un móvil determinado o a un grupo.

  3- Mensajes cursados entre CIPEC y ambulancias, en donde se listan los textos, horas y emisores o receptores de los mismos; agrupados por horario, móvil, zona, etc.

4. METODOLOGIA DE DISEÑO.

Dadas las especiales características de este sistema, que controla en tiempo real un proceso del cual dependen vidas humanas, se planteó como objetivo principal en el diseño la maxi-

mización de la confiabilidad.
Para ello se trabajó con los métodos de diseño estructurado de sistemas, poniendo especial énfasis en que cada etapa (desde el relevamiento a la codificación y testeo) produjera una documentación clara y exhaustiva.
En el proceso de diseño del sistema se pueden distinguir 6 etapas: relevamiento, diseño externo, definición de la base de datos, diseño interno, programación y prueba. Si bien esas etapas corresponden al desarrollo cronológico de la tarea, en varios casos se trabajó en paralelo entre el final de una de ellas y el comienzo de la siguiente.
A continuación, se describen los puntos salientes de cada etapa.

4.1. Relevamiento.

Se observó el sistema actual (no computarizado) desde distintos lugares y puntos de vista: la dirección y el personal de CIPEC, los jefes de guardia, recepcionistas de hospitales, médicos y choferes de ambulancias. Se reprodujeron mediante detallados cursogramas y explicaciones aclaratorias los pasos que se cumplen en todas las situaciones relacionadas con los auxilios médicos, identificando las personas intervinientes y las responsabilidades de cada una. Se intentó asimismo comprender en profundidad sus problemas e intereses, apuntando a facilitar su labor y mejorar la calidad del servicio al usuario mediante el sistema automatizado. Como síntesis de esta etapa se presentó un detallado informe que fue minuciosamente revisado y observado por el personal responsable de la Municipalidad, ya que constituyó la base de las etapas posteriores.

4.2. Diseño externo.

En esta fase se definieron en primer término las grandes funciones del sistema y se replantearon los cursogramas, incluyendo ahora los pasos computarizados.

4.2.1. Funciones.

Para la definición de las funciones se utilizó la técnica HIPO (Hierarchy plus Input-Process-Output). Se partió de un diagrama jerárquico que contiene la lista de las macrofunciones (Figura 4-1). Luego se consideró cada una de ellas, estableciendo los datos de entrada y salida y el algoritmo básico a utilizar. Cada paso de esta descripción se convirtió en un nuevo diagrama HIPO más detallado, repitiendo interactivamente este proceso hasta llegar casi a nivel de programa. En la figura 4-2 se exhibe el desarrollo de una de estas funciones (diagrama jerárquico), en donde cada rectángulo representa uno de los módulos. En la figura 4-3 se presenta un diagrama de detalle correspondiente a uno de ellos, en donde están recuadrados los pasos que se definen en módulos de más bajo nivel.
Esta técnica, si bien requiere mayor trabajo de definición, tiene tres ventajas fundamentales:

- Obliga a definir el sistema en forma totalmente modular.

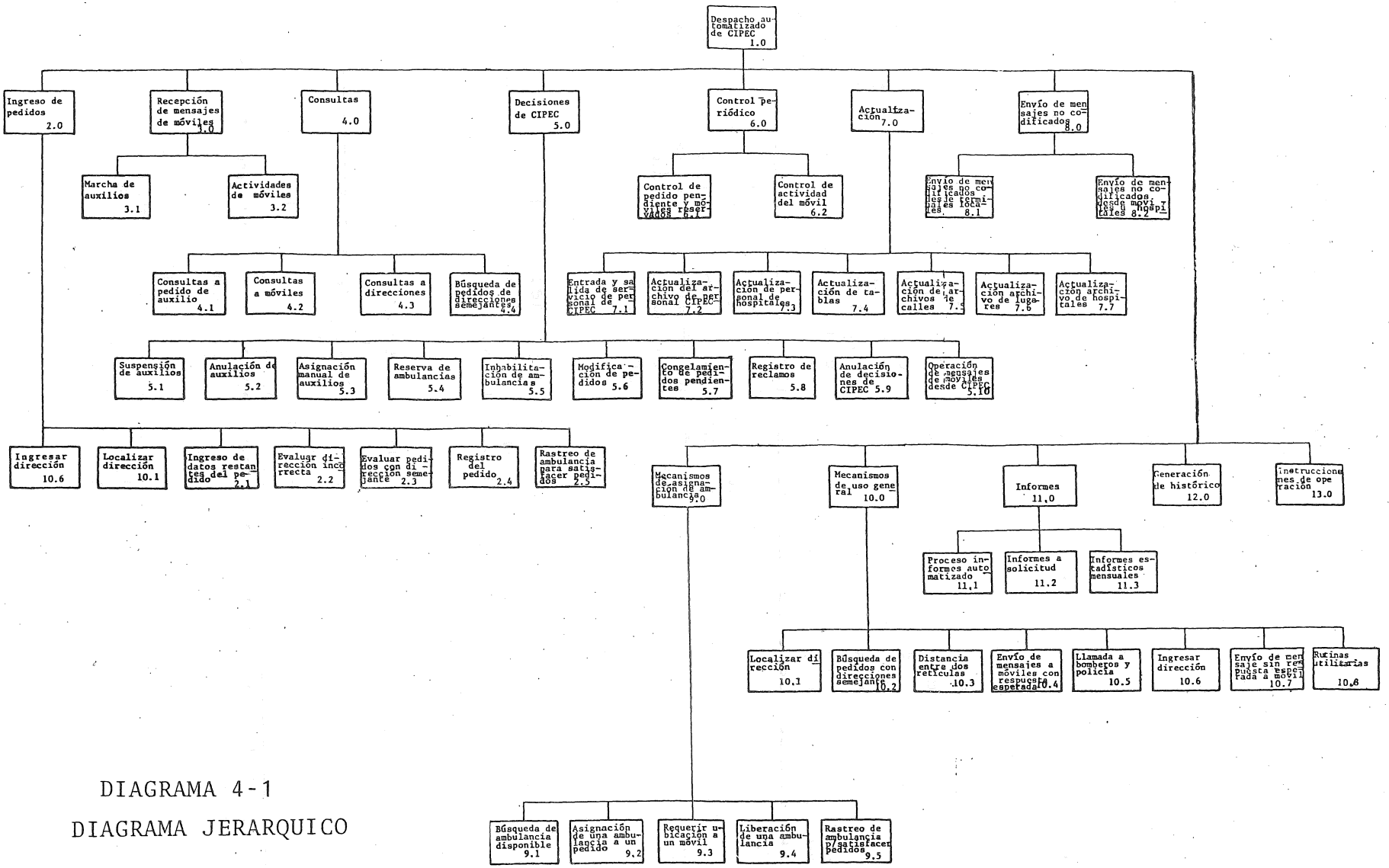


DIAGRAMA 4-1

DIAGRAMA JERARQUICO

DESARROLLO DE UNA FUNCION
DIAGRAMA 4-2

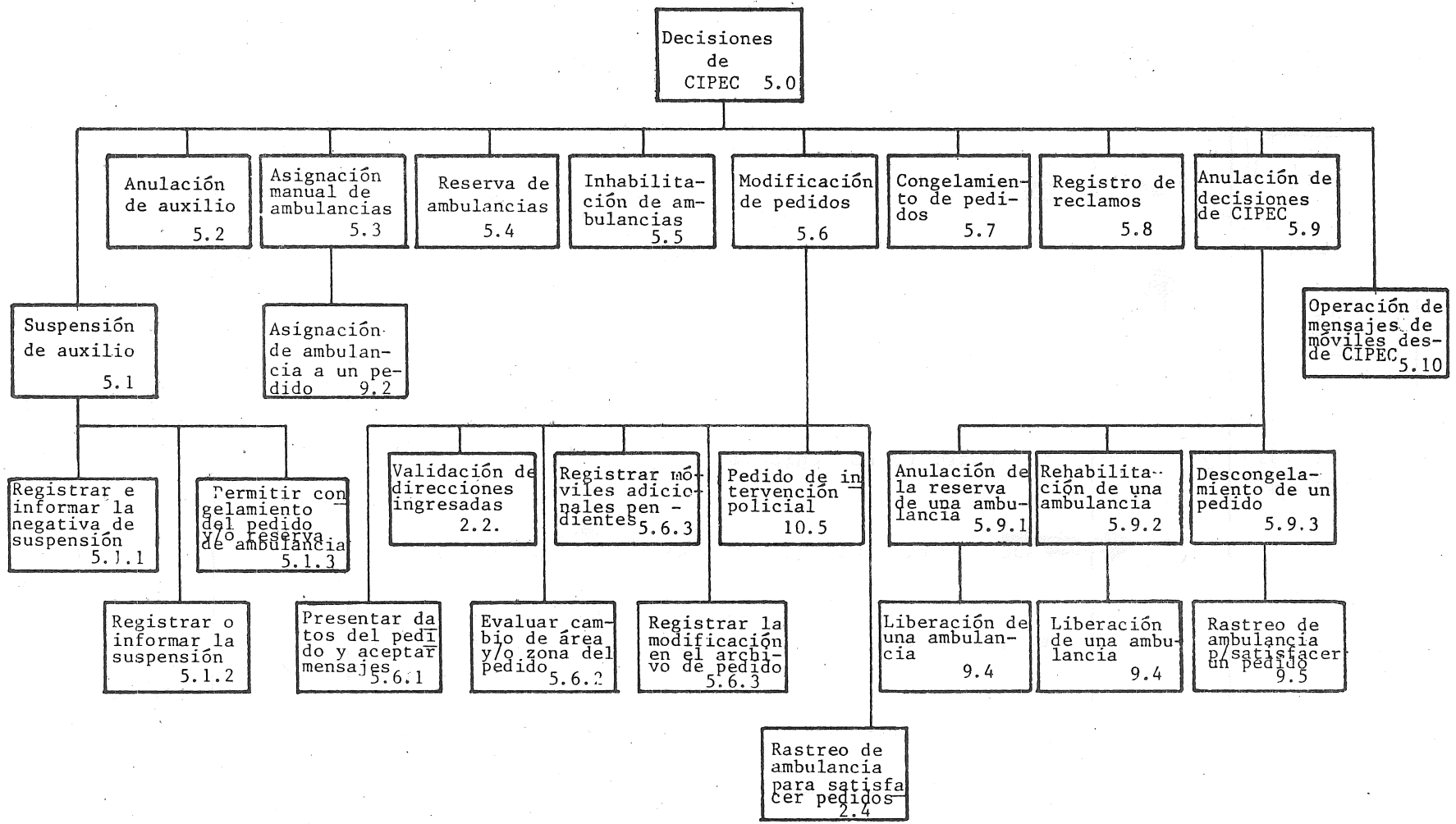
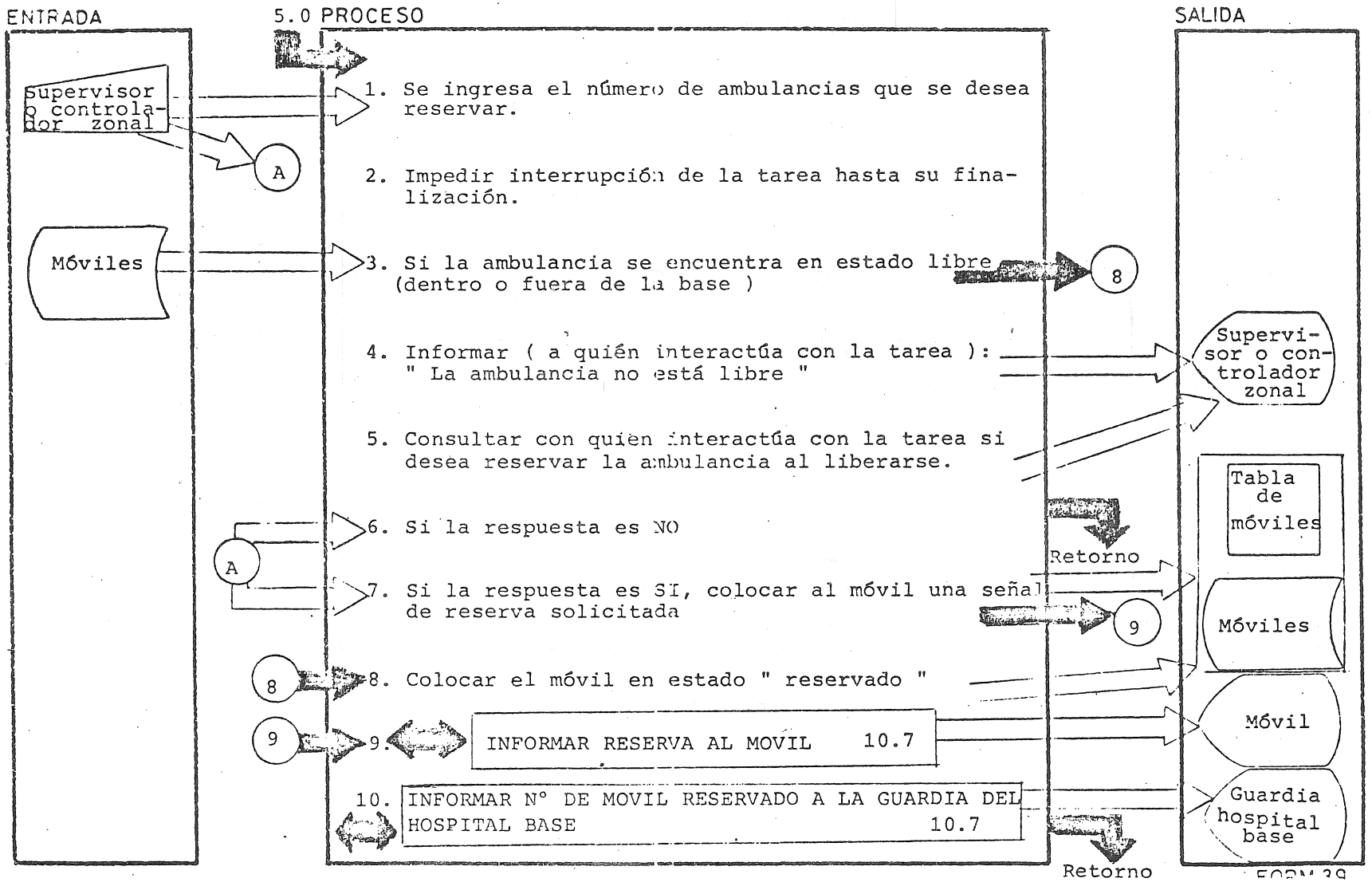


DIAGRAMA 4-3

DEFINICION DE UN MODULO

Autor: S.G. Sistema: CIPEC - DESPACHO AUTOMATIZADO Fecha: 08/80 Hoja 1 de 1

Id. del diag.: 5.4. Descripción: RESERVA DE AMBULANCIAS PGM:



- Proporciona una visión global temprana del mismo, permitiendo postergar el tratamiento de los detalles para una etapa posterior.

- Como resultado de la definición queda una documentación clara y precisa, que sirve de punto de partida a las etapas posteriores del trabajo.

4.2.2. Procesos.

Una vez definidas las macrofunciones, se replantearon los cursogramas de procesos, en forma paralela a la profundización en el detalle de aquellas.
Los procesos son conjuntos de tareas (o pasos) a ejecutar por los hombres y la computadora con el objeto de cumplir una determinada función (ej.: recibir un pedido de auxilio, enviar un mensaje de una terminal a otra, etc.)
La ejecución de un proceso puede comenzar a partir de una acción humana (ej.: entrada en servicio de un operador de CIPEC), un mecanismo automático (ej.: emisión de informes estadísticos a las 0 hs. de cada día), o un cambio en el estado del sistema (ej.: liberación de un móvil).
Los cursogramas, como puede observarse en la figura 4-4, reflejan la interacción entre los elementos del sistema (los hombres y la computadora) indicando las tareas y decisiones que corresponden a cada uno. Estos diagramas no siguen un orden estrictamente cronológico ni representan exactamente la implementación computacional. Su finalidad es describir la mecánica habitual del proceso y diversas situaciones que pueden presentarse, así como los principales cursos de acción posibles en cada caso.

4.3. Definición de la Base de Datos.

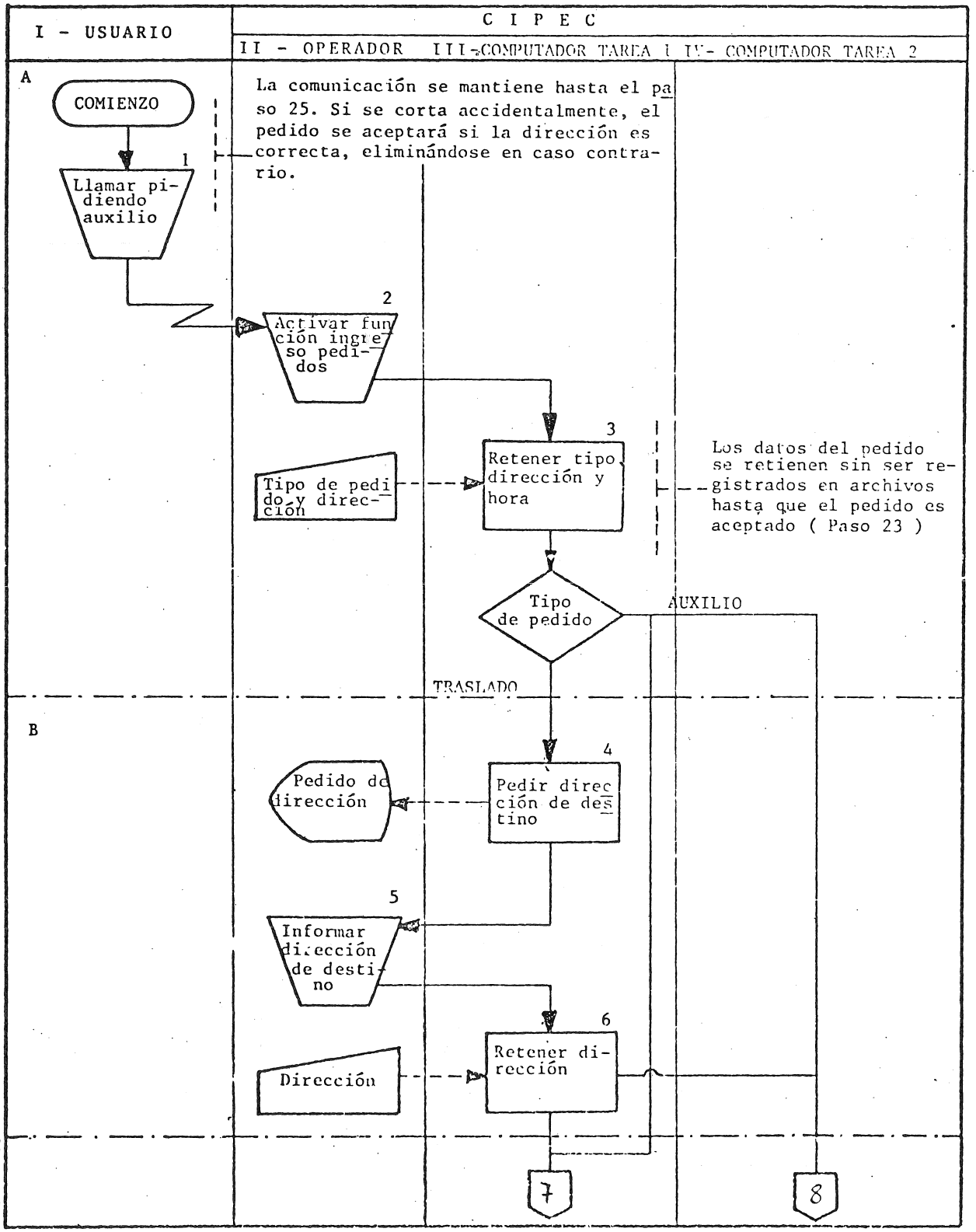
Una vez definidos los procesos y las macrofunciones, se trabajó en paralelo en la definición de la base de datos y el diseño interno. De esta manera, se fue construyendo el sistema desde dos puntos de vista diferentes, lo que fue particularmente útil para descubrir errores y problemas en el diseño.

La Base de Datos constituye un modelo del Sistema de Despacho Automatizado, en el sentido de que representa los elementos intervinientes y sus interrelaciones mas importantes.
A partir de ella se puede reconstruir la situación de todo el sistema en un momento determinado , así como la evolución completa de un pedido de auxilio desde su recepción hasta el final de la atención, o la historia de las actividades de un móvil durante cierto intervalo de tiempo.
Puesto que se actualiza en tiempo real, funciona como soporte del sistema, en tanto mantiene registrada en discos magnéticos toda la información necesaria para reiniciar rápidamente las operaciones en caso de fallas de la computadora principal.
El criterio rector en el diseño de la base fue el de minimizar la cantidad de accesos necesarios para las funciones críticas del sistema (Por ejemplo: validación de direcciones, ingreso de pedidos, selección de móviles, etc.). Esto se logró mediante el

DIAGRAMA 4-4

CURSOGRAMA - PROCESO 1

RECEPCION DE PEDIDOS



FORM. 29

uso de un área común de memoria, que contiene la información de uso más habitual (ver 4.4.), y con la organización de los datos de la base orientada a este objetivo (aún a costa de ciertas duplicaciones de información, o desperdicio de espacio en discos). Finalmente, se ha puesto énfasis en facilitar las consultas a la base que esten guiadas por la idea de la recuperación selectiva o por excepción de la información; antes que aquellas que tiendan a la emisión masiva de la misma.
La base de datos está organizada de acuerdo con el software provisto por Texas Instruments para su manejo (DBMS 990). En la figura 4-5 se presenta su estructura lógica, mediante un diagrama de las entidades que la componen (rectángulos) y sus interrelaciones (flechas). Estan destacadas las entidades fundamentales y con doble línea inferior las que son de acceso directo por alguna clave. Las flechas gruesas representan dependencia primaria, las delgadas las asociaciones secundarias y las punteadas las vinculaciones eventuales.

4.4. Diseño Interno.

Dada la complejidad de este sistema, y en función del objetivo de confiabilidad trazado, en esta etapa se hizo particularmente clara la conveniencia de la metodología de diseño adoptada. El sistema fue construído, en general, con módulos pequeños que cumplen una única función, y con entradas y salidas claramente especificadas. La técnica HIPO fue un valiosísimo auxiliar para la aplicación de este criterio; ya que permitió, por un lado, diseñar los módulos en forma Top-Down, partiendo de las funciones de mayor jerarquía, y, por el otro, definir las interfaces entre ellos al mismo tiempo (o sea, definiendo la entrada y la salida de un módulo como primer paso del diseño de ese módulo). Además, hubo una continuidad natural entre las etapas de diseño externo e interno, puesto que se tomaron los diagramas de último nivel de detalle de la etapa anterior y se añadieron las interfaces, aclaraciones, tablas y otra información adicional, completando así la definición de los módulos. Cuando se hizo necesario, se construyeron diagramas HIPO de menor jerarquía a fin de aclarar algunos de los pasos del diagrama original.
El intercambio de información entre módulos se produce a través de tres mecanismos diferentes:

- El "puerto de entrada" del módulo. Cada programa tiene, en tiempo de ejecución, un puerto de recepción (llamado "cola de la tarea"), en el cual cualquier otra tarea que se esté procesando puede colocar mensajes. El programa accede a estos mensajes en forma secuencial, leyéndolos como si se tratara de un archivo, aunque se encuentran en realidad en la memoria central.

- Los archivos del sistema. Los archivos fundamentales son, obviamente, los que componen la base de datos, pero existen también algunos archivos secuenciales que guardan principalmente información histórica.

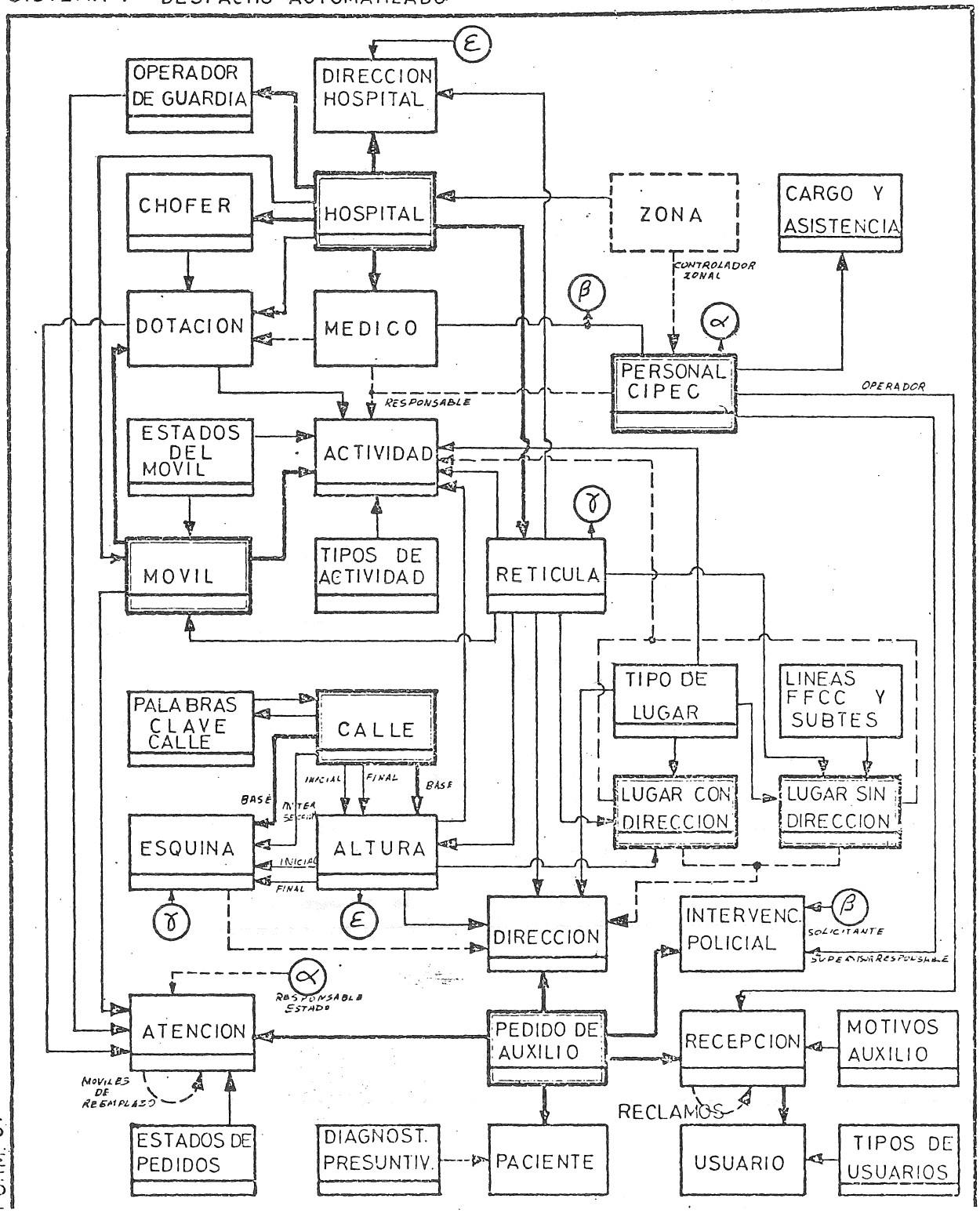
- El área común de memoria. Se trata de un área propia del sis-

DIAGRAMA 4-5
BASE DE DATOS

ESTRUCTURA LOGICA

FECHA : 04/09/ 80
VERSION : 2
AUTOR : CI

PROYECTO : CIPEC
SISTEMA : DESPACHO AUTOMATIZADO



FORM. 37

tema que es compartida por un gran número de tareas. Es un reflejo de ciertas partes de la base de datos, en el sentido de que contiene una copia de los datos cuyo acceso es más crítico y frecuente. Es usada por las tareas para consultas, con el objeto de evitar numerosos accesos a la base. Obviamente, se actualiza en forma paralela a los archivos.

A través de estos mecanismos de interconexión entre los módulos, se buscó evitar relaciones directas entre ellos, de manera tal que las modificaciones (o incluso los errores) de algunos, no afectaran a los otros, en tanto no se modificara la interfaz. Este criterio se aplicó especialmente en el tratamiento del área común de memoria, la cual es accedida exclusivamente a través de un conjunto de rutinas específicas, y no directamente por los programas de aplicación. Se logró de esta forma facilitar considerablemente no sólo el mantenimiento del sistema, sino también el propio diseño, ya que se hizo relativamente sencillo modificar las tablas contenidas en ese área a medida que surgían nuevos requerimientos.
De acuerdo con esta misma idea de reducir las interconexiones, se definieron algunos subsistemas auxiliares, para efectuar ciertas funciones de un nivel de abstracción inferior, en el sentido de proximidad al manejo de los dispositivos. Estos subsistemas se presentan en el parágrafo 6.

4.5. Programación.

Como continuación natural de las ideas anteriormente enunciadas, se trabajó exclusivamente con los métodos de la programación estructurada. Para ello, se utilizó el lenguaje Pascal en todos los programas del sistema, excepto en la rutina de control del dispositivo de comunicaciones (MCP), programada en Assembler. Las características más destacables de este lenguaje son:

- Induce a la construcción modular de los programas.

- Practicamente obliga a trabajar sólo con las conexiones básicas de la programación estructurada.

- Es muy poderoso en el tratamiento de las estructuras de datos.

- Tiene gran flexibilidad para el trabajo con funciones y procedimientos externos, lo que permite potenciar el lenguaje hasta el grado que resulte necesario.

- En la implementación utilizada, posee varias opciones de compilación que resultan auxiliares muy poderosos para la prueba de los programas.

4.6. Prueba.

Para la prueba del sistema se han definido tres etapas fundamentales:

- La prueba individual de cada módulo, generalmente a cargo del programador del mismo. En este proceso se pretende correrlo bajo distintas condiciones, garantizando que cada rama del mismo se ejecute al menos una vez.

- La prueba de integración, realizada por el programador y uno de los analistas, en la cual el módulo se ejecuta en conjunto con los otros ya incorporados al sistema. En esta prueba se incorpora un único módulo por vez (ya se trate de un programa completo o una rutina de uso general). Para ello se requiere una cuidadosa planificación de la secuencia de incorporación de los módulos, que define a su vez el orden de programación.

- La prueba del sistema, a cargo del equipo de analistas, orientada a medir el comportamiento en una situación similar a la real (tiempos de respuesta, problemas de integración, etc.).

5. SISTEMA OPERATIVO.

5.1. Conceptos básicos.

El Sistema Operativo DX10, provisto por Texas Instruments, es un sistema de multiprogramación, orientado al procesamiento en tiempo real, capaz de soportar varias terminales trabajando en forma independiente y/o comunicándose entre ellas.

La unidad básica del sistema es la tarea, que está compuesta por un programa. Las tareas están alojadas en bibliotecas. El DX10 normalmente reparte el tiempo de CPU entre las tareas que están en ejecución, en tajadas iguales de acuerdo a ciertas prioridades (esta tajada, se interrumpe obviamente en caso de una operación de entrada y salida).
A medida que las tareas son arrancadas, se introducen en la memoria central. En el momento en que se acaba la tajada de tiempo de una tarea en ejecución, ésta pasa a estar en estado suspendido. Cuando en la memoria central no queda más espacio disponible el DX10 procede a retirar de memoria tantas tareas suspendidas como hagan falta para poder continuar ejecutando la tarea de turno A este mecanismo se le llama roll-in/roll-out.
Las tareas desplazadas se graban en disco y cuando llega el turno de reactivación se vuelven a traer a memoria continuando su ejecución en el punto en el que se habían interrumpido. De esta manera por un lado la cantidad de tareas que se pueden ejecutar en multiprogramación es independiente de la memoria central disponible, aunque desde luego, el tiempo de throughput será mayor, y por otro lado las tareas se van ejecutando "en paralelo" característica esta que ha sido aprovechada para efectuar el diseño del sistema.
Cabe observar que el área de memoria que ocupa una tarea, no puede exceder los 64 Kbytes, por lo que debe utilizarse las posibilidades de recubrimiento y segmentación para programas más extensos.

5.2. Comunicación y coordinación entre tareas.

Una de las más poderosas funciones provistas por el DX10 es la de la comunicación entre tareas y la ejecución coordinada de las mismas.
Una tarea puede controlar la ejecución de otra de varias maneras. En principio, puede invocarla (o sea, cargar en memoria un nuevo programa e iniciar su ejecución). Ademas, puede conocer el estado en que se encuentra (activa, suspendida, esperando entrada/salida, etc.) tanto de una tarea invocada por ella como cualquier otra, y modificar alguanos de esos estados (ej.: reactivarla si está suspendida, abortar una operación de I/O, eliminar la tarea, etc.) Incluso, existen "semáforos" que pueden ser regulados por una tarea y consultados por otra para sincronizar los procesos.

Otra facilidad fundamental es la del intercambio de mensajes entre distintas tareas. El DX10 reserva un área de memoria para esta función, posibilitando que cualquier tarea coloque o retire mensajes de la misma. Además, los mensajes estan organizados en "colas" independientes, cada una de las cuales se puede hacer corresponder a una tarea que se encuentre en ejecución. Así, cada tarea puede tener por ejemplo un único puerto de entrada (su cola de mensajes); y enviar mensajes a cualquier otra cola. Las colas se ordenan de acuerdo a la regla FIFO y los mensajes se obtienen secuencialmente, mediante operaciones similares a las de lectura de archivos. Estas funciones pueden ser programadas directamente en lenguajes de alto nivel (en particular, el Pascal posee varias implementadas como rutinas standard). Estas características hacen del DX10 un sistema operativo especialmente apto para el diseño de sistemas en componentes relativamente independientes lo que resulta muy efectivo para dirección de procesos en tiempo real, ya que permite controlar cada uno de los parámetros del proceso con una componente distinta, operando todas ellas en paralelo, sincronizándose e intercomunicándose.

6. SUBSISTEMAS AUXILIARES.

6.1. Sistema de Interfaz de comunicaciones.

Este sistema permite la comunicación entre las tareas de aplicación en la computadora central de CIPEC y los dispositivos de comunicaciones que la vinculan con los diversos hospitales y terminales móviles instaladas en las ambulancias.

Para la mejor comprensión del resto de este capítulo, aclaremos el flujo de los mensajes a través de las diversas tareas y dispositivos de comunicaciones previstos. Por ejemplo, un mensaje originado en la computadora central (ya sea por algún proceso automático, o digitado por una persona de CIPEC) con destino a un móvil es recibido por una tarea de aplicación que lo captura, lo valida, le agrega cierta información de control y se lo entrega al sistema de interfaz de comunicaciones, a través del puerto de entrada asociado al mismo. El sistema de comunicaciones efectúa sus propias validaciones, reestructura dicho mensaje,

y lo coloca en una cola que corresponde al móvil que lo debe recibir. De allí se transmite caracter por caracter, a un dispositivo de comunicaciones interno de la computadora. Este, a su vez, lo envía al procesador de comunicaciones (MCP), el que analiza el mensaje para determinar a cual terminal móvil corresponde. Si dicha terminal está disponible, lo envía, siendo recibido por el personal de la ambulancia. Cuando el mensaje se origina en una ambulancia (ya sea como respuesta a uno de la computadora central, o por requerimiento del personal de la misma), el proceso es prácticamente el mismo, pero en sentido inverso.
Se ha previsto también que este sistema controle el tráfico de mensajes entre CIPEC y los hospitales, pero esta función no está aún implementada.
El sistema se ha dividido en las siguientes componentes:

1. Subsistema de proceso de mensajes desde las tareas de aplicación en CIPEC hacia las terminales móviles en las ambulancias.

2. Subsistema de proceso de mensajes desde las terminales.

3. Subsistema de proceso de mensajes entre CIPEC y los hospitales.

4. Función de repetición de mensajes a pedido del operador de una terminal móvil.

5. Función de consulta de mensajes pendientes de respuesta para una terminal movil.

6. Función de eliminación de los mensajes enviados a las terminales móviles, y que no han recibido respuesta en 60 minutos.

7. Función de inicialización del procesador de comunicaciones (MCP).

8. Función de prueba de eco de dicho procesador.

9. Función de inicialización de una zona de memoria común a este sistema y a las tareas de aplicación.

A ello se agrega una función de registro de mensajes en un medio de almacenamiento externo, que se aplica a todos los mensajes procesados por este sistema.

1. El subsistema de envío de mensajes de las tareas de aplicación en CIPEC, a los operadores de las terminales móviles recorre periódicamente su puerto de entrada, volcando los mensajes hallados en ella un conjunto de colas internas, y actualizando con la información contenida en ellos una tabla de estado de las terminales móviles (se definió una indicación de prioridad dentro del mensaje, que ésta componente utiliza para colocarlo al principio o al final de la cola correspondiente a la terminal móvil a la que está dirigido). En este caso, como en otros, el objetivo principal es vaciar cuanto antes el puerto de entrada, para evitar la congestión de las zonas de memoria donde residen.
El próximo paso es recorrer la tabla de estado de las terminales

móviles, enviando a cada una el primer mensaje de la cola asociada, previa edición y reestructuración del mismo, que incluye la asignación de un número al mensaje que permite al personal del móvil hacer referencia posterior a él.
Si el mensaje exige respuesta, se guarda en una tabla interna, hasta que sea respondido o bien transcurran 60 minutos. Una vez enviado, el mensaje se registra en un almacenamiento externo. Luego, esta componente se suspende, hasta ser despertada por la llegada de algún otro mensaje a su puerto de entrada, reanudando luego el proceso descripto.

2. El subsistema de recepción de mensajes desde las terminales móviles consiste de una tarea que es invocada automáticamente cada vez que se recibe un mensaje válido, en el dispositivo de comunicaciones de la computadora de CIPEC asignado al control del MCP y las terminales móviles. Esta tarea, al ser invocada, extrae el mensaje recibido de su puerto de entrada, lo valida y procesa según su tipo (voz, emergencia, estado, pedido del próximo mensaje, mensaje de texto libre, etc.), determinado si es respuesta de algún mensaje anterior enviado a la terminal móvil. En tal caso, lo aparea con éste, eliminándolo de la tabla mencionada en el párrafo anterior, y enviando la respuesta a la tarea de aplicación que lo espera. Si el mensaje recibido no es respuesta de ningún otro, se envía a una tarea determinada. En ambos casos, ello se realiza a través de los puertos de entrada asociados a las tareas receptoras. Finalmente, los mensajes transmitidos exitosamente se registrarán en un almacenamiento externo.

4. La función de repetición de mensajes, permite que un operador de terminal móvil pueda solicitar la reaparición en ella de algún mensaje pendiente de respuesta, mencionando su número.

5. La función de consulta de mensajes pendientes permite al operador de la terminal de la terminal móvil obtener los números de todos los mensajes pendientes para su terminal.

6. La función de eliminación de mensajes pendientes que no han recibido respuesta después de 60 minutos está a cargo de una tarea independiente, que se activa periódicamente en forma automática, y recorre la tabla de mensajes sin respuesta, eliminando de ella los que correspondan.

Las funciones 7 y 8 se utilizan para controlar el funcionamiento del procesador de comunicaciones, ejecutándose automáticamente al cargarse el sistema de despacho automatizado. El operador de computación de CIPEC puede además correrlas en cualquier momento.

La función 9 es interna del sistema de interfaz de comunicaciones, ejecutándose únicamente en el momento de carga del sistema de despacho automatizado.
El sistema de comunicaciones utiliza además una rutina que, si bien no forma parte de la definición formal de este sistema, es imprescindible para su funcionamiento. Se trata de la rutina de atención del dispositivo de comunicaciones de la computadora de CIPEC, la cual forma parte del sistema operativo, y que tiene dos

CEDINFOR

funciones principales:

A. Recibe la orden de trasmisión de un mensaje desde la primera componente de este sistema y, después de llevar a cabo todo el protocolo exigido por el MCP para establecer la comunicación, le transmite dicho mensaje carácter por caracter, con el agregado de determinada información de control.

B. Responde al protocolo del MCP. Cuando éste tiene algún mensaje, invoca a la segunda componente de este sistema de comunicaciones y se lo entrega, después de validarlo y reestructurarlo.

   Esta rutina también se encarga de inicializar la interfaz entre la computadora y el dispositivo de comunicaciones, durante la carga inicial del sistema operativo; asimismo, es invocada cada vez que se aborta una operación de entrada/salida en dicho dispositivo. Además, es la encargada de atender las interrupciones de entrada/salida generadas por el dispositivo de comunicaciones, decodificar su significado y procesarlo.

6.2. Subsistema administrador de pantallas.

El objetivo de este sistema es el de organizar y presentar los mensajes que llegan a las terminales del personal de CIPEC, a la vez que servir de intérprete de comandos para el acceso a las restantes funciones del sistema general.
La necesidad de este subsistema se presentó al analizar la cantidad, variedad y oportunidad de mensajes enviados a las terminales del personal de control. En efecto, estas pantallas reciben mensajes de muy distinto origen y que requieren tratamientos diferentes. Pueden generarse en un proceso automático (ej.: aviso al Supervisor de auxilio demorado), por un requerimiento de alguna persona (ej.:solicitud de intervención policial), o tratarse de textos libres enviados desde alguna otra terminal (Ej.: desde una ambulancia al Controlador zonal).
En algunos casos, los mensajes necesitan una respuesta del destinatario (Ej.: informar que la colaboración policial ha sido solicitada, o indicar el número de ambulancias extras autorizadas para un auxilio), otros son simplemente informativos (Ej.: aviso de que cierta ambulancia ha sido asignada a cierto auxilio), mientras que algunos requieren que el receptor del mensaje pase a trabajar con alguna función del sistema para resolver esa situación (Ej.: asignar directamente una ambulancia a un auxilio).
Obviamente, estos mensajes pueden aparecer en cualquier momento, cuando el operador de la terminal está trabajando con cualquier tarea del sistema. Esto obligó a definir un subsistema específico que recibiera y administrara los mensajes avisándole al destinatario que tiene mensajes pendientes, y presentándolos en el momento oportuno.
El subsistema tiene 2 componentes principales: la administradora de mensajes y la tarea de control. La componente administradora es la encargada de recibir los mensajes en su puerto de en-

trada, recogerlos y almacenarlos en colas internas hasta el momento de presentarlos. Hay una tarea de este tipo por cada una de las terminales conectadas en un momento dado. Cuando cualquier otra tarea debe enviar un mensaje a una terminal,lo que hace es colocarlo en el puerto de entrada de la tarea administradora correspondiente. Una vez capturados los mensajes, la tarea los ordena en una cola de acuerdo con el orden de llegada y la prioridad, y numera los que requieren respuesta. Luego, si la pantalla esta disponible, los presenta en grupos de 3 como máximo habilitando a continuación al operador de la terminal para dar respuestas o emitir comandos. Este tiene entonces 4 acciones posibles: continuar la recepción de mensajes, responder alguno, congelar la pantalla o emitir un comando. Para responder un mensaje, debe dar su número y el texto de la respuesta, luego de lo cual se le agregan en pantalla el siguiente grupo de hasta 3 mensajes. Al congelar la pantalla, puede responder varios mensajes seguidos, o consultar cuales tiene pendientes de respuesta, no recibiendo nuevos hasta que la descongele. Finalmente, al emitir un comando, la tarea administradora verifica cual es el programa que debe atenderlo y lo invoca, transfiriéndole el control de la terminal. Mientras la nueva tarea ocupa la pantalla, aquella continúa recibiendo los mensajes destinados a esa terminal, hasta que le es devuelto el control para presentarlos. Se efectúa además periodicamente un control de las colas de mensajes pendientes, para detectar los que están excesivamente demorados.

La tarea de control es única para todas las terminales, y su función es la de evitar el bloqueo de una terminal por un error humano. El problema puede aparecer cuando, después de presentar un grupo de mensajes, la tarea administradora queda esperando una indicación del operador. En ese momento, dicha tarea efectúa una operación de lectura sobre la terminal, y queda interrumpida hasta que dicha operación finalice (lo que ocurre al digitar la tecla RETURN). Si - transcurrido un tiempo prudencial - la lectura no se realiza, la tarea de control la aborta, devolviendo el control a la administradora para que continúe presentando los mensajes. Esta tarea de control cicla permanentemente, verificando el estado de cada una de las terminales.
Por su concepción como entidad independiente, este subsistema sirve no solo como elemento del sistema de despacho sino que puede ser usado, en general, como poderoso auxiliar en el diseño automatizado de sistemas interactivos.

6.3. Iniciador.

La función de este subsistema es la de poner en marcha el Sistema de Despacho Automatizado. Dado que el mismo operará en tiempo real durante las 24 hs. esto significa basicamente que debe retablecer las condiciones de operación existentes antes de la interrupción, en el más breve plazo posible (dependiendo de las causas de la parada).
Las tareas principales que ejecuta este subsistema son:

1. Asignar los archivos y bibliotecas de programas con los cuales se trabajará.

2. Poner operativa la base de datos.

3. Activar el subsistema administrador de pantallas en todas las terminales locales que estuvieran conectadas al momento de la interrupción, y una tarea de conexión en las restantes.

4. Inicializar el área común de memoria, recuperando el cuadro de situación anterior a partir de la información registrada en la base de datos.

5. Activar un conjunto de programas que deben estar en permanente funcionamiento (Subsistema de interfaz de comunicaciones, tarea de control de administrador de pantallas, programas de localización de direcciones, etc.).

Dado que la computadora estará dedicada exclusivamente al despacho de auxilios, se ha previsto que éste subsistema se ejecute en forma automática cada vez que se carga el sistema operativo.

BIBLIOGRAFIA.

1. Glenford J. Myers. SOFTWARE RELIABILITY, PRINCIPLES AND PRACTICES, 1976, Wiley - Interscience.

2. ------- " -------. COMPOSITE/STRUCTURED DESIGN, 1978.

3. ------- " -------. THE ART OF SOFTWARE TESTING, 1979.

4. Edward Yourdon/Larry L. Constantine. STRUCTURED DESIGN, 1979, Prentice-Hall.

5. Robert C. Tausworthe, STANDARDIZED DEVELOPMENT OF COMPUTER SOFTWARE, 1977, Prentice-Hall.

6. John K. Lyon, THE DATABASE ADMINISTRATOR, 1976, Wiley-Interscience.

7. ------- " --------. INTRODUCCION AL DISEÑO DE BANCOS DE DATOS, 1973, Limusa S.A.

8. James Martín, ORGANIZACION DE LAS BASES DE DATOS, 1977, Prentice-Hall. Publicación de IBM.

9. AUERBACH, Editorial Staff: HIPO, SYSTEMS DEVELOPMENT MANAGEMENT, Auerbach.

10. HIPO-A, DESIGN AID AND DOCUMENTATION TECHNIQUE, 1975, IBM Corporation.

11. Joseph T. Rigo, HIPO: STRUCTURED SYSTEM DESIGN DOCUMENTATION, COMPUTER PROGRAMMING MANAGEMENT, Auerbach.

12. Ben Shneiderman. SOFTWARE PSYCHOLOGY, HUMAN FACTORS IN COMPUTER AND INFORMATION SYSTEMS, 1980, Winthrop Publishers.

13. Gerald M. weinberg. THE PSYCHOLOGY OF COMPUTER PROGRAMMING, 1971, Van Nostrand Reintrand Reintrold Company.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

CAPITULO K

APLICACIONES CIENTIFICAS

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

APLICACION DE SISTEMAS DE PROCESAMIENTOS DE DATOS A LA QUIMICA CUANTICA *

Norma Sbarbati Nudelman
Horacio Grinberg

Departamento de Química Orgánica
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires - Argentina

Julio C. Facelli
Rubén H. Contreras

Departamento de Física
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires - Argentina

OBJETIVO DEL TRABAJO

En este trabajo se presentan los resultados que se obtuvieron en dos problemas típicos de los estudios que se encaran en relación con la química moderna en los Departamentos de Química Orgánica y de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. Estos dos problemas consisten en el análisis conformacional de moléculas orgánicas y el estudio de la reactividad química.

La parte fundamental de este estudio se basa en el análisis numérico de los problemas propuestos. La contribución de los cálculos mecánico-cuánticos al problema de la determinación de conformaciones es cada vez más importante y los resultados obtenidos se comparan con observaciones experimentales logradas por medio de la espectroscopía de resonancia magnética nuclear.

El segundo objetivo es el cálculo de reactividad química. Lograr predecir la velocidad de una reacción es la máxima aspiración de todo químico que desea definir las condiciones óptimas para que una reacción determinada ocurra en la dirección que se desea, con el máximo de rendimiento y con la mínima interferencia de reacciones laterales.

En forma algo sintética se describen en este trabajo, primero el contexto general en que está inserta la problemática planteada; después los fundamentos teóricos en que se basa el análisis numérico, con indicaciones de cómo se implementa, para luego analizar los resultados obtenidos; y finalmente presentar las conclusiones que pueden extraerse del estudio realizado.

* Cálculos realizados en la empresa IBM Argentina.

ANTECEDENTES

Tanto las estructuras de las moléculas como su reactividad diferencial frente a determinados reactivos están fundamentalmente determinadas por las energías libres de los agregados de átomos que componen las moléculas. Los distintos métodos accesibles para estudios de esta naturaleza han ido variando en forma fundamental en los últimos años. A los métodos "químicos" tradicionales, se han ido agregando, con el correr del tiempo, distintos métodos físicos, particularmente espectroscópicos, que han permitido lograr informaciones que en otra época no era posible obtener. Estas técnicas eminentemente experimentales, se han visto complementadas en forma sorprendente durante el último cuarto de siglo por la aparición de computadoras digitales. Hasta entonces era muy poco lo que podía pretenderse sobre la comprensión, tanto de estructuras moleculares, como de propiedades químicas, a partir de las ideas mecánico cuánticas desarrolladas en la década de 1920 por Heisenberg, Schrodinger y Dirac (por citar tan sólo a tres de las personalidades más destacadas) que tanto éxito tuvieron en describir primero fenómenos atómicos, y posteriormente, procesos físicos nucleares. A la revolución introducida por la presencia de las computadoras digitales, deben agregarse los siguientes hechos, para comprender en forma más acabada las perspectivas actuales que presenta el estudio tanto de problemas químicos como de física molecular en general: Son ellos, por una parte, el desarrollo de las ideas relativas a la teoría del campo autoconsistente aplicados a moléculas (teoría de orbitales moleculares), y por otra, la extensión al estudio de problemas químicos de la teoría de perturbaciones, originalmente formulada para estudiar problemas de física atómica.

Esas perspectivas que se han abierto para el estudio de la química, han dado origen a una disciplina totalmente nueva, que se conoce en la actualidad con el nombre de Química Cuántica. Es importante destacar que el desarrollo de la misma sólo ha sido posible por la existencia de computadoras digitales de alta velocidad y de alta capacidad de almacenamiento de la información. Una medida de los sorprendentes progresos mundiales sobre el tema, lo constituye la aparición, durante la última década, de numerosas revistas internacionales nuevas, relacionadas con esta disciplina.

Las ideas teóricas que se citan antes como promotoras de esta revolución en la química moderna, junto con una adecuada capacidad pra el procesamiento de datos, permite en la actualidad formular verdaderos modelos numéricos que son capaces de describir un conjunto grande de propiedades moleculares con una precisión cercana a la que se logra en la determinación experimental de las mismas.

Para el desarrollo de esta nueva metodología no ha faltado la cooperación internacional. Es así como existen diversas organizaciones sin fines de lucro que constituyen verdaderos bancos

de programas donde pueden solicitarse, con sólo el cargo del envío y gastos de operación, los adecuados para realizar la simulación numérica de las propiedades moleculares que se quieren estudiar. El más notable de ellos es el que se conoce con las siglas QCPE (Quantum Chemistry Program Exchange) dependiente de la Universidad de Indiana (EEUU). Para los objetivos de este trabajo, los que presentan mayor interés son los que permiten determinar la energía del estado fundamental de un conjunto de átomos como función de su ordenamiento geométrico espacial. Estos modelos numéricos se basan en las siguientes ideas teóricas. Entre las distintas representaciones de los principios básicos de la mecánica cuántica, la de Schrodinger es la que ha tenido mayor difusión dentro de los ámbitos de la Química y de la Física Molecular. Esta representación requiere como punto fundamental, la resolución de la ecuación de Schrodinger. Como la misma no puede resolverse en forma exacta para una molécula compuesta por varios átomos, con el correr del tiempo se formularon diversos métodos aproximados, los que, a su vez fueron contando con diversas hipótesis simplificativas. La más importante por los resultados que permitió obtener hasta el presente, es la de Hartree-Fock con sus simplificaciones adicionales introducidas por Roothaan y Hall.

La mayor o menor velocidad de una reacción normalmente se discute en términos de la teoría del estado de transición. Según ésta, la reacción entre dos moléculas A y B (llamado estado inicial) para dar el producto C (estado final) tiene lugar a través de un estado intermedio AB# (llamado estado de transición) de máxima energía.

$$A + B \longrightarrow AB^{\#} \longrightarrow C$$

Las moléculas reactivos A y B se van deformando, reorganizándose para asemejarse cada vez más al producto de reacción C. Las transformaciones de las sustancias reactivos o, lo que es lo mismo, del estado inicial, implican cambios energéticos y pueden realizarse en formas muy diversas, de modo que la representación del cambio de energía en cada una de las direcciones posibles sería un diagrama polidimensional.

El problema consiste, en principio, en calcular el perfil energético; es decir, calcular la energía de todas las posibles configuraciones de las especies interactuantes y determinar el camino más fácil en toda la superficie de energía potencial. El tratamiento se simplifica usando una única dirección en la transformación que es aquélla denominada coordenada de reacción; en este caso se obtiene un diagrama bidimensional (Fig.1). En el diagrama se ha representado el perfil de una reacción exotérmica, es decir, una reacción en la que se libera energía. El contenido energético del estado inicial (E.I.) es mayor que el del estado final (E.F.) y el estado de mayor energía es el estado de transición. E_a representa la energía de activación de la reacción, es decir la energía que hay que proveer al sistema para que la reacción tenga lugar. También llamada barrera energé-

tica, ya que representa el parámetro limitante, sin el cual A y B no pueden producir C.

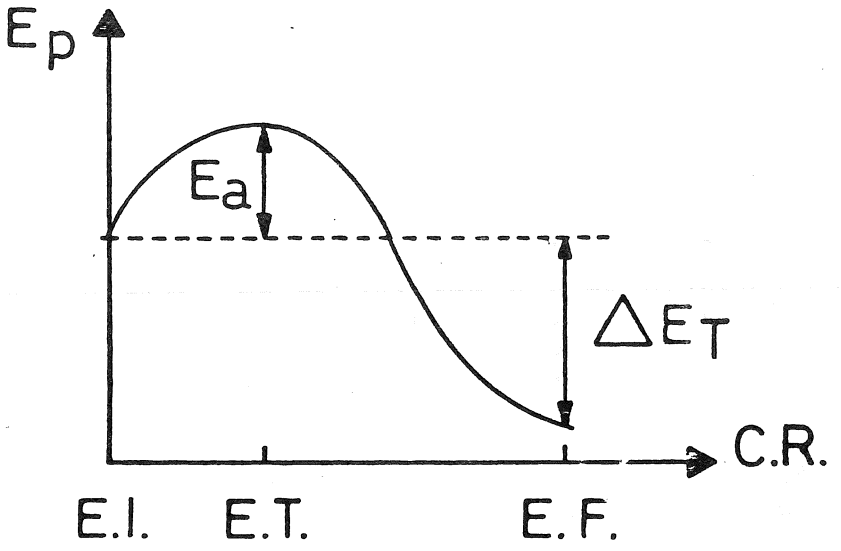


Fig.1 Representación de la variación de la energía potencial (E_p) a lo largo de la coordenada de reacción (C.R.)

La solución exacta del problema mecánico cuántico de cálculo de la energía de activación sólo ha sido posible para la reacción H_2 + H, cuya energía de activación pudo calcularse exitosamente; pero el problema se complica extraordinariamente con moléculas más complejas y no puede resolverse en el presente y las chances de que pueda hacerse en un futuro cercano son muy bajas. De modo que se usan métodos aproximados.

Uno de los mayores problemas es que el dato que se necesita es la pequeña diferencia que existe entre dos cantidades grandes, es decir, el calor de formación de los reactivos y el del estado de transición. Algo así como calcular el peso del capitán de un barco, pesando el barco vacío y luego con el capitán a bordo. Es claro que pequeños errores que se cometan en la determinación de ambas cantidades afectará notablemente la estimación de la energía de activación.

Otro enfoque distinto del problema de reactividad lo constituye la teoría perturbacional. En ella se supone que la estructura del estado de transición es semejante a la de los reactivos. Se calcula la diferencia energética que se produce al modificar una o dos uniones por un método perturbacional de las propiedades moleculares de los reactivos aislados. Así se obtiene esa pequeña fracción de la energía total necesaria para producir la modificación requerida y que debe tener un valor muy cercano a la verdadera energía de activación.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Métodos de cálculo de orbitales moleculares. A continuación se discuten algunos modelos cuyos fundamentos teóricos lo constituyen las ecuaciones de Roothaan-Hall (véase el apéndice) que provienen de emplear una base incompleta para formular las ecuaciones íntegrodiferenciales de Hartree-Fock. Debe recalcarse que Roothaan y Hall introdujeron esta aproximación, pues no es posible emplear una base completa para la resolución numérica de las ecuaciones de Hartree-Fock. En general se selecciona una base incompleta (o finita) en tal forma de facilitar la interpretación físico-química de los resultados. Cuanto más amplia sea esta base, más se esperaría lograr un modelo más realista del problema planteado. Sin embargo, como quedará claro algo más adelante, cuanto mayor número de funciones integran esa base, mayores son los requerimientos de cómputo. Para tener en cuenta ambos efectos, lo más frecuente consiste en elegir como funciones de base aquéllas que describen en forma correcta las propiedades de los electrones en los átomos aislados (orbitales atómicos). La parte radial de estas funciones es del tipo "hidrogenoide", es decir, está compuesta por polinomios de Laguerre. El número de estos orbitales que se incluyen por cada átomo que contenga la molécula, depende de la sofisticación del método que se desee emplear. Para moléculas que contienen sólo átomos de la primera fila de la tabla periódica de los elementos, esa cantidad suele variar entre cuatro (excepto para el hidrógeno, al que suele asignarse solamente uno) y una decena de orbitales por átomo (el primer límite se conoce como "base mínima de valencia", el otro como "base extendida"). Cada una de estas funciones está centrada en el átomo respectivo.

La no linealidad de las ecuaciones, constituye uno de sus rasgos más salientes, por lo menos en lo que al problema computacional se refiere. Esta característica hace que la solución deba buscarse en forma autoconsistente pues la misma se requiere para poder determinar los coeficientes de las ecuaciones.

Los problemas de cómputo asociados con la resolución de las ecuaciones de Roothaan-Hall, dependen en gran medida de los problemas físico-químicos que se deseen encarar. En forma muy simplificada se puede representar su resolución numérica por medio de un diagrama como el que se muestra en la Fig.2. Se describen en forma breve cada uno de los pasos:
Datos de entrada: En los programas de cálculos de orbitales moleculares que se emplearon en el siguiente trabajo, se requiere como datos de entrada las coordenadas cartesianas de los átomos que componen la molécula. No obstante, en la actualidad ya se han desarrollado otros programas que permiten obtener en forma directa los mínimos de la energía en función de las coordenadas o de determinados parámetros estructurales. En general, el método de cálculo se basa en la persecución del gradiente de la energía. La inclusión de una subrutina de esta naturaleza no presenta mayores dificultades de cómputo.
Cálculo de las integrales entre orbitales atómicos: Al expresar

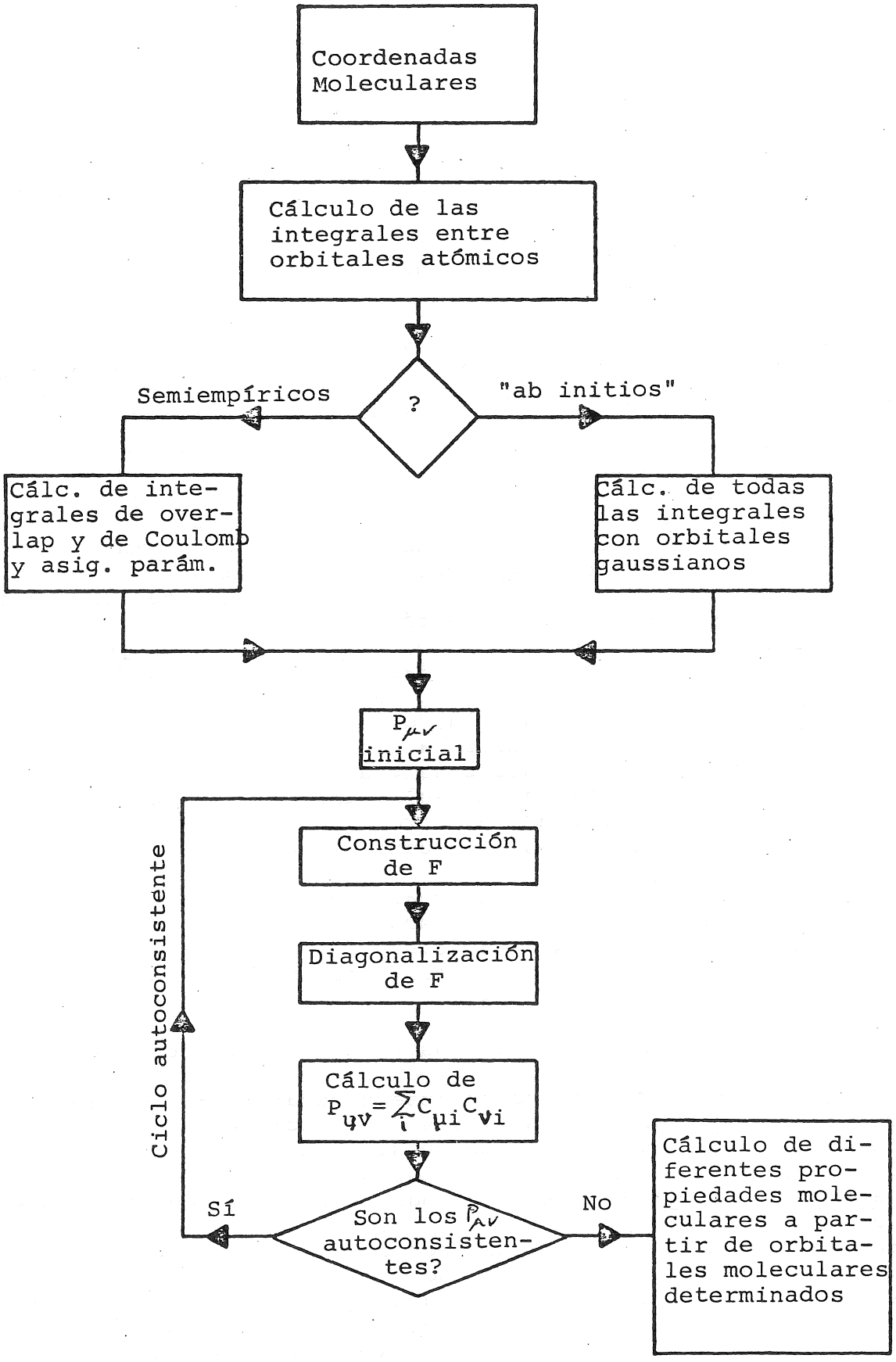


Fig.2 Diagrama típico de la resolución de las ecuaciones de Roothaan-Hall en forma autoconsistente.

las ecuaciones de Roothaan-Hall en una base de orbitales atómicos, las integrales que es necesario resolver quedan en términos de ese tipo de funciones. Esas integrales se pueden clasificar en los siguientes tipos: a) de "overlap", y constituyen una medida de cuan solapados se encuentran dos orbitales atómicos; b) integrales monoelectrónicas, que representan la interacción de los electrones con los núcleos de los átomos que componen la molécula; c) integrales bielectrónicas, que corresponden a la interacción entre los electrones. Los dos primeros tipos constituyen una cantidad reducida de integrales, pues como las determinan sólo dos orbitales atómicos, el número total de ellas es igual al de pares de funciones de base. Por esta razón, el procesamiento de estas integrales no constituye un problema computacional serio. Para facilitar su cálculo, los polinomios de Laguerre se suelen representar por funciones de Slater. Se logra una simplificación notablemente mayor si en vez de éstas últimas, se emplean funciones radiales de tipo gaussiano.

Las integrales del tipo c) son las que presentan los mayores problemas de cómputo. A su vez, éstas se pueden clasificar en integrales de uno, dos, tres o cuatro centros, dependiendo de la cantidad de átomos a los que pertenecen los orbitales involucrados. Si se emplean funciones de Slater, sólo se pueden resolver en forma analítica las integrales de uno y dos centros, salvo que la molécula presente muchos elementos de simetría. Además, debido al elevado número de integrales que deben resolverse, no es posible emplear métodos de integración numérica como el de Montecarlo, pues los problemas computacionales que se presentan, no serían superables. En cambio, cuando se emplean funciones radiales gaussianas, es posible lograr expresiones analíticas para todas las integrales bielectrónicas. No obstante, el problema computacional subsiste pues las integrales bielectrónicas son muy numerosas; en efecto, la cantidad de ellas crece con la cuarta potencia del número total de orbitales atómicos que integran la base. Por esta razón, no bien tenga varios átomos la molécula en estudio, los resultados de esas integrales no pueden almacenarse en las memorias de acceso rápido, debiendo retenerse en los dispositivos de almacenamiento periférico. Como se las requiere para efectuar el ciclo autoconsistente, este hecho alarga en forma notable el tiempo de cómputo, aumentando en forma significativa el costo del estudio.

Métodos semiempíricos: Ya que la mayoría de los compuestos que se estudian tanto en la Química Orgánica como en la Química Biológica son poliatómicos, el método de cálculo de las integrales que se explicó antes (conocido con el nombre de "ab initio"), se vuelve inaplicable por no contarse con equipos de cómputo que sean lo suficientemente rápidos y poderosos. Por esta razón muchos investigadores cambiaron de actitud frente a las ecuaciones de Roothaan-Hall, dando nacimiento a los métodos que se conocen con el nombre de semiempíricos. En estos se introducen simplificaciones de importancia en el cálculo de las integrales de los tipos a), b) y c) que se mencionaron anteriormen-

te. Muchas de ellas se desprecian, pues por diversas razones, se considera que no influyen en forma significativa en los resultados y sus efectos se pueden tener en cuenta por introducción de parámetros adecuados. Otras se calculan con ciertas hipótesis simplificativas, y el resto, en vez de calcularse, se las reemplaza por parámetros de naturaleza empírica. Es evidente que la selección de esos parámetros no constituye ningún problema sencillo. Por este motivo, diversos autores han empleado criterios bastante diferentes en su determinación. Por ejemplo, algunos los han seleccionado como para que conduzcan a orbitales moleculares lo más parecido que sea posible a los que se obtienen por ciertos métodos "ab initio". Otros los determinaron como para que reproduzcan lo mejor posible ciertas propiedades moleculares. Lo cierto es que la inclusión de estos parámetros permite corregir parcialmente algunas deficiencias que presenta la teoría de Hartree-Fock. Por este motivo, los resultados que se obtienen con algunos métodos semiempíricos a veces llegan a superar los correspondientes resultados "ab initio".

Ciclo autoconsistente: Desde aquí en adelante los métodos "ab initio" no se diferencian en forma significativa de los semiempíricos. En ambos casos deben obtenerse los autovalores del Hamiltoniano de Fock, resolviendo su ecuación secular. Este Hamiltoniano depende en forma explícita de las poblaciones electrónicas de los orbitales, las que a su vez se calculan con los coeficientes de las combinaciones lineales de los orbitales que deben obtenerse al resolver la ecuación secular. Es decir, para formular el problema debe conocerse su solución. Por lo tanto, queda claro que debe procederse en forma iterativa. En consecuencia, en el primer paso se diagonaliza la parte del Hamiltoniano de Fock que no incluye la interacción interelectrónica (Hamiltoniano de "core"). Con los autovectores que así se obtienen, se calcula la matriz de cargas P, con lo que se construye el Hamiltoniano de Fock para iniciar el ciclo siguiente. Este proceso se continúa hasta que los autovectores que se obtienen, difieran de los anteriormente obtenidos en una cantidad menor que cierto valor prefijado, es decir: hasta que los autovectores sean "autoconsistentes".

Esta etapa tiene necesidades computacionales bastante estrictas, pues las dimensiones de la matriz del Hamiltoniano de Fock son iguales al número de orbitales que integran la base. En los métodos "ab initio" debe tenerse en cuenta, además, la búsqueda de las integrales (citadas en el paso anterior) almacenadas en dispositivos periféricos, para poder construir en cada ciclo el hamiltoniano de Fock correspondiente.

Una vez que finaliza el ciclo autoconsistente, se cuenta con los orbitales moleculares para la molécula en cuestión. A partir de ellos se pueden calcular diversas propiedades, tales como: el calor de formación, el momento dipolar, la distribución de cargas, algunas propiedades magnéticas, etc.

Reactividad Química: Otra tarea fundamental de la Química Cuántica es calcular superficies de energía potencial asociadas con reacciones químicas. Esto es necesario para interpretar reacciones conocidas y/o predecir reacciones no estudiadas experimentalmente. Se ha discutido anteriormente el cálculo de la energía del estado de transición que es la característica más importante de estas superficies, pero si se desea interpretar la entalpía y entropía del estado de transición en detalle, se necesita conocer, al menos, la forma de la superficie de energía potencial en la vecindad del estado de transición. Si se desarrolla una teoría dinámica aceptable de la reactividad, entonces aumenta la información que se requiere conocer acerca de la forma de la superficie de energía potencial.

El problema de calcular superficies de energía potencial es fundamentalmente un problema de tiempo de cómputo. En efecto, supóngase que se requiere un tiempo T para calcular la energía en una dada configuración molecular dentro de una aproximación especificada. Si la molécula tiene N átomos, entonces la superficie de energía tiene 3N-5 dimensiones, X_i. Si la energía se desarrolla en serie de Taylor

$$E(x_i + \delta x_i) = E(x_i) + \sum_i \left(\frac{\partial E}{\partial x_i}\right) \delta x_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \left(\frac{\partial^2 E}{\partial x_i \partial x_j}\right) \delta x_i \, \delta x_j + \cdots\cdots$$

entonces se puede apreciar que se requiere un mínimo de 1/2 (3N - 5)(3N - 4) puntos para construir la superficie hasta los términos armónicos. Para una molécula de seis átomos por ejemplo, se requieren 91 puntos, es decir, un tiempo mínimo de 91T. Desafortunadamente, una superficie armónica no será suficientemente aproximada y en la práctica, se buscan algunos aspectos de simetría para poder simplificar el problema.

Un segundo problema que se debe enfrentar es que el tipo de cálculo que da razonablemente buenas energías relativas para moléculas en sus configuraciones de equilibrio, puede dar energías muy pobres en otros puntos de la superficie de reacción.

Para tener alguna confidencia de que un método particular de cálculo es aproximado para determinar una superficie de energía potencial, se requiere que al menos reproduzca las energías, geometrías y constantes de fuerza de moléculas estables con razonable aproximación.

En la teoría atómica y molecular el método que se usa para atacar estos problemas es el mismo que ya se explicó para el cálculo de las moléculas aisladas, conocido como aproximación de Hartree-Fock.

La descripción teórica que emerge de todo esto se aplica a propiedades electrónicas, estabilidades y espectros y también a especies intermedias, sean especies moleculares estables o transcientes, radicales y estados triplete. Se pueden tratar efectos en fase gaseosa y condensada. Estos incluyen fuerzas intermolecu-

lares, efectos del solvente, orbitales y correlación electrónica.

Finalmente, para terminar esta sección donde se describen en forma somera los métodos más comunes para obtener modelos de orbitales moleculares, se citan algunos datos relativos a las dimensiones de las matrices involucradas, del número de integrales, etc. Para ello se toma como ejemplo una molécula de tamaño mediano, que es de gran importancia en la Química Orgánica: el benceno. En la Tabla I se dan algunos de esos valores significativos para dos métodos de cálculo distintos, a saber: el semiempírico CNDO/2 y el "ab initio" de Huzinaga con una base 3s,2p;2s

Tabla I

Datos característicos de la molécula de benceno

	Método CNDO/2	Método "ab initio" con base 3s,2p;2s
Número de funciones de base	30	66
Número de integrales bielectrónicas	900	18974736
Dimensiones del Hamiltoniano de Fock	30x30	66x66
Número de integrales de overlap	900	4356

EJEMPLOS

Se discute a continuación un ejemplo de cada uno de los dos objetivos enunciados al comienzo.

a) Uso de métodos computacionales en la determinación conformacional del orto-anisaldehído. Los resultados que se obtuvieron en el análisis estructural al determinar en forma numérica los orbitales moleculares del compuesto de referencia, constituyen un interesante ejemplo del empleo de computadoras digitales como herramienta auxiliar en el estudio de problemas moleculares.

Entre los posibles rotámeros que puede presentar el orto-anisaldehído, merecen citarse los que se muestran en forma diagramática en la Fig.3. El estudio de los mismos es el que presenta mayor interés. Por comparación con otras moléculas conocidas, es razonable pensar que a temperatura ambiente, el segmento CH_3 del grupo metoxilo presenta una rotación libre alrededor del eje C-O. Este hecho debe tenerse en cuenta al interpretar los diagramas de la Fig.3. Los métodos químicos tradicionales no permiten determinar cuál de esos rotámeros es más es-

table, y por consiguiente, más abundante. Este problema se puede determinar mediante el cálculo de los orbitales moleculares. No obstante, como cualquier otro modelo numérico, requiere la confrontación con resultados experimentales de por lo menos alguna de las propiedades que predice. En este problema, esos datos experimentales provienen de unas mediciones que se efectuaron anteriormente en el Departamento de Física sobre las constantes de acoplamiento indirecto spin-spin nuclear entre los protones del grupo metoxilo y los del anillo bencénico. Esas mediciones permitieron determinar que la única interacción apreciable se produce con el protón bencénico adyacente (es decir, en posición orto con respecto al grupo OCH_3).

Como se indicó antes, para efectuar los cálculos de los orbitales moleculares, se necesitan las coordenadas cartesianas de los átomos que integran la molécula. Por lo tanto, se repitieron los cálculos con los datos correspondientes a las cuatro estructuras que se muestran en la Fig.3. En cada caso, las coordenadas de los átomos se calcularon considerando que las distancias interatómicas y los ángulos entre los enlaces químicos, son las que indica el modelo geométrico standard de Pople y Gordon. Para calcular los orbitales moleculares se empleó el método INDO que pertenece a la categoría de los semiempíricos, según se explicó antes.

Una vez obtenidos los orbitales moleculares para esas cuatro conformaciones, se calcularon dos propiedades importantes: a saber, la energía de formación y las constantes de acoplamiento interprotónico entre el grupo metoxilo y el anillo bencénico. En la Tabla II se presentan los valores obtenidos para las energías moleculares. En ella, se toma como valor de referencia la que corresponde, según los cálculos, al rotámero más estable (a) en la Fig.3. Se observa que el indicado con (b) en esa figura, tiene una energía sólo levemente superior a la de (a). Por esta razón cabe suponer que a temperatura ambiente ambas estructuras coexisten. Este resultado lleva a concluir que en esas condiciones el grupo aldehído sufre una rotación prácticamente libre.

Tabla II

Energía relativa de los rotámeros del anisaldehído[1]

Rotámero[2]	Energía relativa
a	0.00
b	0.30
c	195.18
d	528.69

[1] Las energías se expresan en Kcal/mol

[2] La notación de los rotámeros se refiere a la Fig.3

Un análisis de las constantes de acoplamiento antes citadas confirma que la estructura del grupo metoxilo de las estructuras (a) y (b) es la más favorecida desde el punto de vista experimental. El razonamiento que lleva a esta conclusión surge de observar la Tabla III donde se presentan los valores de esas constantes cuando se las calcula con el método FPT-INDO. Se lo puede sintetizar en la siguiente forma: cuando el metoxilo presenta la conformación que se indica con (c) y (d) en la Fig.3, los protones del grupo CH_3 interactúan en tal forma con todos los protones del anillo, que presenta unas constantes de acoplamiento que serían susceptibles de medir en forma experimental. Sin embargo, no es eso lo que indica la experiencia, ya que, como se indicó antes, sólo se observa una interacción considerable con el protón que está en posición orto respecto de ese grupo. Esta situación es similar a la que se observa en los cálculos para los confórmeros (a) y (b). Debe recalcarse que a temperatura ambiente el grupo CH_3 presenta una rotación libre alrededor del eje C-O. Por este motivo, en la Tabla III deben promediarse los valores de las constantes correspondientes a los tres protones del grupo metoxilo. Este análisis de las constantes de acoplamiento está totalmente de acuerdo con los resultados que se citan antes para la energía relativa de los distintos rotámeros.

Tabla III

Constantes de acoplamiento spin-spin nuclear de largo alcance en el anisaldehído[1,2]

Rotámero[3]	J_{CH_3,H^3}	J_{CH_3,H^4}	J_{CH_3,H^5}	J_{CH_3,H^6}
a	-1.10	0.02	0.02	0.04
b	-1.10	0.02	0.02	0.04
c	0.35	-0.57	0.81	-0.10
d	0.23	-0.25	0.22	-0.33
Exp[4]	0.26	0.00	0.00	0.00

[1] Todos los valores se expresan en Hz.

[2] Los valores son promediados, suponiendo rotación libre del grupo metilo.

[3] La notación de los rotámeros se refiere a la Fig.3.

[4] No se determinó el signo.

b) Estudio mecánico-cuántico de efectos de solvente en sustitución nucleofílica aromática. La estrategia seguida en el presente trabajo es la de aplicar ciertos métodos semiempíricos basados en la aproximación de Hartree-Fock con el objeto de estudiar el efecto del solvente en la velocidad de reacción de o- y p-cloronitrobenceno con piperidina en mezclas de benceno-etanol.

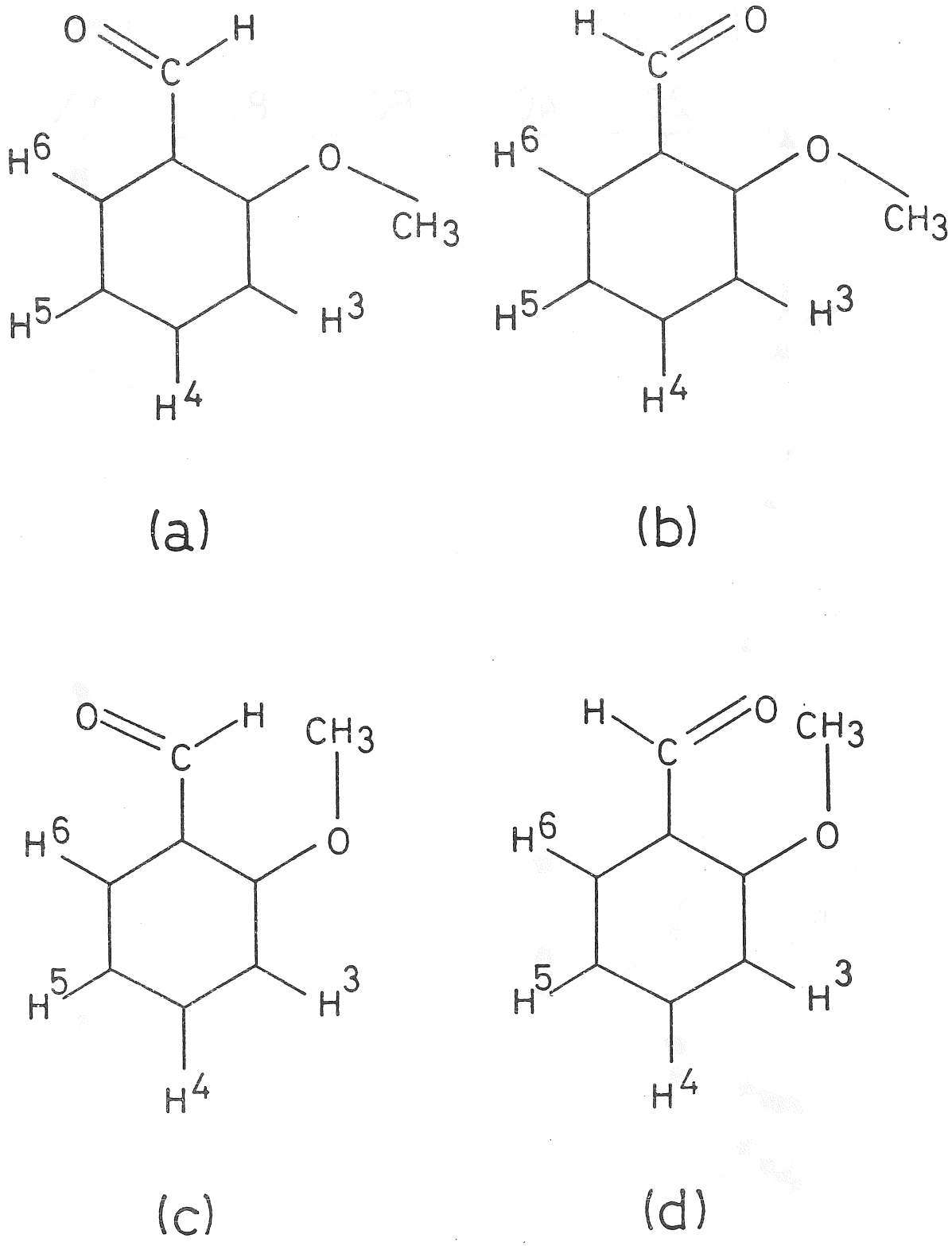
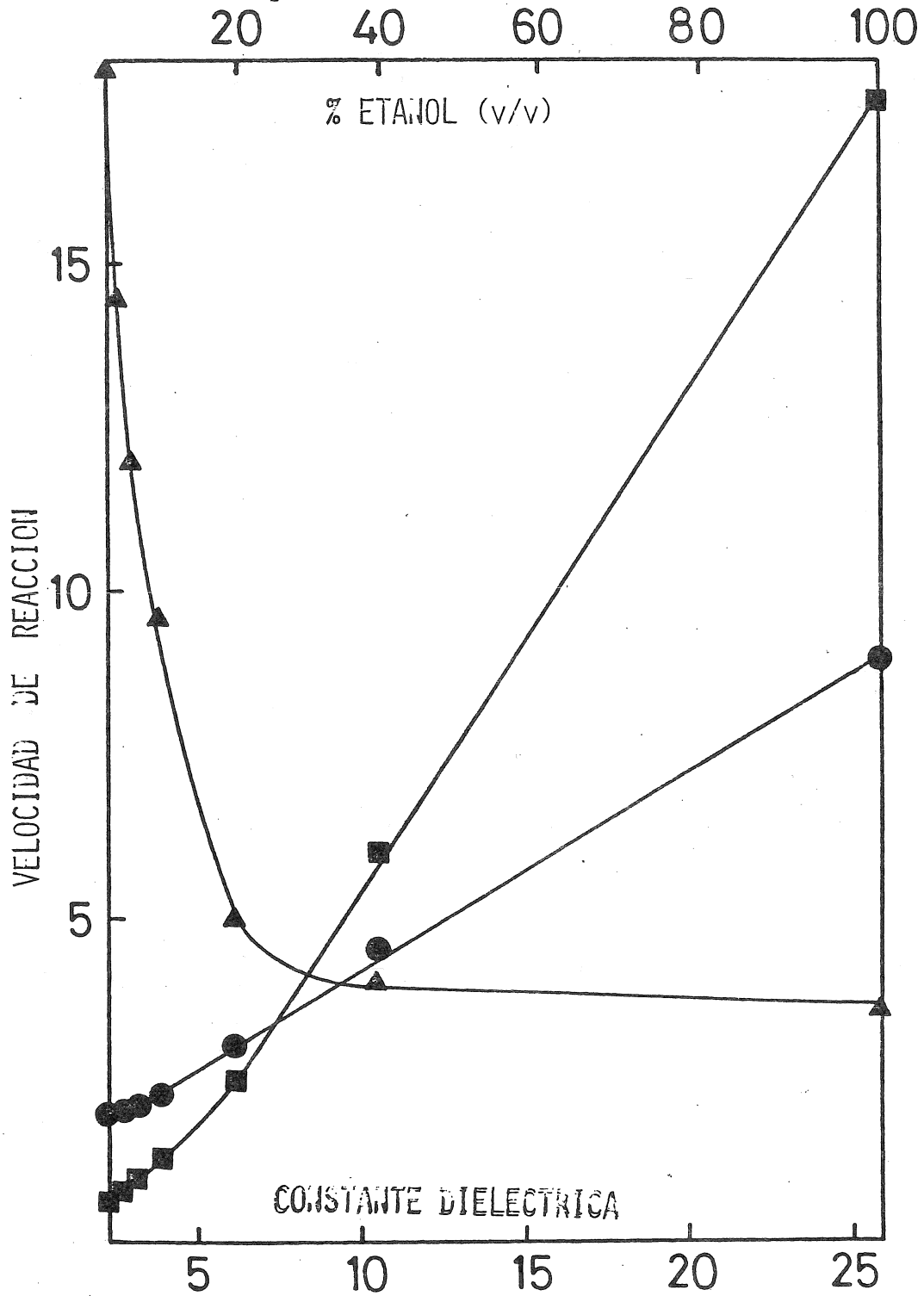


Fig. 3 Posibles rotámeros del orto-anisaldehido.

Experimentalmente se ha comprobado que la velocidad de reacción del p-cloronitrobenceno con piperidina en mezclas de benceno-etanol se incrementa linealmente con la polaridad del solvente. En cambio, la misma reacción empleando como sustrato el o-cloronitrobenceno, origina una gran disminución de la velocidad por pequeñas adiciones de etanol para luego permanecer aproximadamente constante a partir de benceno 80%-etanol 20%, según puede observarse en la Fig.4. Este efecto se interpreta como una "solvatación interna" en el compuesto intermedio del o-cloronitrobenceno con piperidina que competiría con la solvatación externa por moléculas de etanol.



ig.4 ● p-fluornitrobenceno; ■ p-cloronitrobenceno; ▲ o-cloronitrobencenc

Con el objeto de calcular este efecto diferencial se utilizó como modelo más sencillo metanol en lugar de etanol y amoníaco en lugar de piperidina. Se intentaron aplicar varias aproximaciones, entre ellas el modelo continuo y el modelo del solvatón. Puesto que se carecen de datos experimentales para el cálculo de la contribución de la energía de dispersión a la energía de solvatación y el modelo del solvatón no es adecuado cuando hay interacciones específicas, se determinaron en la aproximación CNDO/2-INDO las energías de interacción de ambos isómeros con metanol, manteniendo en el caso del isómero para- una simetría C_{2v} para todo el sistema. El valor optimizado de la distancia O(metanol)-O(sustrato), tal como se indica en la Tabla IV es de 2.53 A, lo que indicaría ausencia de puente de hidrógeno o una muy débil interacción.

Tabla IV

Optimización de la distancia O(metanol)-O(sustrato)[1]

Distancia O-O[2]	Energía total[3]
2.46	-167.41170
2.53	-167.76219
2.37	-167.34960
2.60	-167.46478
2.70	-167.48361
2.51	-167.7217
2.52	-167.7495
2.54	-167.7592
2.55	-167.7409
2.57	-167.6617

[1]Sustrato: p-cloronitrobenceno; metanol: conformación eclipsada

[2]Las distancias están expresadas en angstroms

[3]Las energías están expresadas en unidades atómicas (1 ua: 27.21 eV).

Agradecimientos: Los autores agradecen profundamente al Ing. G. A. Pollitzer (IBM Argentina) por su asesoramiento en el manejo de sistemas y su diligente colaboración durante el desarrollo del presente trabajo. Asimismo agradecen a IBM Argentina el tiempo de máquina que posibilitó los cálculos a que se hace mención. Uno de los autores (J. C. F.) agradece a la C. I. C. (Provincia de Buenos Aires) el otorgamiento de una beca.

APENDICE

Ecuaciones de Roothaan-Hall

$$\sum_{\nu}(F_{\mu\nu} - \varepsilon_i S_{\mu\nu})C_{\nu i} = 0 \qquad \text{para todos los orbitales moleculares } i$$

donde:

$F_{\mu\nu}$ son los elementos de la matriz de Fock, cuya expresión en términos de los orbitales atómicos, puede escribirse como sigue:

$$F_{\mu\nu} = H_{\mu\nu} + \sum_{\lambda,\sigma} P_{\lambda\sigma}\left[(\mu\nu/\lambda\sigma) - \frac{1}{2}(\mu\lambda/\nu\sigma)\right]$$

y los símbolos restantes tienen el significado siguiente:

$S_{\mu\nu} = \langle \phi_\mu / \phi_\nu \rangle$: elementos de la matriz de "overlap";

$H_{\mu\nu} = \langle \phi_\mu / H^{core} / \phi_\nu \rangle$: elementos de la matriz del hamiltoniano de "core";

$P_{\mu\nu} = \sum C_{\mu i} C_{\nu i}$: elementos de la matriz de población orbital;

$(\mu\nu/\lambda\sigma) = \int \phi_\mu(1)\phi_\nu(1)\ \frac{1}{r_{12}}\ \phi_\lambda(2)\phi_\sigma(2)\ d\tau_1\ d\tau_2$: son integrales bielectrónicas, que pueden ser de uno, dos, tres o cuatro centros, dependiendo de la localización de los orbitales atómicos involucrados.

BIBLIOGRAFIA

1. D. R. Hartree, Proc. Cambridge Phil. Soc., 24, 89, 111, 426 (1928).
2. V. Fock, Z. Physik, 61, 126 (1930).
3. J. C. Slater, Phys. Rev. 36, 57 (1930).
4. P. A. M. Dirac, "Quantum Mechanics", 4ta. Edición, Oxford University Press, 1958, Londres.
5. C. C. J. Roothaan, Rev. Mod. Phys., 23, 69 (1951).
6. G. G. Hall, Proc. Roy. Soc. (London) A205, 541 (1951)
7. R. S. Mulliken, J. Chem. Phys., 23, 1833, 1841 (1955); 36, 3428 (1962).
8. M. J. S. Dewar, "The Molecular Orbital Theory of Organic Chemistry", Mc Graw-Hill, New York, 1969.
9. J. A. Pople y D. L. Beveridge, "Approximate Molecular Orbital Theory", Mc Graw-Hill, New York, 1970.
10. H. Tatewaki y S. Huzinaga, J. Chem. Phys., 72, 399 (1980).
11. M. K. Haque y S. N. Thakur, Chem. Phys. Lett., 66, 561 (1979).
12. J. Spanget-Larsen, Theoret. Chim. Acta (Berl.), 51, 65 (1979).
13. R. Constanciel y O. Tapia, Theoret. Chim. Acta (Berl.), 48, 75 (1978).

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

CALCULO DE NIVELES DE ENERGIA Y DE PROPIEDADES NUCLEARES

S. M. Abecasis

Departamento de Física
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires - Argentina.

C. A. Heras

Departamento de Física
Facultad de Ciencias
Universidad de Oriente, Cumaná - Venezuela.

N. Sedo

Departamento de Física
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires - Argentina.

En los cálculos relacionados con modelos nucleares se presenta en la mayoría de los casos, el problema de hallar los mejores parámetros que ajustan las energías de niveles calculadas con las experimentales. Esto trae aparejado la estimación de esos parámetros mediante un proceso de cálculo que minimiza la diferencia (chi-cuadrado) entre los valores teóricos y los experimentales. Generalmente el problema se resuelve formando los elementos de matriz del Hamiltoniano del modelo y luego se los multiplica por los parámetros adecuados. El proceso se repite hasta obtener el ajuste deseado. Este método tiene el inconveniente de que en el caso en que se manejen matrices de grandes dimensiones el proceso de minimización puede requerir tiempos efectivos de ejecución extremadamente largos, con todas las desventajas que ello representa.

En este trabajo se propone un método que permite en forma sencilla resolver este tipo de problemas. El método se probó con un caso anteriormente resuelto con el método clásico y en el que sólo se permitía la variación de dos parámetros por vez (1). En el presente caso se realizó también la variación simultánea de todos los parámetros involucrados en el modelo en consideración.

La idea fundamental consiste en realizar un programa que forme los elementos de matriz de una sola vez y para siempre y que además los grabe en una cinta magnética en forma de BLOCK DATA con un COMMON etiquetado que permite el uso pos-

terior de los mismos. En este COMMON también se incluyen las etiquetas de todos y cada uno de los elementos de matriz que son las que indican por cuáles parámetros deben multiplicarse cada uno de ellos. Este programa se realizó con la estructura más simple posible de manera de que pueda ser usado en otros casos con sólo efectuar leves modificaciones. La "física" del problema se la recogió en las diferentes rutinas que son justamente las que individualizan el modelo nuclear a tratar.

A continuación se realiza otro programa que ejecuta dos pasos fundamentales. En el primero de ellos se llama a la rutina de minimización apropiada. En el presente caso se usó la rutina MINUIT (2) que es un sistema para la minimización de funciones que permite la variación simultánea de 15 parámetros. En una de las rutinas de la MINUIT, la SUBROUTINE FCN, se multiplican, de acuerdo con el valor del índice, los elementos de matriz por los correspondientes parámetros. Hay que hacer notar que la rutina FCN es propia del usuario y por lo tanto hay que confeccionarla de acuerdo con las necesidades del problema a tratar. Sin embargo, con la estructura que en la actualidad presenta resulta sumamente apta para diferentes modelos nucleares con simples modificaciones inherentes al mismo. Una vez obtenida la matriz correspondiente a cada espín, se diagonaliza y se obtienen así los autovalores y autovectores. Son los autovalores los que se ajustan a las energías de los niveles experimentales hasta llegar al acuerdo deseado. Una vez obtenido, la misma rutina se encarga de ordenar los niveles de acuerdo con su energía creciente lo que facilita la rápida comparación con los datos experimentales.

El proceso mencionado se realiza en base a los niveles de energía experimentales y por lo tanto no es dable suponer que existan datos para todos y cada uno de los espines permitidos. Por esa razón una vez terminado el ciclo, y contando ya con los mejores autovalores y autovectores, el primer programa se vuelve a ejecutar para realizar el cálculo de las propiedades nucleares de cada nivel. En este último caso resulta innecesario la grabación anteriormente mencionada y por lo tanto, mediante una adecuada opción, se procede a calcular directamente las propiedades nucleares. Para ello, y para mantener la flexibilidad que se le quiere imponer al programa, el cálculo de las mismas se realiza en otra rutina que es también propia de cada modelo nuclear a tratar.

El método anteriormente descripto fué aplicado exitosamente al cálculo de los niveles de energía y propiedades nucleares de los nucleídos en las capas $1f_{7/2}$ y $1g_{9/2}$, que había sido realizado anteriormente mediante el método clásico, tal como se mencionó anteriormente.

Además, para demostrar la flexibilidad del método propuesto también se está aplicando en la actualidad a otros modelos nu-

cleares y hasta el presente, los resultados son satisfactorios.

)

(1) C. A. Heras, S. M. Abecasis, Phys. Rev. C 12, 1659 (1975)
(2) F. James, M. Roos, Comp. Phys. Comm. 10, 343 (1975)

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

ANALISIS ESTADISTICO DE TOLERANCIAS EN SISTEMAS CONTINUOS

Dieter Suiter

Universitat Erlangen - Nürnberg/República Federal de Alemania.
Actualmente profesor visitante en la
Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso - Chile.

RESUMEN

En este trabajo se presenta un método para el análisis estadístico de las tolerancias de sistemas contínuos que es más exacto que el método de la propagación del error y requiere menos tiempo de computación que el método de Monte Carlo. El método se basa en la obtención de los momentos estadísticos hasta el 4° orden de la función del sistema para aproximar con ellos la función de densidad de probabilidad con las curvas de Pearson.

Se describe un programa que realiza un análisis estadístico de tolerancias de acuerdo a este método y se da un ejemplo en el cual se comparan los resultados con los obtenidos por el método de la propagación del error y el método de Monte Carlo.

1. INTRODUCCION

El objeto del análisis de tolerancias es determinar la influencia que tienen sobre la característica de un sistema variaciones de sus parámetros. Estas variaciones pueden, en muchos casos, suponerse del tipo estadístico, vale decir, que obedecen a una determinada distribución.

Sin pérdida de generalidad se puede suponer que el sistema a analizar tiene una sola entrada y una sola salida, tal como se muestra en la figura 1.

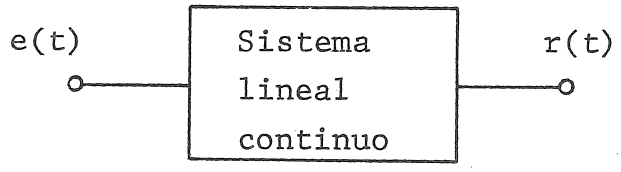


Fig. 1: Sistema considerado en el análisis de tolerancias.

Entonces, si los parámetros del sistema se reunen en el vector $\underline{x} = [x_1, x_2, \ldots, x_n]'$ la respuesta está dada por:

$$r(t) = r(\underline{x}, e(t)) \qquad (1)$$

Un sistema lineal continuo puede ser caracterizado ya sea por su respuesta a impulso h(t), su respuesta a escalón a(t) o por su función de transferencia H(s). Aquí no tiene importancia cual de estas funciones se use. En el desarrollo que sigue se usará la letra f en representación de cualquiera de estas tres. Cada una de ellas se obtiene de la ec.(1) y es función del vector de parámetros $\underline{x}$ y de la variable independiente t o s. Como el análisis de tolerancias interesa para un determinado valor de t o de s a la vez, las funciones que caracterizan un sistema pueden suponerse siempre de la forma

$$f = f(\underline{x}) \qquad (2)$$

Si los parámetros $x_1, x_2, \ldots, x_n$ son variables aleatorias de distribución determinada, tanto la respuesta r(t) como la función $f(\underline{x})$ pasan a ser también variables aleatorias.

El problema que se trata de resolver a continuación es justamente la obtención de la distribución de $f(\underline{x})$.

Existen diferentes métodos para lograr este objetivo [1, 2, 3]. El más directo es el método de la transformación de las distribuciones, pero debido a la complejidad de las funciones (1) y (2) no es práctico de aplicar en sistemas grandes.

Quedan entonces sólo los métodos aproximados que serán tratados a continuación.

2. EL METODO DE LA PROPAGACION DEL ERROR

Debido a su simplicidad, este es el método más usado en el análisis estadístico de tolerancias. Se basa en el teorema del límite central de la estadística, que establece que la distribución de una suma de n variables aleatorias independientes con valor medio y varianza limitados tiende para $n \to \infty$ a una distribución normal.

Este teorema puede ser aplicado entonces si la función $f(\underline{x})$ que caracteriza al sistema puede ser aproximada con suficiente exactitud por una serie de Taylor de primer orden, es decir, si

$$\Delta f = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial f(\underline{x})}{\partial x_i} \Delta x_i, \qquad (3)$$

si el número de parámetros es elevado, si son estadísticamente independientes y si las derivadas de $f(\underline{x})$ respecto a los parámetros tienen el mismo orden de magnitud. La forma de la distribución de cada parámetro no tiene importancia sino solamente su valor medio y su desviación estándar.

Bajo estas premisas, la función $f(\underline{x})$ se puede suponer distribuida normalmente y por lo tanto es suficiente determinar su valor medio y su varianza. De la ec.(3) se obtiene entonces:

$$m_{\Delta f} = E(\Delta f) = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial f}{\partial x_i} E(\Delta x_i) \qquad (4)$$

$$\sigma^2_{\Delta f} = E[(\Delta f - m_{\Delta f})^2] \quad \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \sigma^2_{x_i} \qquad (5)$$

En la mayoría de los casos la distribución de los parámetros es simétrica. Entonces $E(\Delta x_i) = 0$ para $i = 1, 2, \ldots, n$ y de acuerdo a ec.(4) $m_{\Delta f} = 0$. La ec.(5) se conoce como ley de la propagación del error.

La ventaja de este método radica en la facilidad de la obtención de los parámetros de la distribución normal de acuerdo a las ecs. (4) y (5). Sin embargo, el método fracasa, si las suposiciones hechas al comienzo ya no son válidas, es decir, si las derivadas de orden superior en la aproximación de f $(\underline{x})$ por una serie de Taylor no son despreciables. No se podrá esperar entonces, que $f(\underline{x})$ tenga distribución normal.

3. EL METODO DE MONTE CARLO

Este método se basa en la simulación por computador de un elevado número de sistemas con parámetros proporcionados por un generador de números al azar (random generator) de acuerdo a una distribución prescrita.

Los resultados de las simulaciones son ordenados en clases, lo que lleva a un histograma como aproximación de la distribución buscada.

La desventaja de este método radica en el elevado tiempo de computación necesario para las simulaciones del sistema. En cambio tiene como ventaja que se pueda obtener una elevada precisión, limitada solamente por el tamaño de la muestra (= número de simulaciones).

4. EL METODO DE LAS CURVAS DE PEARSON

En este método se aproxima primero la función $f(\underline{x})$ por una serie de Taylor de 2° orden alrededor del valor nominal de los parámetros $\underline{x}_o = [x_{o1}, x_{o2}, \ldots, x_{on}]'$ obteniendo para la desviación de f de su valor nominal

$$\Delta f = f(\underline{x}) - f(\underline{x}_o) = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j} \Delta x_i \Delta x_j \qquad (6)$$

Luego se calculan los primeros cuatro momentos de Δf

$$m_k = E[(\Delta f)^k] \qquad k = 1, \ldots, 4 \qquad (7a)$$

En [4] se dan las fórmulas para estos momentos bajo la suposición de parámetros estadísticamente independientes, con una densidad simétrica y con valor nominal igual al valor medio.

En seguida se determinan los momentos centrales de acuerdo a

$$\mu_k = \int_{-\infty}^{\infty} (\Delta f - m_1)^k \, p(\Delta f) \, d(\Delta f), \qquad (7b)$$

obteniendo

$$\mu_o = 1 \qquad (8a)$$

$$\mu_1 = 0 \qquad (8b)$$

$$\mu_2 = m_2 - m_1^2 \qquad (8c)$$

$$\mu_3 = m_3 - 3m_1m_2 + 2m_1^3 \qquad (8d)$$

$$\mu_4 = m_4 - 4m_1m_3 + 6m_1^2m_2 - 3m_1^4 \qquad (8e)$$

Conociendo μ_k, $k = 0, 1, \ldots, 4$ se aproxima la función de densidad de probabilidad $p(\Delta f)$ por una de las curvas del sistema de curvas de Pearson que se tratará a continuación.

4.1. LAS CURVAS DE PEARSON [5]

Las curvas de Pearson se obtienen como soluciones a la ecuación diferencial

$$\frac{dp(z)}{dz} = p(z) \quad \frac{z + a}{b_o + b_1 z + b_2 z^2} \qquad (9)$$

donde $p(z)$ es la función de densidad de probabilidad de la variable aleatoria Z (que reemplaza aquí a Δf).

Dependiendo de los parámetros a, b_o, b_1 y b_2 se obtienen como soluciones de la ecuación diferencial (9) las más variadas formas de distribuciones incluyendo como casos especiales la distribución normal, uniforme, beta, gama, exponencial y log-normal.

La ventaja del sistema de curvas de Pearson está en la simplicidad con que se pueden expresar los cuatro parámetros a, b_o, b_1, b_2 como funciones de los cuatro primeros momentos de la distribución a aproximar [5, 6]:

$$a = \frac{1}{D}\,\mu_3(\mu_4 - 3\mu_2^2) \qquad (10a)$$

$$b_o = -\frac{1}{D}\,\mu_2\,(4\mu_2\mu_4 - 3\mu_3^2) \qquad (10b)$$

$$b_1 = -a \qquad (10c)$$

$$b_2 = -\frac{1}{D}\,(2\mu_2\mu_4 - 3\mu_3^2 - 6\mu_2^2) \qquad (10d)$$

$$D = 10\mu_2\mu_4 - 18\mu_2^3 - 12\mu_3^2 \qquad (10e)$$

En la integración de la ecuación diferencial (9) se obtienen diferentes soluciones, dependiendo de la ubicación de los ceros del polinomio $b_o + b_1 z + b_2 z^2$, dados por:

$$z_{1,2} = -\frac{b_1}{2b_2} \pm \frac{1}{2b_2}\sqrt{b_1^2 - 4b_0b_2} \qquad (11)$$

De aquí se puede ver que la ubicación de los ceros dependerá de

$$K = \frac{b_1^2}{4b_0b_2} \qquad (12)$$

que puede ser usado como criterio para diferenciar las distintas soluciones. Adoptando la misma nomenclatura usada originalmente por Pearson, existen los siguientes tipos básicos:

Tipo I : $-\infty < K < 0$ ceros reales de signos diferentes.

Tipo IV : $0 < K < 1$ ceros complejos conjugados.

Tipo VI : $1 < K < \infty$ ceros reales de igual signo.

Fuera de estos tipos básicos existen otros que se presentan en los límites de las zonas definidas anteriormente y que pueden ser tratados como casos especiales de los primeros.

Introduciendo las ecs. (10a-e) a la ec. (12) y transformándola, se puede expresar K solamente en función de "skewness" y "excess"

$$\beta_1 = \frac{\mu_3^2}{\mu_2^3}, \qquad \beta_2 = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} \qquad (13a,b)$$

obteniendo

$$K = \frac{\beta_1(\beta_2 + 3)^2}{4(2\beta_2 - 3\beta_1 - 6)(4\beta_2 - 3\beta_1)} \qquad (14)$$

lo que muestra, que la ubicación de los ceros del polinomio y por lo tanto, el tipo de curva a usar para la aproximación depende sólo de los dos parámetros β_1 y β_2. Esto permite construir el gráfico mostrado en la figura 2, que indica para cada tipo de curva la región correspondiente de los valores β_1, β_2. Alrededor de este gráfico se indican también las formas típicas que pueden tomar las diferentes curvas del sistema. Conociendo β_1 y β_2 de una variable aleatoria, podemos determinar inmediatamente con ayuda de este gráfico, con qué tipo de curva debe ser aproximada su función de densidad de probabilidad.

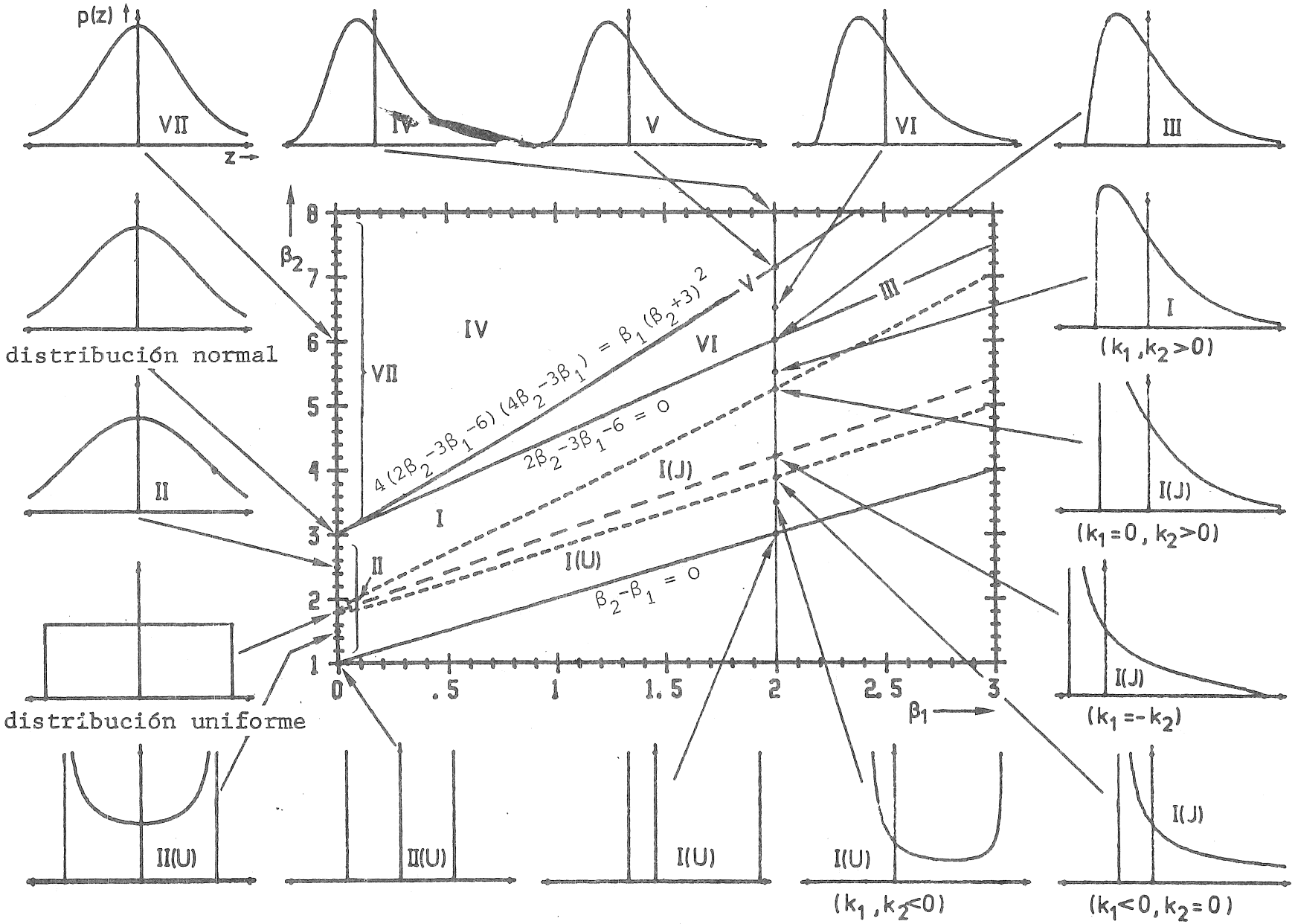


Fig. 2 : Las curvas de Pearson y su ubicación en el plano (β_1, β_2)

4.1.1. LAS CURVAS DEL TIPO I

Introduciendo la condición $-\infty < K < 0$ a la ec.(14) y considerando que $\beta_1 \geqslant 0$, se obtiene como región para los valores (β_1, β_2) la definida por

$(2\beta_2-3\beta_1-6)\ (4\beta_2-3\beta_1) < 0$, es decir, la comprendida entre las rectas

$$2\beta_2-3\beta_1-6 = 0, \qquad 4\beta_2-3\beta_1 = 0 \tag{15a,b}$$

y el eje de ordenadas $\beta_1=0$. Un análisis más exacto [7] lleva, sin embargo, a la conclusión, que el límite inferior de la región I está dado por $\beta_2- \beta_1-1 = 0$.

La solución de la ec. dif. es en este caso:

$$p(z)=c(z-z_1)^{k_1}\ (z_2-z)^{k_2}, \quad z_1<z<z_2 \tag{16}$$

donde z_1 y z_2 son aquí ceros reales según ec. (11) y

$$k_1= \frac{z_1 + a}{b_2(z_1 - z_2)} \; ; \quad k_2 = \frac{z_2 + a}{b_2(z_2-z_1)} \tag{17a,b}$$

La constante c se determina a partir de la condición de normalización

$$\int_{z_1}^{z_2} p(z)\ dz = 1 \tag{18}$$

obteniendo

$$c = (z_2-z_1)^{-k_1-k_2-1}\ \frac{\Gamma(k_1+k_2 + 2)}{\Gamma(k_1+1)\ \Gamma(k_2+1)} \tag{19}$$

En la figura 2 se indican las diferentes formas que pueden tomar las curvas del tipo I. La función $p(z)$ de la ec.(16) se conoce también como distribución beta.

4.1.2. LAS CURVAS DEL TIPO IV

Introduciendo la condición $0 < K < 1$ a la ec. (14) y considerando que $\beta_1 \geqslant 0$, se obtiene como región para los valores (β_1, β_2) en la fig. 2, la comprendida entre el eje $\beta_1 = 0$ y la curva

$$4(2\beta_2-3\beta_1-6)(4\beta_2-3\beta_1)= \beta_1(\beta_2+3)^2 \qquad (20)$$

En este caso $z_1 = z_2^*$ y la solución de la ec. dif. es:

$$p(z)=c\left[1+\left(\frac{z}{d}-\frac{\nu}{r}\right)^2\right]^{-m} \cdot \exp\left[-\nu \cdot \arctan\left(\frac{z}{d}-\frac{\nu}{r}\right)\right] \qquad (21)$$

donde $d = \frac{1}{2b_2}\sqrt{4b_0b_2-b_1^2}$ $\qquad \nu = \frac{1}{b_2 d}\left(\frac{b_1}{2b_2} - a\right)$

$$m = -\frac{1}{2b_2} \qquad r = 2m - 2$$

y z está definido en el intervalo $-\infty < z < \infty$.

La constante c no se puede obtener aquí en forma analítica de la condición de normalización como en el caso anterior. Hay que determinarla por integración numérica en el computador, para lo cual es necesario una transformación de variables para reducir el intervalo de integración en la condición de normalización

$\int_{-\infty}^{\infty} p(z)\,dz = 1$ a uno finito. Los detalles pueden ser consultados en el trabajo [7].

4.1.3. LAS CURVAS DEL TIPO VI

Con la condición $1 < K < \infty$ y $\beta_1 \geqslant 0$ obtenemos por un procedimiento similar a los anteriores como límites de la región, los dados por las ecs. (15a) y (20).

El polinomio $b_0+b_1z+b_2z^2$ tiene en este caso ceros de igual signo que coincide como puede demostrarse, con el signo de μ_3.

Eligiendo $z_1 < z_2$ en la ec.(11) se obtienen, dependiendo de μ_3, dos soluciones de la ecuación diferencial:

a) para $\mu_3 > 0$, $z_1 < z_2 < 0$ y

$$p(z) = c(z-z_1)^{k_1} (z-z_2)^{k_2}, \quad z_2<z< \infty \tag{21}$$

b) para $\mu_3 < 0$, $0 < z_1 < z_2$ y

$$p(z) = c(z_1-z)^{k_1} (z_2-z)^{k_2}, \; - \infty < z < z_1 \tag{23}$$

k_1 y k_2 están dados por las ecs. (17a, b) y las constantes se obtienen de las condiciones de normalización correspondientes.

Fuera de estos tres tipos básicos tratados aquí, existen casos especiales, que ocurren ya sea en el borde $\beta_1 = 0$ de las regiones I y IV o bien en los límites entre las tres regiones. Para cada uno de estos casos especiales se da un ejemplo en la figura 2. Las curvas del tipo III se conocen también por distribución gama y las del tipo V por distribución log-normal. Para $\beta_1=4$ y $\beta_2=9$ se obtiene como caso especial de las curvas del tipo III la distribución exponencial.

5. PROGRAMA PARA EL ANALISIS ESTADISTICO DE TOLERANCIAS

Se ha desarrollado un paquete de programas interactivos para un computador HP 21 MX que permite realizar un análisis estadístico de tolerancias por los tres métodos descritos en los párrafos 2, 3 y 4. El programa permite dirigir la ejecución en forma interactiva por diferentes módulos dependiendo del método que se desee usar, facilitando así una comparación de los resultados. Estos son entregados primero en forma gráfica en un terminal de video. El usuario puede decidir a continuación, si desea tener una copia dura de los resultados (o de parte de ellos) traspasándolos a un graficador o si prefiere repetir el análisis para otro valor de la variable independiente y/u otra distribución de los parámetros del sistema.

6. EJEMPLO

El programa descrito en 5 se ha usado para efectuar un análisis de tolerancias de un sistema con la función de transferencia:

$$f(\underline{x},s) = \frac{x_2}{x_1x_2x_3x_4x_5s^3+(x_1x_3x_4+x_2x_3x_5)s^2+(x_3+x_1x_2x_4+x_1x_2x_5)s+x_1+x_2}$$

y los siguientes valores nominales de los parámetros:

$$\underline{x}_0 = \begin{bmatrix} x_{01} \\ x_{02} \\ x_{03} \\ x_{04} \\ x_{05} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,000 \\ 1,000 \\ 0,9487 \\ 2,206 \\ 2,206 \end{bmatrix}$$

La tarea consiste en obtener la distribución de la magnitud de $f(\underline{x}, s)$ para diferentes valores de s, si los parámetros x_1 y x_2 mantienen su valor nominal y los parámetros x_3, x_4 y x_5 tienen una distribución uniforme entre sus límites de tolerancia de ± 5% como se muestra en la fig. 3.

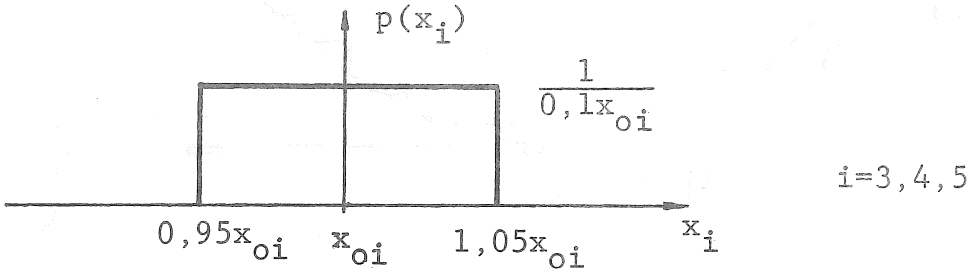


Fig.3: Distribución de los parámetros x_3, x_4 y x_5

En la Fig. 4 se dan los resultados para cuatro valores diferentes de la variable independiente s. Para cada uno de ellos se hizo un análisis de tolerancias por los tres métodos descritos.

Como resultados se indican las funciones de densidad de probabilidad de la desviación de su valor nominal de la medida logaritmica de magnitud $a = - \ln|f|$.

7. CONCLUSIONES

Tal como se muestra en el ejemplo desarrollado aquí, el método de la aproximación de la función de densidad de probabilidad mediante curvas de Pearson, entrega resultados mucho más exactos que el método de la propagación del error, que en algunos casos incluso lleva a resultados totalmente erróneos.

El precio de esta mejoría es un aumento en aproximadamente un factor 10 del tiempo de CPU, que aún es del orden de 100 veces menor al tiempo requerido para un análisis de Monte Carlo (suponiendo una muestra de 3000 como en el ejemplo).

Considerando esto se puede decir, que el método de la

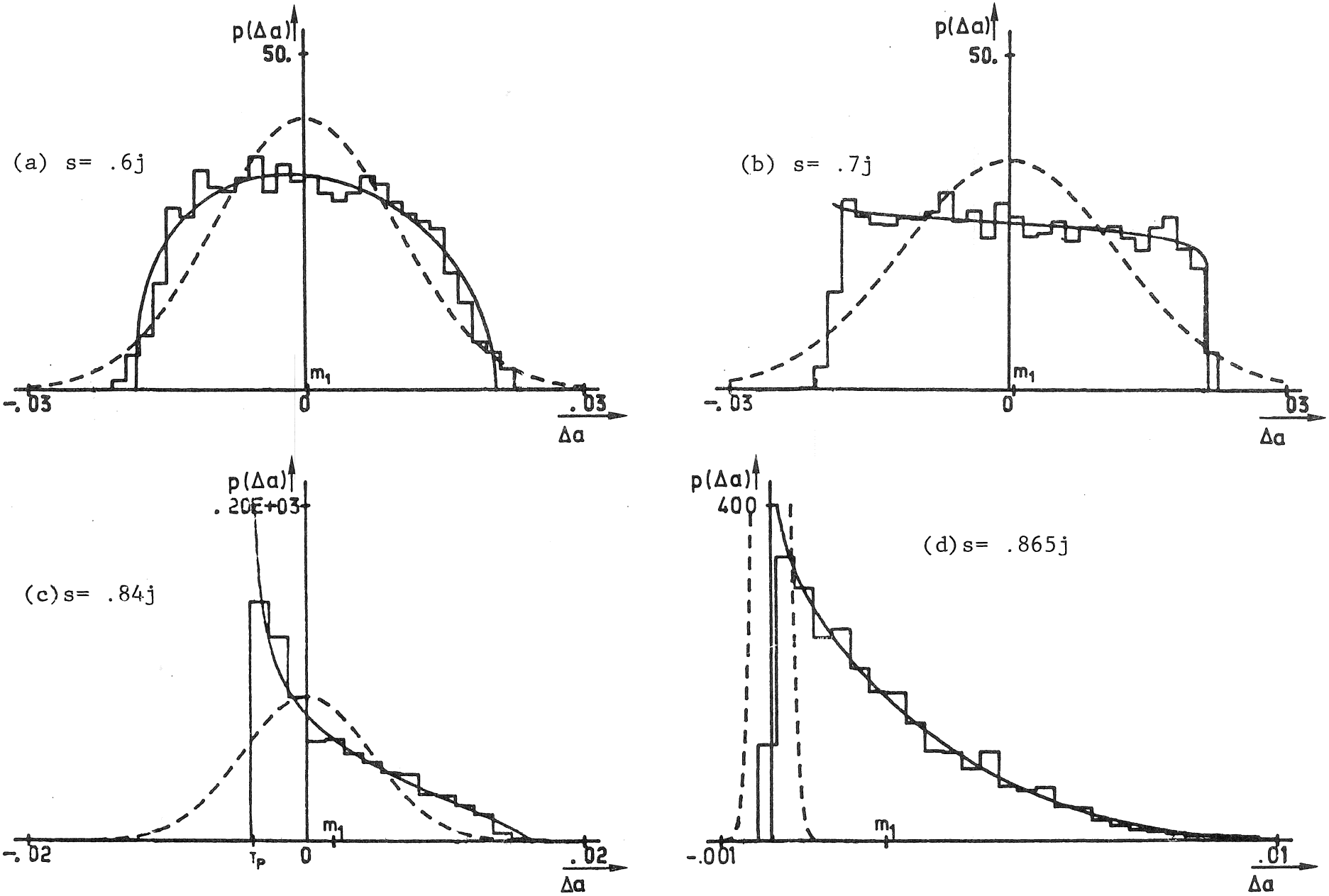


Fig. 4: Comparación de la aproximación de la f.d.p. por los tres métodos:
——— Curva de Pearson, ---- Distribución normal (propagación del error),
⎍⎍⎍ Método de Monte Carlo (muestra = 3000).

aproximación por curvas de Pearson es una alternativa atractiva en el análisis de tolerancias por cuanto es más exacto que el método de la propagación del error y no consume tanto tiempo como el método de Monte Carlo.

BIBLIOGRAFIA

[1] Klötzner, W.G.: Statistische Verfahren zur Analyse von Schaltungen. NTZ 18 (1965), págs. 693-698.

[2] Reinschke, K. : Toleranzanalyse elektrischer Schaltungen unter Berücksichtigung statistischer Kompensations- und Überlagerungseffekte. Nachrichtentechnik 17 (1967), Págs. 192-199.

[3] Becker, D. : Zur Berechnung von Systemeigenschaften aus den Verteilungsfunktionen der Systembausteine (Methode der Verteilungstransformation). Frequenz 21 (1967), Págs. 286-292.

4 Gutsche, H. : Ein Beitrag zur Berechnung der Wahrscheinlichkeitsdichten von Systemfunktionen elektrischer Netzwerke. Frequenz 27 (1973), Págs. 45-51.

[5] Elderton, W.P. ; Johnson, N.L.: Systems of Frequency Curves. Cambridge University Press, Cambridge 1969

[6] Suiter, D. : Näherung der Wahrscheinlichkeitsdichten von Netznerkfunktionen durch Pearsonsche Kurven AEÜ-Electronics and Communications. 31 (1977), Págs. 457-462.

[7] Suiter, D. : Empfindlichkeitsoptimierung und Toleranzanalyse elektrischer Netzwerke Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg, 1977.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

ACELERACION DE LA CONVERGENCIA EN LA RESOLUCION ITERATIVA DE SISTEMAS LINEALES, MEDIANTE SOBRE RELAJACION

Jorge Aníbal Reyes
Raúl Edgardo Rossi

Departamento de Ingeniería
Universidad Nacional del Sur
Bahía Blanca - Argentina

1. INTRODUCCION

En el presente trabajo se analizan algunos métodos iterativos en la resolución de sistemas de ecuaciones lineales y se propone un algoritmo mixto de aceleración de la convergencia, con el objeto de reducir el tiempo de ejecución de un programa de computación para la solución de problemas técnicos mediante el método de Elementos finitos.

En la utilización del mencionado método, que los autores han adoptado para el análisis del comportamiento estructural de presas de gravedad, se llega al planteo de un sistema de ecuaciones lineales, donde la matriz es simétrica, positiva definida, con diagonal dominante en algunas filas, y bajo ciertas condiciones, banda. Cada nodo del modelo discretizado posee tres grados de libertad y el orden del sistema resulta bastante grande cuando se pretende diseñar modelos relativamente densos en elementos finitos. En las figuras 1, 2, 3 y 4 se muestran perspectivas esquemáticas de los modelos de un dique de gravedad en arco, con 79, 151, 354 y 867 nodos respectivamente, que fueron procesados para cuatro estados de solicitación (peso propio, presión hidrostática, variación térmica y efecto sísmico); vale decir que se

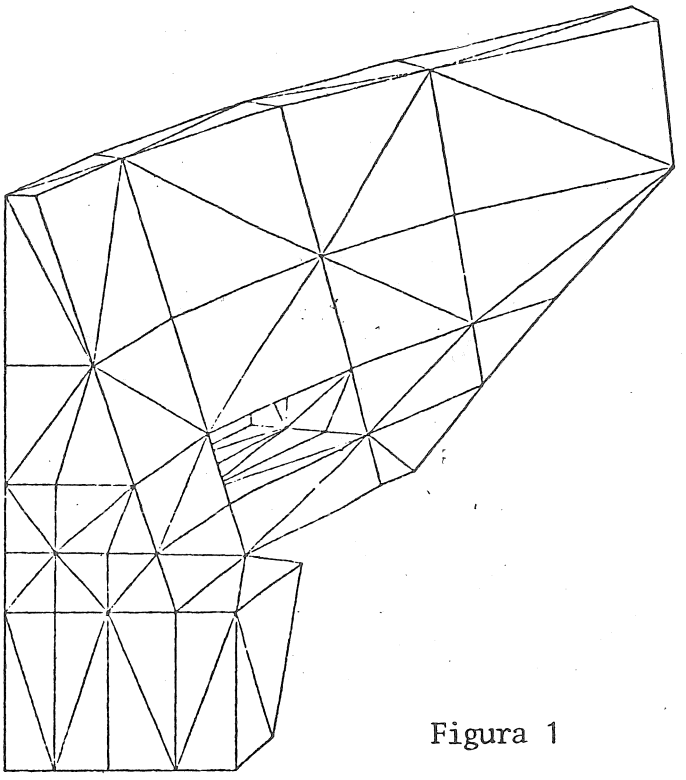


Figura 1

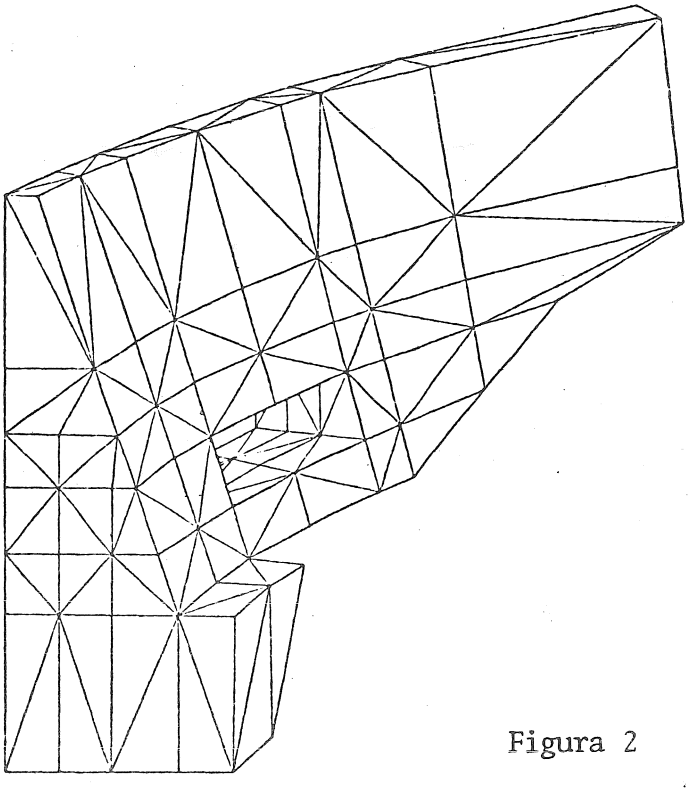


Figura 2

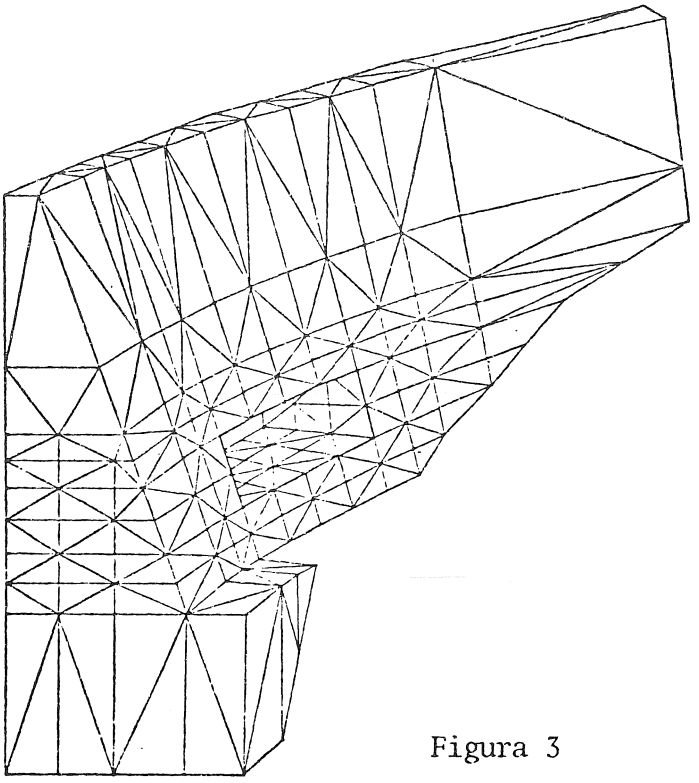


Figura 3

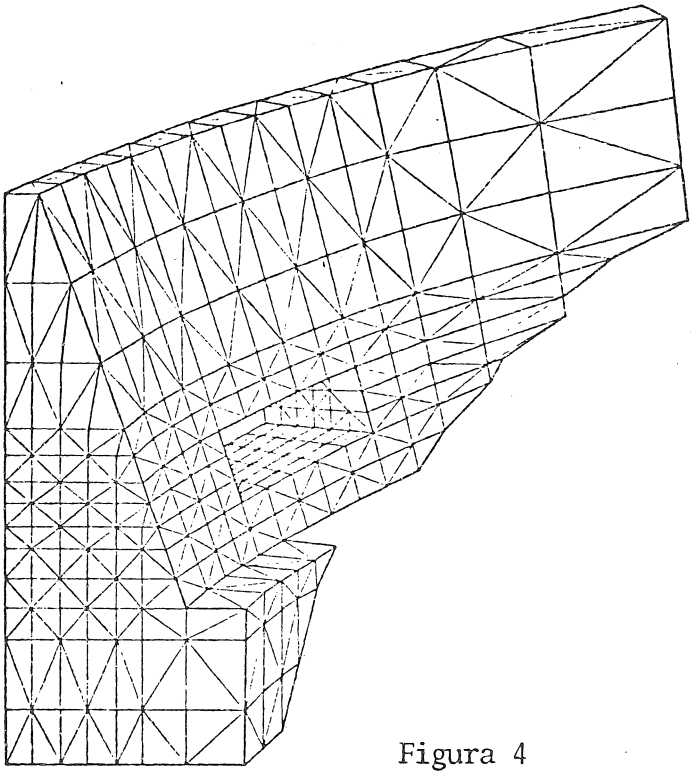


Figura 4

requirió, en cada caso la resolución de un sistema de ecuaciones, con cuatro términos independientes.

El carácter banda de la matriz no es del todo aprovechable en casos como el descripto, ya que aun cuando se logre una óptima numeración de los nodos, el ancho de la banda conduce a requerimientos de memoria muy grandes (del orden de tres megabytes en el caso del modelo mostrado en la fig. 4.

Otra característica de la matriz es la de presentar relativamente muy pocos coeficientes no nulos, pues el número de los mismos, en cada fila, no supera 57. Justamente esta condición de matriz rala permite un sustancial ahorro de memoria de máquina, mediante su compactación en un vector pero a costa de la imposibilidad de utilizar procedimientos directos en la resolución, generalmente más rápidos y precisos que los métodos iterativos. Un excelente análisis de los procedimientos iterativos y antecedentes de los mismos, es presentada por Jennings (1)

A continuación se describen los resultado obtenidos con la aplicación de los algoritmos de Gauss-Seidel, de aceleración de la convergencia de Liusternik, sucesivas sobre relajaciones (S.O.R) con la determinación del coeficiente óptimo mediante el método de Carré y el de gradientes conjugados; asimismo los autores muestran los resultado obtenidos a través de la aplicación de Liusternik al método S.O.R de Carré.

Para tal efecto se utilizó un sistema de 270 ecuaciones lineales cuya matriz posee 1614 coeficientes no nulos positivos, con un máximo de seis por fila, y con 40 filas con diagonal no dominante. Este sistema elegido para las pruebas de los algoritmos mencionados tiene solución exacta con todas sus incógnitas iguales a la unidad.

2.ALGORITMO DE GAUSS-SEIDEL

Describimos el sistema lineal con la conocida notación incidial de matrices:

$$a_{jk} \cdot x_k = b_j \qquad (2.1)$$

donde a_{jk} son los coeficientes de la matriz del sistema, siendo j el índice de fila, k el de columna; x_k es el vector de las incógnitas; b_j el vector de los términos independientes.

El denominado método de Gauss-Seidel de un punto consiste en aplicar:

$$x_j^{(i+1)} = \frac{1}{a_{jj}} \left[b_j - \sum_{1}^{j-1}{}_k \, a_{jk} \cdot x_k^{(i+1)} - \sum_{j+1}^{n}{}_k \, a_{jk} \, x_k^{(i)} \right] \text{ para } 1 \leq j \leq n \qquad (2.2)$$

donde $x^{(i)}$ y $x^{(i+1)}$ indican los valores de las incógnitas en la iteración i e i+1, respectivamente; n es el orden del sistema.

Como es sabido, el método de Gauss-Seidel es convergente cuando a_{jk} es simétrica, definida positiva, con $a_{jj} > 0$. Tal es el caso de la denominada "matriz de rigidez" del Método de Elementos Finitos.

Para el comienzo del proceso de cálculo se adoptó el vector inicial $x_j^{(0)}$ con todas sus componentes nulas.

En virtud de la simplicidad del método, no se considera necesario incluir un diagrama de flujo del proceso.

En la página A.3 del Apéndice se transcriben los valores de las 270 incógnitas del sistema, obtenidas con 205 iteraciones; el proceso se limitó con una prueba de máxima diferencia relativa

$$\varepsilon = \frac{|\delta_j^{(i)}|}{x_j^{(i)}} = \frac{|x_j^{(i)} - x_j^{(i-1)}|}{x_j^{(i)}} \leq 0.00001; \text{ con } 1 \leq j \leq n \qquad (2.3)$$

Es habitual designar a δ_j vector desplazamiento en una iteración.

Se observa que la incógnita x_{198} alcanza el valor de menor precisión:

0.996734 o sea con un error relativo 0.00327.

3. ALGORITMO DE LIUSTERNIK

Dentro del grupo de las técnicas de aceleración de la convergencia se destaca por su sencillez el método de L.A. Liusternik, que consiste en utilizar la siguiente expresión:

$$\bar{x}_j^{(i+1)} = x_j^{(i)} + \frac{x_j^{(i+1)} - x_j^{(i)}}{1-\mu}; \quad con \quad 1 \leq j \leq n \tag{3.1}$$

$$siendo \quad \mu = \|\delta^{(i+1)}\| / \|\delta^{(i)}\|, \quad con \quad \|\delta^{(i)}\| = \sum_1^n j \left| x_j^{(i)} - x_j^{(i-1)} \right| \tag{3.2}$$

El procedimiento consiste en realizar un cierto número de iteraciones con la expresión (2.2), que es el algoritmo de Gauss-Seidel, y aplicar las expresiones (3.2) y (3.1) con el objeto de mejorar la convergencia; en la fórmula (3.1) $\bar{x}_j^{(i+1)}$ es el nuevo vector de las incógnitas para las sucesivas iteraciones. En la página A.1 del Apéndice se muestra el respectivo diagrama de flujo.

Con el sistema de prueba de 270 ecuaciones se aplicó esta técnica cada 10 iteraciones; los valores sucesivos del coeficiente de Liusternik y las incógnitas se muestran en las páginas A.4 y A.5 del Apéndice. Cabe destacar que la incógnita x_{198} continúa siendo la más alejada del valor exacto, con un error relativo por exceso de 0.00331, del mismo orden que el resultante con Gauss-Seidel.

4. ALGORITMO DE SOBRE RELAJACION DE CARRE

El procedimiento de las sucesivas sobre relajaciones (SOR) consiste en aplicar la siguiente expresión:

$$\bar{x}_j^{(i+1)} = x_j^{(i)} + \omega \left(x_j^{(i+1)} - x_j^{(i)} \right); \quad con \quad 1 \leq j \leq n \tag{4.1}$$

en la que ω es el denominado factor de relajación, constante real; cuando es positiva y mayor que la unidad se produce sobre relajación.

El método consiste en utilizar la expresión (2.2) (Gauss-Seidel de un punto) y a continuación, en cada iteración, la fórmula (4.1). El problema reside en conocer a priori el llamado "factor de relajación óptimo", ω_{op}, que maximiza la rapidez de la convergencia.

El algoritmo de Carré es un procedimiento que permite estimar ω_{op} durante el transcurso mismo del proceso de resolución del sistema, con una especial ventaja cuando se requiere las soluciones con distintos términos independientes, toda vez que ω_{op} no depende de ellos.

El algoritmo de Carré se describe en el diagrama de flujo que se muestra en la página A.2 del Apéndice.

Al aplicar este método al sistema de prueba se alcanzó la condición de salida (2.3) con 52 iteraciones, 4 más que con el algoritmo de Liusternik. No obstante se comprueba una ventaja más importante al observar los valores alcanzado por las incógnitas (pág. A.6 del Apéndice): las raíces x_{198} y x_{114}, que son las afectadas de mayor error, muestran ahora una diferencia relativa de 0.00023, vale decir un grado de precisión diez veces mayor que con Liusternik.

5. ALGORITMO DE GRADIENTES CONJUGADOS

Una fundamentación del método puede obtenerse en Jennings (1) quien propone el siguiente proceso para una iteración:

$$u_j^{(i)} = a_{jk} \cdot p_j^{(i)}$$

$$\alpha^{(i)} = [r_j^{(i)}]^T \cdot r_j^{(i)} / [p_j^{(i)}]^T \cdot u_j^{(i)}$$

$$x_j^{(i+1)} = x_j^{(i)} + \alpha^{(i)} \cdot p_j^{(i)}$$

$$r_j^{(i+1)} = r_j^{(i)} - \alpha^{(i)} \cdot u_j^{(i)}$$

$$\beta^{(i)} = [r_j^{(i+1)}]^T \cdot r_j^{(i+1)} / [r_j^{(i)}]^T \cdot r_j^{(i)} \qquad (5.1)$$

$$p_j^{(i+1)} = r^{(i+1)} + \beta^{(i)} \cdot p_j^{(i)}$$

los valores iniciales (para i=0) son:

$$p_j^{(0)} = r_j^{(0)} = b_j - a_{jk} \cdot x_k^{(0)} \qquad (5.2)$$

El vector inicial $x_k^{(0)}$ es tomado usualmente nulo.

Los resultados obtenidos en la aplicación de este algoritmo, al sistema de 270 ecuaciones, se muestra en la página A.7 luego de 42 iteraciones. La incógnita x_{198} resulta, tambien en este caso, la más alejada del valor exacto, con un error por exceso de 0.00208.

6. ALGORITMO MIXTO

Los autores realizaron una experiencia numérica que consistió en aplicar la técnica de aceleración de la convergencia (Liusternik) al procedimiento de Carré, lográndose la convergencia con tan solo 32 iteraciones obteniéndose una precisión de 0.00003 señalada por la misma incógnita x_{198}, como se muestra en la página A.8.

7. TIEMPOS DE EJECUCION

Con el objeto de realizar comparaciones entre los distintos algoritmos, se consideró necesario correr los programas bajo las mismas condiciones, obteniéndose los tiempos indicados en la Tabla N° 1 en la que se asig

nó valor 1 al tiempo correspondiente al método mixto.

TABLA N° 1

Algoritmo	Tiempo relativo
Mixto	1
Gradientes Conjug.	1.52
Carré	1.78
Liusternik	2.12
Gauss-Seidel	7.44

8. CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos se observa que el algoritmo propuesto por los autores tiene ventajas frente a los restantes, tanto en cantidad de iteraciones, para satisfacer una requerida tolerancia, como en tiempo de ejecución; asimismo la precisión que se alcanza es del mismo orden que en los restantes. No obstante ello se considera necesario realizar pruebas exhaustivas con el objeto de asegurar sus posibilidades de aplicación.

9. BIBLIOGRAFIA

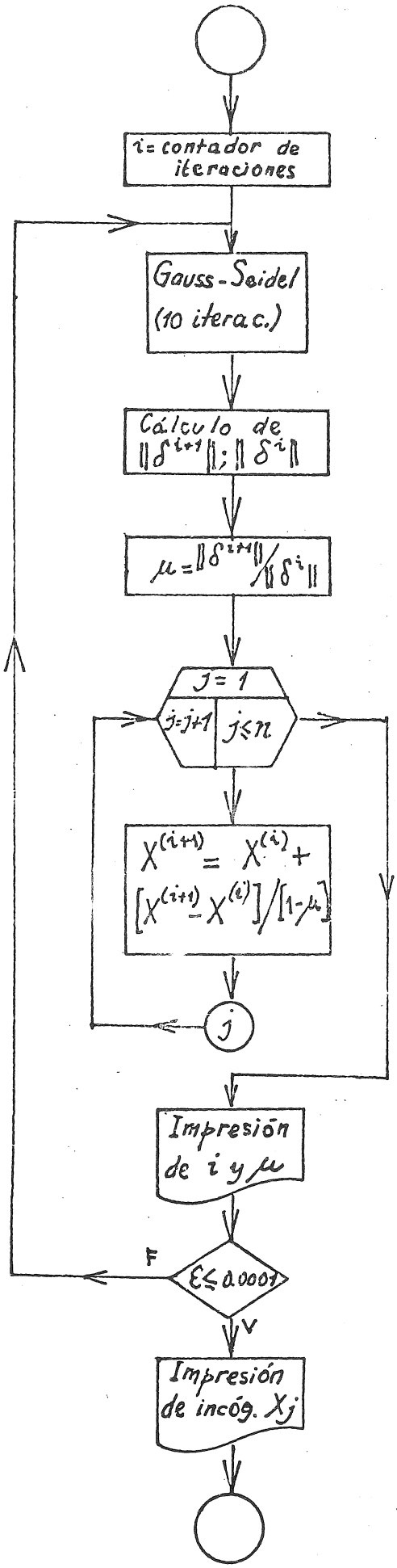
(1)- JENNINGS,A. and MALIK,G. "The solution of sparse linear equations by the conjugate gradient method" Int.J.Num.Engng. Vol.12, 141-158 (1978)

(2)- JENNINGS,A. "Matrix computation for engineers and scientist", Wiley , London, (1977)

(3)- CARRE,B.A. "The determination of the optimum accelerating factor for successive over-relaxation" Comp.J., Vol 4, 73-78 (1961)

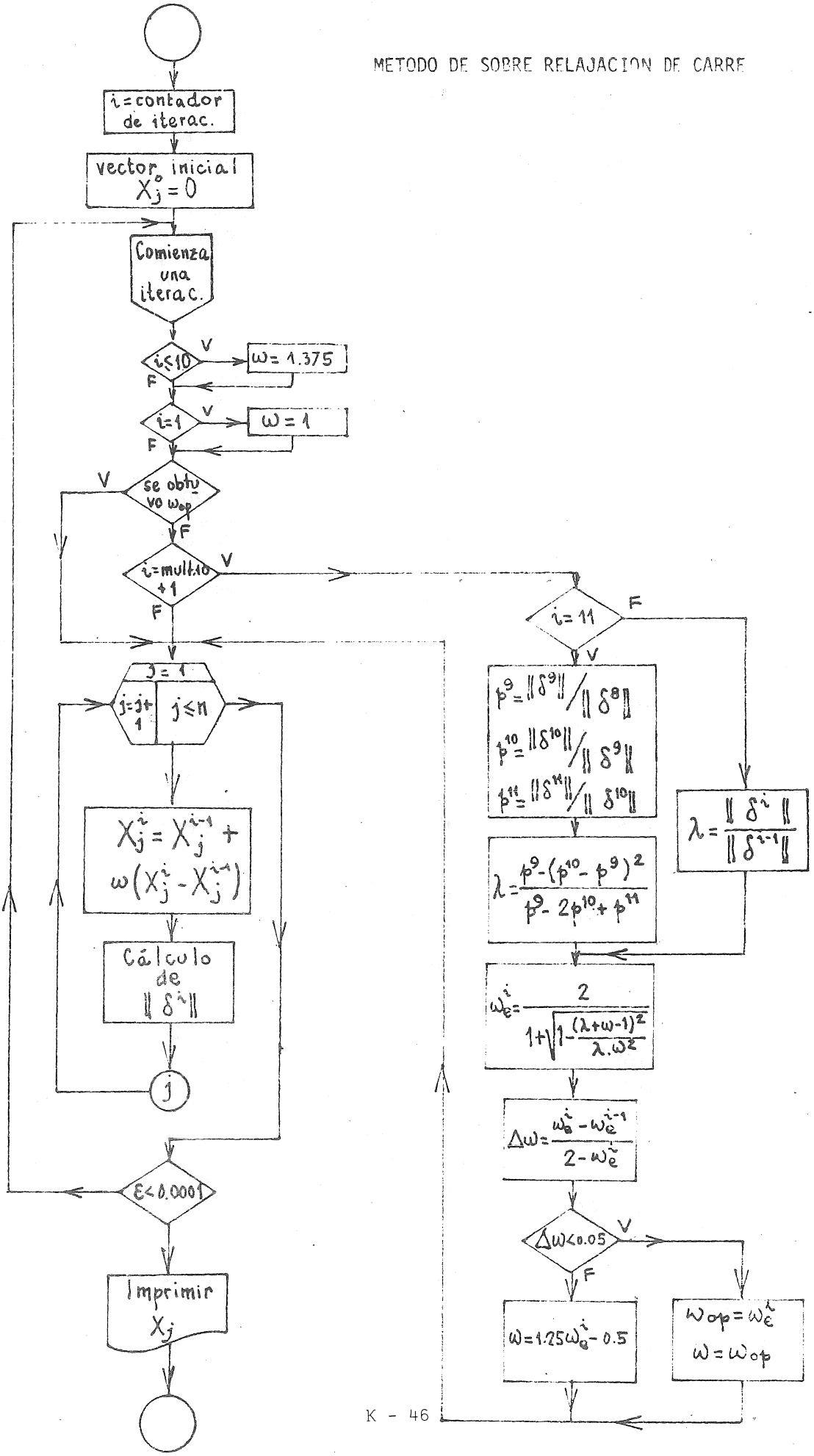
ACELERACION DE LA CONVERGENCIA EN LA RESOLUCION ITERATIVA DE SISTEMAS LINEALES, MEDIANTE SOBRE RELAJACION.

A P E N D I C E



METODO DE LIUSTERNIK PARA ACELERACION DE LA CONVERGENCIA

METODO DE SOBRE RELAJACION DE CARRE



CONVERGE CON 305 ITERACIONES

METODO DE GAUSS-SEIDEL

.999999	1	1	1	1
.999999	1	.999999	1	.999994
.999999	.999997	1.00001	.999999	1
1	1.00033	1	1	1
1.00002	1	.99997	.999997	.999819
1.00002	.999993	1	.99999	1
1.00002	1.00002	1	1	1
1	.999999	1	.999999	.999994
1.00001	1.00009	.999997	.999999	1.00005
1.00004	.999998	1	.999998	1.00002
1.00001	1	1	.999998	.999998
1	1.00001	.999999	1	.99998
1	.999997	1	1	1
1	.999986	.999998	.999996	.999999
1	1	1.00001	.999982	1
.999995	1.00001	1	.999999	1.00001
.999997	.9999	.999997	1	.999997
1	.999979	.999994	.999998	1
1	.999991	1	1	1
1	.999999	1.00001	1.00001	.999998
.999986	1.00003	.999995	.999999	.999997
.999996	.999995	1	.999992	.999998
1	1	1	1.00294	.999995
.999744	1	1.00001	.999993	1
.999978	.999995	.999969	1.00001	1
1	.999998	1	.999997	.999999
1	1.00087	1	.999981	.999999
.999999	.999083	.999991	.999997	1
1	.999996	1	.999999	1
1	.999993	.999998	1	.999993
1	.999995	1	1.00003	.999988
.999998	1	1	1.00003	.999999
.999758	.99997	.999974	.999999	1
1	.999999	1	1.00001	1
1	1	.99999	1	.999984
1.00002	1.00001	1.00006	1.00004	.999993
.999979	1	1	1.00001	1.00003
.999971	.999989	.999992	1	1.00005
1.00006	.999998	1	1	1.00012
1	1	.996734	.999999	.999997
1.00001	.999999	1	.999973	.999986
1	1	1.00001	.999996	1
1	1	.999938	1.00001	1
.999619	.999999	.999996	.999992	1
1	.999997	.999829	1.00003	1
.999998	1.00005	1	.999987	.99999
1.00001	1	.999999	.999996	1.00007
1.00002	1.00001	.999999	1	.999996
1	1	.999997	.999999	.999999
1	1.00007	1	1.00001	1
1	.999999	1.00001	1.00002	.999995
.999998	1	1	1	1
1	.999999	.999997	.999999	1
1	1	1	1	1

VALORES SUCESIVOS DEL COEFICIENTE DE LIUSTERNIK

(JUNTO CON LOS DE LAS PRIMERAS 20 INCOGNITAS)

```
VALOR DE MU= .779825
CON 10  ITERACIONES
 .997123        .999876        .999195        1.00011        1.00105
 1.00008        1.00028        .998984        1.00008        .99845
 .999124        1.00149        1.00271        .999848        1.00106
 1.00093        1.09541        1.00023        .998793        1.00005

Stop at line 375

Ready

CONTINUE
VALOR DE MU= .971953
CON 20  ITERACIONES
 1.00184        .999987        1.00039        1.00005        1.00001
 .999433        .999848        1.00003        .999996        .999979
 1.00003        1.00004        .999933        .99997         .99988
 1.00001        .997026        1.0003         1.00032        .999943

Stop at line 375

Ready

CONTINUE
VALOR DE MU= .902808
CON 30  ITERACIONES
 .999741        1              .999961        .999994        .999979
 1.00005        1.00001        1.00001        1              1.00004
 1              .999982        .999953        1              .99999
 .999991        .998412        .999944        .999975        1

Stop at line 375

Ready

CONTINUE
VALOR DE MU= .954909
CON 40  ITERACIONES
 1.00012        .999998        1.00001        1              .999994
 .999988        .999996        1              1              .999998
 1              1.00002        .999989        1              .999996
 1              .999571        1.00002        1              .999997
```

METODO DE LIUSTERNIK PARA ACELERACION DE LA CONVERGENCIA

CONVERGE CON 48 ITERACIONES

1.00002	1	.999999	1	.999996
1	1	1	1	1
1	1.00001	.999991	1	.999997
.999999	.999661	1	.999999	.999998
.999982	1	1.00003	1	1.00018
.999978	1.00001	.999999	1.00001	1
.999982	.999987	1	.999998	1
1	.999969	1	1	1.00001
.999986	.999904	1	1	.999947
.999961	1	.999999	1	.999977
.999995	1	.999999	1	.999989
1	.999989	1	1	1.00002
.999997	1	.999997	.999997	1
.999998	1.00001	1	1.00001	1
.999998	.999998	.999988	1.00002	.999998
1	.999993	1	1	.999991
1	1.0001	1	.999998	1
.999999	1.00002	1.00001	.999997	.999998
.999999	1.00001	.999995	1	.999998
1	1	.999989	.999989	1
1.00001	.999972	1.00001	1	1
1	1	.999991	1.00001	1
.999996	.999998	.999998	.997018	1
1.00026	.999999	.999995	1.00001	.999999
1.00002	1.00001	1.00003	.999992	1.00001
.999999	1	1	1	1
.999999	.999116	.999998	1.00002	1
1	1.00093	1.00001	1	.999995
1	1	.999998	1	.999999
.999999	1.00001	1	.999999	1.00001
.999999	1.00001	1	.999966	1.00001
1	1	.999999	.999971	1
1.00025	1.00003	1.00003	1	.999999
1	1	1	.999995	1
1	.999999	1.00001	1	1.00002
.999984	.999995	.999936	.999965	1.00001
1.00002	.999993	.999998	.999989	.99997
1.00003	1.00001	1.00001	.999999	.999947
.999939	1	1	1	.999876
.999996	.999998	1.00331	1	1
.999993	1	1	1.00003	1.00001
1	1.00001	.999989	1	.999999
.999999	.999996	1.00006	.999994	.999998
1.00039	1	1	1.00001	.999999
1	1.00001	1.00017	.999971	1
1	.999944	.999999	1.00001	1
.999993	1.00002	.999998	1	.999934
.999982	.999986	1	.999997	1
.999999	.999999	1	1	1
1	.999924	.999999	.999992	.999999
1	1	.999992	.999978	1.00001
1	1	.999999	.999997	.999999
.999999	1	1	1	1
1	1	1	.999998	1

PRINT W
1.70947

METODO DE SOBRE RELAJACION DE CARRE

CONVERGE CON 52 ITERACIONES.

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1.00003	1	1	1
1	1	.999998	1	.999988
1	.999999	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	.999999
1	1.00001	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	.999998
1	1	1	1	1
1	.999999	1	1	1
1	1	1	.999999	1
.999999	1	1	1	1
1	.999993	1	1	1
1	.999999	1	1	1
1	.999999	1	1	1
1	1	1	1	1
.999999	1	1	1	1
1	1	1	.999999	1
1	1	1	1.00023	1
.999977	1	1	1	1
.999999	1	.999997	1	1
1	1	1	1	1
1	1.00007	1	.999999	1
1	.999938	.999999	1	1
1	1	1	1	1
1	.999999	1	1	1
1	1	1	1	.999999
1	1	1	1	1
.999983	.999998	.999998	1	1
1	1	1	1	1
1	1	.999999	1	.999998
1	1	1.00001	1	.999999
.999999	1	1	1	1
.999998	.999999	1	1	1
1.00001	1	1	1	1.00001
1	1	.999778	1	1
1	1	1	.999998	.999999
1	1	1	1	1
1	1	.999996.	1	1
.999974	1	1	.999999	1
1	1	.999988	1	1
1	1	1	.999999	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

METODO DE GRADIENTES CONJUGADOS

CONVERGE CON 42 ITERACIONES. MAX.ERROR REL.= .948159E-6

.999991	.99996	.999949	.999921	.999975
.999999	1.00004	1.00002	.999954	1.00004
1.00001	1.00013	.999947	.999974	.999974
.999988	.999736	.999946	.999933	1
.999948	.999996	.999998	.999962	1.00032
1.00011	1.00001	.999953	.999953	.999977
.999914	1.00027	.999987	1.00003	.999947
.999999	1.00039	1.00003	.999957	.999979
.999993	.999925	.999919	1.00001	.999952
1.00014	.999967	.999966	.999973	.999996
1.00001	.999977	1.00007	.999967	1.00018
.999988	1.00002	.999989	.999956	1.00002
.999949	.999973	1.00001	.999945	1.00011
.999935	1.00022	.999956	.99997	.999979
1.00002	1.00003	1.00005	.999962	.999996
1.00018	.999972	.999968	.999982	.999967
.999966	1.00005	.999976	.999971	1.00001
.999953	1.00026	1.00001	.999949	.999983
1.00004	1.00013	.999978	1	1.00006
.999973	1.00006	1.00012	.999996	1.00001
.999978	.999967	.999972	.999925	1.00002
.999918	.999979	1.00003	1	.999958
1.00006	.999951	1.00007	.998375	.999988
1.00017	.999963	.999926	.999941	.999937
.999987	.999993	1.00013	.999954	.999847
.999989	.999995	1.00004	1.00001	.999949
.999951	.999461	1	1.00007	.999986
.999926	1.00054	1	.999958	1.0001
.999928	1.00006	1.00002	1.00004	1
1	.999987	1.00004	.999982	.999972
.999964	.999937	.999958	.999965	.999879
.999934	.999966	1.00001	1.00014	.999942
1.0001	1.00005	.999977	1.00007	.999977
1.00011	.999939	.999973	.999963	.999995
.999939	.999909	.999981	1.00002	1.00001
.999955	.999956	.99993	.999961	1.00003
1.00009	1.0001	.999977	1.00017	.999968
1.00003	.999911	.999974	.999948	.999968
1.00001	.999978	.999932	.999952	.999896
1.00009	.999985	1.00208	1.00009	.999994
.999997	.999968	.999954	.999976	1.00004
.999975	1.00024	.999943	.999989	.999983
1.00017	.999957	1.00008	.999929	.999968
1.00021	.999974	1.00002	.99996	.99993
.999999	.999924	1.00005	1.00003	.999961
.999983	.99992	.999951	1.00013	.999969
.999994	.999869	1.00009	.999998	.999924
1.00007	1.00011	.999959	.999999	.999963
.999975	.999934	.99999	1.00012	1.00004
1.00002	.999919	.999941	1.00014	.999994
1.00003	1.00002	.999961	.999989	1.00001
.999994	.999951	.999924	.999984	.999975
1	.999932	.999949	.999971	.999937
.99997	.999984	.999976	.999994	.999936

CONVERGE CON 32 ITERACIONES.

METODO MIXTO

.999999	1	1	.999999	1
.999998	.999997	.999999	1	1
.999999	1	.999999	1	1
1	1	.999999	1	1
1	1	1	.999998	1
1	1	1	1	.999999
.999999	.999998	.999998	1	1
1	1	1	1	1
1	.999999	1	1	.999999
.999999	.999998	.999999	.999998	1
.999999	1	.999997	1	1
1	1	.999999	.999999	1
1	1	1	1	.999998
1	.999999	1	.999998	1
.999998	1	1	1	1
1	1	1	.999999	.999999
1	.999999	.999999	.999998	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
.999999	1	1	.999999	1
.999999	1	1	1	1
1	1	1	1	.999999
1	1	1	.999973	.999999
1	.999998	1	1	1
1	1	.999998	1	1
1	1	1	1	1
1	.999994	1	1	1
1	1.00001	.999999	1	.999999
1	1	1	1	1
.999999	1	.999999	.999999	1
1	1	1	1	1
.999999	1	1	1	.999998
1	1	1	1	.999998
1	.999998	1	1	.999999
1	.999999	1	1	1
1	.999999	1	1	1
1	1	1	.999999	1
1	1	1	.999999	.999999
.999997	1	.999999	1	1
.999999	.999999	1.00003	1	1
1	1	.999999	1	.999997
.999998	.999998	.999999	1	.999999
.999999	.999999	1	1	.999998
1	1	1	.999999	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	.999997	.999998	.999999	.999998
1	1	1	1	.999999
.999999	1	1	.999999	1
.999999	.999999	1	1	1
1	.999999	.999998	.999999	.999999
1	.999999	.999998	.999999	1
1	1	.999999	1	1
.999998	1	1	1	1

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

ALGUNOS ASPECTOS DEL TRATAMIENTO NUMERICO DE MODELOS MATEMATICOS

Pedro E. Zadunaisky
Comisión Nacional de Investigaciones Especiales
Av. Mitre 3100 - San Miguel - Argentina

RESUMEN

Desde hace varios años el objeto principal de nuestras investigaciones ha sido el de establecer un conjunto unificado de procedimientos destinados a estimar y corregir los errores introducidos o propagados en el tratamiento numérico de un tipo de modelos matemáticos que cubre una amplia gama de aplicaciones tanto en ciencias básicas como en problemas técnicos. Ya hemos demostrado la necesidad de ésta investigación en relación a un problema particular de Astronomía/1/. Esencialmente el modelo puede describirse como sigue.

En una primera etapa se asume que cierto fenómeno o fenómenos están caracterizados por un conjunto de magnitudes Y_r (r=1,2,3.....,m) que pueden variar siguiendo ciertas leyes representadas globalmente por un operador F tal que se pueda escribir.

(1) $\quad F (A, Y) = 0.$

En esta expresión Y es un vector de componentes Y_r y A es otro vector de componentes a_j (j= 1,2,....,K) que son ciertos parámetros relacionados al fenómeno en cuestión. En nuestras aplicaciones (1) puede representar un conjunto de ecuaciones diferenciales ordinarias, parciales, integro diferenciales, etc. Cuando se han hecho p mediciones u "observaciones" Y_r se puede, aplicando (1) establecer un sistema de n(= pxm) "ecuaciones de condición" de la forma

(2) $\quad Q_i (a_1, a_2,.....a_k) = Y_i, \qquad i = 1,2,.....n$

que pueden ser lineales o no en los parámetros a_j.

La segunda etapa del proceso consiste en resolver el sistema (2) para obtener los parámetros a_j. Usualmente $n>k$, es decir que el número de ecuaciones es mayor que el de incognitas y el sistema se resuelve ya sea en el sentido de loscuadradosmínimos, o bién por tecnicas de"filtrado" (p.ej.Filtro Kalman)en modo de minimizar la varianza de los errores.

Estos procesos pueden reiterarse cuantas veces sea necesario hasta lograr un adecuado ajuste de las leyes representadas por F y de los parámetros a_j a la precisión y coherencia de las observaciones Y_r. Es evidente la importancia que reviste el obtener buenas estimaciones de los errores numéricos de la primera etapa para poder analizar luego su influencia en la segunda etapa y establecer así el grado de confiabilidad de los resultados finales. Desde este punto de vista creemos que el análisis que garantice un error relativo de 1 por ciento en un problema de Ingeniería requiere tanto cuidado como el que garantice el 0.00001 por ciento en un problema de Astronomía.

Para la primera etapa, en casos en que el operador F representa un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias o parciales, hemos desarrollado un método de estimación de errores propagados que ha demostrado ser bastante eficiente en numerosas aplicaciones. Hemos estudiado sus bases teóricas y hallado un criterio de validez y otros autores han extendido nuestros resultados y hecho aplicaciones a otros problemas./2/. Recientemente hemos desarrollado también métodos eficientes para la corrección iterativa de soluciones aproximadas /4/.

Para el análisis de la segunda etapa también hemos obtenido algunos resultados y se ha demostrado la posibilidad de usar en este caso los llamados métodos de "análisis a posteriori" (backward analysis) muy poderosos y bien conocidos en la literatura /3/.

BIBLIOGRAFIA

/1/ P.E.ZADUNAISKY, "On the Determination of Non-Gravitational Forces Acting on Comets". Proceedings Int.Astr.Union Symposium 45,Dordrecht,Reidel Publ.Co.,1972 p.144-151.

/2/ P.E.ZADUNAISKY, "On the Estimation of Errors Propagated in the Numerical Integration of Ord.Diff.Equations", Numerische Mathematik (Springer), 27,21-39, 1976.

H.J.STETTER, "Economical Global Error Estimation", Proceedings Symp.Stiff Systems, Wildbad, 1973, Plenum Publ.,1974.

P.ALFELD, "A Survey of Zadunaisky's Device Applied to Ord.Diff.Equations", M.Sc.Dissertation,University of Dundee,Scotland,1975.

/3/ P.E.ZADUNAISKY,V.PEREYRA,"On the Convergence and Precision of a Process of Successive Differential Corrections", Proceedings I.F.I.P. Symposium, N.York, Mc Millan Co. vol.2,p.488-489,1965.

V.PEREYRA,"Iterative Methods for Solving Non-Linear Least Squares Problems", SIAM Journal Num.Analysis,vol.4,pp.27-36,1967.

/4/ P.E.ZADUNAISKY, G. Lafferriere,"On an Iterative Improvement of the Approximate Solution of Some Ordinary Differential Equations. Computers and Mathematics with Applications (Pergamon Press),1980,Vol6,pp.147-154.

P.E.ZADUNAISKY, "On Efficient Methods for the Numerical Treatment of Some Types of Ordinary Differential Equations; Proceedings of the 2nd IFAC Workshop on Control Applications, Ober pfaffehofen, F.R.Germany, Sept.1980 (Pergamon Press), en prensa.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

USO DE TECNICAS DE MODELIZACION MATEMATICA Y SIMULACION EN LOS PROYECTOS HIDROELECTRICOS

Mario H. Gradowczyk

Estudio Gradowczyk y Asociados S.A.T.
Buenos Aires, Argentina

R E S U M E N

La necesidad de intensificar los aprovechamientos hidroeléctricos de que cada país o región dispone, debida al aumento vertiginoso de los costos de energía producida por combustibles fósiles, y de optimizar en lo posible los diseños de las represas, debido al escalamiento de los precios internacionales de construcción, ha llevado al mejoramiento de las técnicas conocidad de construcción y explotación, y al desarrollo de técnicas nuevas que tienen en cuenta la complejidad cada vez mayor de los procesos de construcción de centrales hidroeléctricas y posterior manejo del recurso hídrico. Los métodos de modelización matemática y simulación aplicados a estos problemas permiten encararlos con mucha mayor aproximación.

En este trabajo se presenta una reseña de los modelos matemáticos empleados en el Proyecto Salto Grande (de 1980 MW de potencia instalada) preparados por el Estudio Gradowczyk y Asociados S.A.T. desde 1974 hasta la fecha. Estos modelos sirvieron para análisis y proyecto de obras de desvío, simulación del río Uruguay en régimen natural y con distintas variantes de explotación, predicción hidrológica de caudales durante la construcción de las obras, y predicción hidrológica-hidrodinámica de caudales y cotas en el embalse, en tiempo real, en las computadoras del Centro de Control de la Central. Se destaca cómo a medida que los modelos se amplían pasan a cobrar especial relevancia las ténicas de procesamiento computacional de datos y el uso de sistemas operativos interactivos. Se presentan además distintos resultados obtenidos durante la explotación de estos modelos.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

CAPITULO L

OTRAS APLICACIONES

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

INFORMATICA JURIDICA Y TRATADOS INTERNACIONALES

Espedito Passarello

Naciones Unidas.

I. INTRODUCCION

El presente estudio para la elaboración de un sistema de información, consta de tres partes principales:

A.- DIAGNOSTICO GENERAL

Esta etapa comprende el desarrollo de las siguientes tareas:

- Relevamiento de objetivos y necesidades de la Organización.

  En lo concerniente a los aspectos de utilización de la información. Se desarrolla en base a entrevistas personales.
  El nivel de las mismas se sitúa en el de Direcciones bajando en algunos casos a otros niveles..

- Análisis de la organización

  En base a los documentos y antecedentes suministrados se realiza un estudio de las tareas actuales y futuras que deberán permitir la introducción de diseño de sistemas de información las estructuras y funciones a crearse para el comienzo de las actividades y su posterior desarrollo.

-Estudio de los métodos de procesamientos, almacenamientos y recuperación de la información. Como asimismo aquellos aspectos que hacen al diseño de los flujos y soportes de la información.

B.- SISTEMAS DE INFORMACION - DISEÑO GLOBAL

En base a lo detectado en la etapa anterior se delinean y enuncian los criterios básicos que hacen a la formulación de un diseño global, los pasos metodológicos comprenden:

Todas las Organizaciones y Empresas prestan especial atención a sus problemas de comunicación, organización y administración.

Este tipo de inquietudes requiere para su satisfacción, disponer de una serie de elementos técnicos y humanos que implican un costo operativo, como ser:

. Integración y capacitación de los recursos humanos.

. Selección e instalación de equipos.

. Desarrollo de sistemas y procedimientos.

. Pruebas del sistema, operación y mantenimiento.

En cierta forma el conocimiento y la elaboración de esquemas, ayuda a suprimir las dificultades enunciadas, posibilitando realizar implementaciones a través de pasos sucesivos integrados, logrando explicitar los puntos básicos a resolver.

Es bien conocido el desaprovechamiento, en general, de la información por parte de quienes deben utilizarla; esto se debe en particular a tres factores:

. Desconocimiento de información y de su potencialidad.

. Conociendo su existencia y pudiendo acceder a ella.

. Conociendo su existencia, les resulta imposible acceder.

Las soluciones son parciales y compartimentadas por actividad.

No cabe duda, que la mayoría de las Instituciones hoy día sufren alguna de estas deficiencias, en lo que hace a una efectiva administración de los sistemas de información, en general, no adaptados a las necesidades de sus estructuras, interrelaciones, entorno y contexto.

Lo más irritante de esta realidad es que las mismas, aún disponiendo de costos fijos en equipos y personal en esta área, no han sacado provecho de ello.

Los directivos y administradores, han tomado conciencia del papel que juega la información en las actividades principales para la dirección.

Para ello la resolución del problema informático debe realizarse en "corto" tiempo mediante una dinámica y rentabilidad que compatilice las necesidades de información, decisión, control, ciclo fundamental en la actividad diaria.

En base a los objetivos es que se debe brindar:

- Coeficientes de situación para la determinación de pautas y políticas.

- Coeficientes de situación que hacen a los procesos de toma de decisiones y el control de la gestión que permita evaluar la eficacia.

En general esto no es posible si no se cuenta con las bases de información y de un sistema adecuado que le permita recuperarla e interrelacionarla.

Si definimos a la información como a la cuantificación numérica de los sucesos o situaciones de la empresa, los mismos deberán comunicarse a través de los diferentes niveles, en períodos de tiempos oportunos que optimizen la gestión.

- Bancos y bases de datos.

Tipos y características de los bancos y bases a crearse.

- Preparación de las tareas de documentación.

Lo que hace a la generación de índices analíticos de almacenamiento y recuperación de la información.

- Complementación de las técnicas de computación y microfilmación.

Poniendo énfasis principalmente en los aspectos que hacen a la seguridad y privacidad de la información.

- Diseño de subsistemas de información.

Se especificarán los subsistemas que conforman el campo de acción de la Institución.

C.PLAN DE ACCION

En función a lo explicado en los sistemas de información se realiza un análisis de las acciones a tomar, tendientes a que el proyecto pueda llegar al objetivo deseado.

- Creación de áreas.

Se enunciarán las funciones nuevas a cubrir como asimismo, la modalidad de trabajo que permita una integración interna y externa para la implementación.

- Recursos humanos y capacitación.

Visto que las primeras etapas se nutren casi exclusivamente de ellos, es necesario definir los perfiles profesionales y técnicos, como así una cantidad estimativa de los mismos para los primeros años de trabajo, de un plan de capacitación progresiva.

- Tareas a desarrollar.

La consecución lógica de las tareas a desarrollar con una estimación que deberá tomarse en forma indicativa y ajustarse luego de cada una de ellas.

II. DIAGNOSTICO GENERAL

Las conclusiones y recomendaciones a las que se ha arribado pueden resumirse en los siguientes puntos:

Los sistemas de información actuales no permiten:

. Obtener un Plan General de Actividades, actualizado y confiable.

. Proporcionar información estadística.

. Proporcionar información para el control operativo.

. Posibilitar un control de gestión dinámico.

. Agilizar los trámites administrativos que hacen a la operativa de la Organización.

. Proporcionar a los funcionarios información rápida, sobre los antecedentes de los expedientes en curso.

. Posibilitar una mejor atención a los consulados, embajadas, representaciones.

. Obtener datos operativos precisos, confiables y oportunos para la toma de decisiones, la realimentación del planeamiento y el seguimiento para el control de gestión.

. Asegurar un sistema de información adecuado a los objetivos de la Organización.

Los motivos de las falencias apuntadas en los sistemas de información, son los siguientes:

. Los sistemas están orientados a satisfacer necesidades de cada sector en particular y no al conjunto de la Organización.

. No existen Normas de Procedimientos y formularios estandarizados, que permitan tener actualizados y documentados los sistemas.

. Necesidad de un sistema de Planificación respaldado en bases de datos de actividades y compromisos.

. El flujo de la documentación, las definiciones de archivos y los procesos manuales, no satisfacen las necesidades básicas de información y control.

. La organización está descentralizada en sectores, y por lo tanto no es la que mejor se adapte a las necesidades de la dirección de sistemas de información.

. Necesidad de un sistema de Catalogación Unica.

. Necesidad de un sistema de gestión de expedientes.

. Brindar información suficiente a los funcionarios.

. Los sistemas no generan información rutinaria y sólo lo hacen a requerimiento.

. Las funciones de control, no pueden recibir la información que les permita cumplimentar en forma eficaz el desarrollo de sus tareas, por falta de las bases operativas.

CEDINFOR

Se recomienda el desarrollo de un nuevo sistema de Información que persiga los siguientes objetivos:

. Una mejor asistencia a los funcionarios, agilizando todos los trámites administrativos que hacen a la atención de sus tareas.

. Facilitar la labor del funcionario, mediante la entrega inmediata de todos los datos del tema y de su catalogación completa.

. Proporcionar información estadística para el:

  . Desarrollo de planes.

  . Control de la gestión.

  . Control Operativo.

El nuevo sistema de información deberá poseer básicamente las siguientes características:

. Incorporar un equipamiento para el procesamiento eléctronico de datos y microfilmación de documentos.

. Proveer información a todos los sectores de la Organización.

. Incorporar al computador en el flujo de datos operativos provenientes de los distintos servicios, divisiones y áreas especiales.

. Dotar de información de consulta en forma directa a la mecánica directiva y administrativa. En este sentido se cree conveniente pensar en la modalidad de Tiempo Real, o sea la realización de consultas descentralizadas.

. Automatizar los procedimientos manuales a través de un plan de prioridades acorde con las necesidades y posibilidades de la Organización.

. Brindar una base de información de Tratados.

. Producir informes de excepción a los niveles superiores.

. Asegurar la información de control de gestión, para evaluar el logro de objetivos y aplicación de políticas e información estadística para la utilización interna y externa de la Organización.

Para el logro y desarrollo de los sistemas de información se recomienda basarse en los siguientes criterios:

. Incorporar normas y procedimientos que tiendan a ordenar, compatibilizar, controlar y documentar las situaciones que hagan a los proyectos.

. Adoptar un modelo estructural que tienda a no quedar obsoleto, contemplando en su diseño, generalidad de situaciones, posibilidad de adaptación a los cambios organizadores y tecnológicos.

. Propiciar una comunicación clara y fluída de los desarrollos y proyectos hacia las distintas áreas.

. Asegurar que los sistemas de información resulten un servicio eficaz y eficiente en los distintos niveles.

. Diseñar, estructurar, poner en marcha los sistemas de gran complejidad como el que se halla bajo estudio, requiere adoptar un enfoque integral descentralizado por subsistemas específicos.

. Permitir así la subdivisión de tareas en varios equipos de trabajo en forma simultánea.

. Determinar si las prioridades responderán a las verdaderas necesidades y la implantación de cada subsistema pondrá a su disposición las nuevas presentaciones sin esperar a la finalización del proyecto.

. Desarrollar un sistema de información basado en equipos de procesamiento electrónico de datos, no puede tomarse un hecho aislado, sino por el contrario actúa en concomitancia dinámica con las relaciones orgánico-funcionales. O sea, debe contemplarse la implantación de los sistemas con las afectaciones que se realicen en ese aspecto.

En función a las necesidades y objetivos de información y basándose en las conclusiones y recomendaciones anteriores, se propone el desarrollo de la implantación de Sistemas de Información basado en equipos de procesamiento de datos, bases y bancos de datos y técnicas de microfilmación de documentos.

'STEMAS DE INFORMACION

Las características principales de un sistema de información para la Organización responden a las siguientes pautas de trabajo y criterios:

. La toma de decisiones políticas exteriores, requiere de una considerable cantidad de información, como ser lugares, hechos, individuos organismos internacionales y políticas exteriores, como asimismo, información legal y económica.

. En general las Organizaciones de Relaciones Exteriores, no han sido las desarrolladas en estas técnicas, si se las compara con otras áreas. El hecho de "pensar" que esta no es un área técnica ha coadyuvado a como asimismo llevar un cierto "peso" de espíritu conservador.

La diplomacia se apoya evidentemente en las posibilidades humanas, no en las técnicas propiamente dichas.
Pero ante un mundo cada vez más complejo e interactuante, mucho es lo que puede hacer la tecnología informática para potenciabilizar esas capacidades humanas haciendo que las mismas tengan un marco adecuado para optimizar su gestión.

. Generalmente se plantean las cuestiones: qué problemas puede resolver y con que ventajas. No nos ocuparemos aquí de las áreas clásicas de contabilidad, sueldos, etc., que bien sabemos se pueden resolver y en forma mucho más simple.
Enfocaremos aquellas no convencionales que son las que tocan a la gran masa de documentación y a la posibilidad de sistemas de generación de pautas y políticas que son la esencia y motivo de existencia de las Organizaciones.

. Los recursos del diplomático son evidentemente la información y documentación
En lo que respecta a su generación, evaluación, registración de hechos y posibilitar su acceso a los más altos niveles de decisión del gobierno en las diferentes áreas. Por lo tanto este recurso representa o debería representar el costo más importante de la Institución.
Lo principal es contar con una información y documentación completa, confiable y oportuna que sea el respaldo de los acuerdos y negociaciones nacionales.

. No obstante en general los diplomáticos y niveles de decisión del gobierno se pueden ver obligados a buscar, analizar, en horas o días una serie de documentación que permita respaldar con seguridad su desarrollo o "valor agregado" de intelecto. Lamentablemente sus esfuerzos se ven ocupados más en la primer etapa que en la segunda, y ante momentos conyunturales esto se agrava muchísimo más, teniendo en cuenta que las inseguridades de ciertas pautas o imprecisiones en una primer ronda de negociaciones es generalmente determinante.

. El volumen de documentación que circula es de miles, con sus folios correspondientes, se debe agregar a ello lo que hace a las comunicaciones, como así la información interna.
El no contar con un buen sistema de registro hace que mucho de esto no quede debidamente individualizado, representando en muchos casos de un valor considerable (informes al Ministro, Secretario General, etc.).

En otro orden de cosas los documentos generados en Organismos Internacionales representa también un volumen considerable.

. Lo que respecta al Archivo General, sabemos que es o debería representar el área más jerarquizada de la Institución. En ella se halla la "materia prima" de los funcionarios, representa la "memoria" de la Institución y la historia de la Nación. No obstante los recursos humanos que se afectan no son en la generalidad de los casos los adecuados, no cumple con sus objetivos de ser y no conlleva los elementos mínimos de seguridad tanto físicos (incendio, humedad, robo, pérdida, etc.) como los lógicos de quien puede acceder, de que forma y a que tipo de documentación.

En general esta es el área clave y por la que se comienza a trabajar. Se la lleva en algunos casos a nivel de Dirección General de Información y Documentación y se afectan recursos humanos del mejor nivel. El volúmen de información que maneja puede llegar al millón de items.

. Lo que hace al archivo de tratados en sí, si bien este es de menor complejidad que el anterior en la cantidad presenta características de diseño y accesibilidad que lo hacen adecuado para su computarización. El diplomático y los niveles de decisión deben poder lograr la información requerida en forma simple y rápida. Ellos deben poder satisfacer necesidades como:

  . recibir los tratados firmados por el país por:
    .. año
    .. tema
    .. países
    .. referencias históricas.
    .. tipo
    .. etc.

. Otro de los aspectos a tener en cuenta en el diseño de sistemas son la información que hace a la actividad de otros países. Esto es de difícil actualización y mantenimiento manual, por lo tanto una base de datos computarizada realizará el cometido en forma eficiente y segura.

. Información de Organismos y Asociaciones Internacionales.

  Llevar debidamente registrado documentos e informes de actividades, compromisos, conclusiones realizadas en estas Instituciones teniendo en cuenta en las que el país ha tomado parte, en la cual no, de que forma participó, modalidad, etc., basado en un archivo de organismos y entidades Internacionales.

. Resumiendo estos puntos llegamos a explicitar concretamente que la cumplimentación del objetivo del estudio, se posibilitará con la puesta en marcha de un sistema de información respaldado por bases y bancos de datos que satisfaga los requerimientos enunciados. Siendo las Organizaciones el usuario principal, pero pudiendo otras área de gobierno tener acceso al mismo.

  Las características principales de estos sistemas deben ser la:

  . Rapidez
  . Seguridad
  . Eficiencia
  . Información completa
  . Compatibilidad (integración)

la de los bancos de datos:

. Estructurado

. Reestructurable.

. Fácil recuperación

. Independencia de la aplicación y para múltiples aplicaciones.

. No redundante.

- Globalmente los subsistemas de información son:

  - Subsistema de información de Derecho Internacional (con la posibilidad de llevar tratados internacionales, decisiones de las cortes, etc.)

  - Subsistema de información de estadísticas y documentación de' comercio internacional.

  - Subsistema de información de organismos internacionales.

  - Subsistema de eventos y acciones en el campo internacional.

  - Subsistema de información diplomática (reportes, informes, instrucciones, de la organización y sus representantes). Este evidentemente es de casi exclusividad de pocos usuarios.

El Subsistema de Tratados forma parte del de Documentación e Información Internacional, como dijimos anteriormente es el núcleo del problema es éste, por lo tanto a continuación delinearemos las características de cómo se desarrollan en general la sistematización para el acceso a tratados.

- Los elementos principales para la sistematización son:

  a.- Indice analítico.

  b.- Codificación

  c.- Normas operativas para su utilización

  d.- Instalación del equipamiento.

  El índice Analítico no solo constituye el análisis del Tratado sino además el de los protocolos, ya que supone la existencia de datos que no quedan incluídos en él, como ser la fechas de cambios de verificaciones, controles legislativos, etc.

  El diseño de índice debe ser compatible con la modalidad de consulta a utilizar en computación.

  En general el contenido del índice es:

- Datos del tratado referenciales.

  . N°de tratado
  . Clase
  . Tipo
  . Nivel de privacidad.
  . Referencias (históricas, listas de países).
  . Partes
  . Organización Internacional interviniente.
  . Lenguaje oficial.
  . Cláusulas.
  . Depositarios.
  . Términos de cierres y/o aperturas (de bilateral a multilateral)
  . Referencia de publicaciones públicas y privadas.
  . Referencia a microfilm.
  . Estado actual.
  . Título completo del tratado.
  . Resumen.

- Datos relativos a partes del tratado.

  . Partes
  . Entradas por partes.
  . Situación actual.
  . Datos de control legislativo
  . Datos de publicaciones.
  . Referencias a otros tratados.

  MULTILATERAL

  . Tipo
  . País
  . Fecha de vigencia
  . Tipo de acceso.

  BILATERAL

  . Tipos
  . Partes
  . Fecha de vigencia

. Tipo de acceso.

- Referencias a otros documentos (decisiones de las cortes)

. Clase de decisión.

. Fecha

. Nombre de la corte

. Tipo

IV. PLAN DE ACCION

En función de lo explicitado como objetivos del sistema de información a desarrollar, se cree conveniente explicitar en esta parte las acciones a realizar para su posibilitación.

Conviene realizar los siguientes comentarios que hacen el contexto del desarrollo del mismo:

- Este tipo de proyecto es de larga duración (En mucchos países se viene trabajando desde hace una década y recién se está en la primera etapa de utilización de tratados, por lo tanto no se debe comenzar ni tomar ninguna acción si no se prepara una infraestructura que cumpla las siguientes necesidades:

  - Creación de un área de informática, en la Organización, con dependencia en lo posible de la más alta jerarquía.
    En un primer momento debe tener por lo menos el siguiente personal:
    . Responsable (1)
    . Analistas de organización y sistemas (2)
    . Analista de Informática Jurídica (2) 1 Senior 1 Junior
    . Codificadores (2)
    . Documentalistas (2)
    . Analista de microfilm (1)

  - Creación de una Comisión de Informática de la Organización

    El objetivo es que cada Dirección tenga un representante en la misma a fin de ser la contraparte o coordinación de las tareas internas de cada área en el proyecto.
    Se deberá agregar a ella el Responsable del área de Informática.
    El Presidente de esta Comisión deberá ser un funcionario compenetrado del proyecto del más alto nivel o rango.

  - Integración con otros organismos.

    Si bien de los subsistemas que enunciamos la mayoría son de incumbencia exclusiva de la Organización, existen como el caso de información económica,educación, relaciones muy directas con otras áreas del gobierno.

Por ello se estima conveniente que para cada subsistema en cuestión se integren representantes de las reparticiones a áreas pertienentes, a fin de lograr que luego esa información sea utilizada por otros organismos del Estado, eliminando con ello esfuerzos, redundancia y costos de implementación.
En otros países cabe mencionar que esta tarea, la toma el área responsable a nivel nacional de la actividad informática. Ya que una de sus funciones es la de optimizar los esfuerzos e inversiones del Estado en ese sentido y promover estos Proyectos mediante la afectación de los recursos que sean necesarios , o emprender las acciones para que estos estén en el momento oportuno.

- Creación de un grupo de expertos en materia de Derecho Internacional e Informática Jurídica.

En la mayoría de estos proyectos se compromete la afectación de este tipo de profesionales a través de acuerdos con la Universidad. Estos serán los encargados de caracterizar la información de los tratados como se detalló en el punto anterior.
Es necesario contar con un profesional de Informática Jurídica que permita la óptima comunicación de la semántica jurídica (natural) con la semántica operacional (computacional)
El número de expertos en derecho internacional puede estimarse en tres (3) y en Informática Jurídica en uno (1)
A fin de contar con estimaciones de tipos, la tarea de diseño del sistema o sea en la que se afectan practicamente recursos humanos, llega a tres (3) años.
En la mayoría de las escuelas de la Organización, se ha concluído desde hace una década una materia respecto al manejo de la Información y Documentación Jurídica, introduciéndole ya al futuro los elementos básicos de lo que él puede exigir en materia de apoyo a sus funciones.
Por lo tanto se recomienda el dictado de un curso anual en la carrera y un seminario a funcionarios, ya en ejercicio.

Como comentáramos inicialmente estos proyectos de larga duración, en un área no preparada para su inserción requieren no tanto de pensar en hacer todo en paralelo, sino en el de caminar despacio pero seguro sobre terrenos de necesidades concretas, preparando la Institución con tiempo para que acepte estas nuevas modalidades. Se deberá obtener el respaldo de todas las áreas del gobierno relacionadas para que cuente con la continuidad requerida y no la del funcionario de la Organización que este en el proyecto.

O sea, esto debe encararse como un desarrollo de interés nacional, no sólo de la Organización, a fin de asegurar los medios para su logro. El fracaso de este tipo de proyectos debe considerarse, no como el fracaso de la informática, como suele suceder sino como el fracaso de un país en potencializar su acción para el cometido de sus funciones y responsabilidades.

- Tareas a desarrollar.

Es prioritario comenzar sobre la base de una organización (misiones y funciones) depurada con la inserción de las áreas mencionadas.

A fin de poder realizar una racionalización administrada que nos permita sistematizar la ineficiencia, vicios y distorciones que se pretenda corregir. Se deben confeccionar los cursogramas del flujo de la información, rediseño de formularios, etc.

Seguidamente, se pasa a la tarea de análisis de los sistemas de información de los Ministerios. .

En estos ya incluímos los administrativos (personal, contabilidad y presupuesto, patrimonio, etc.).

Este análisis debe permitir con la documentación pertinente a la tarea anterior de organización y racionalización, realizar el planteo de las bases y banco de datos a implementar, sus vinculaciones,su no redundancia, los procesos de recolección (data entry), validaciones y consistencias, como así los procesos de actualización, seguridad, consulta y mantenimiento.

La tarea de diseño se aboca ya a la estructuración de los procesos de indización (documentos) y estructuración (bancos de datos) de la información y documentación. Las Organizaciones determinarán las prioridades que dará a cada subsistema.

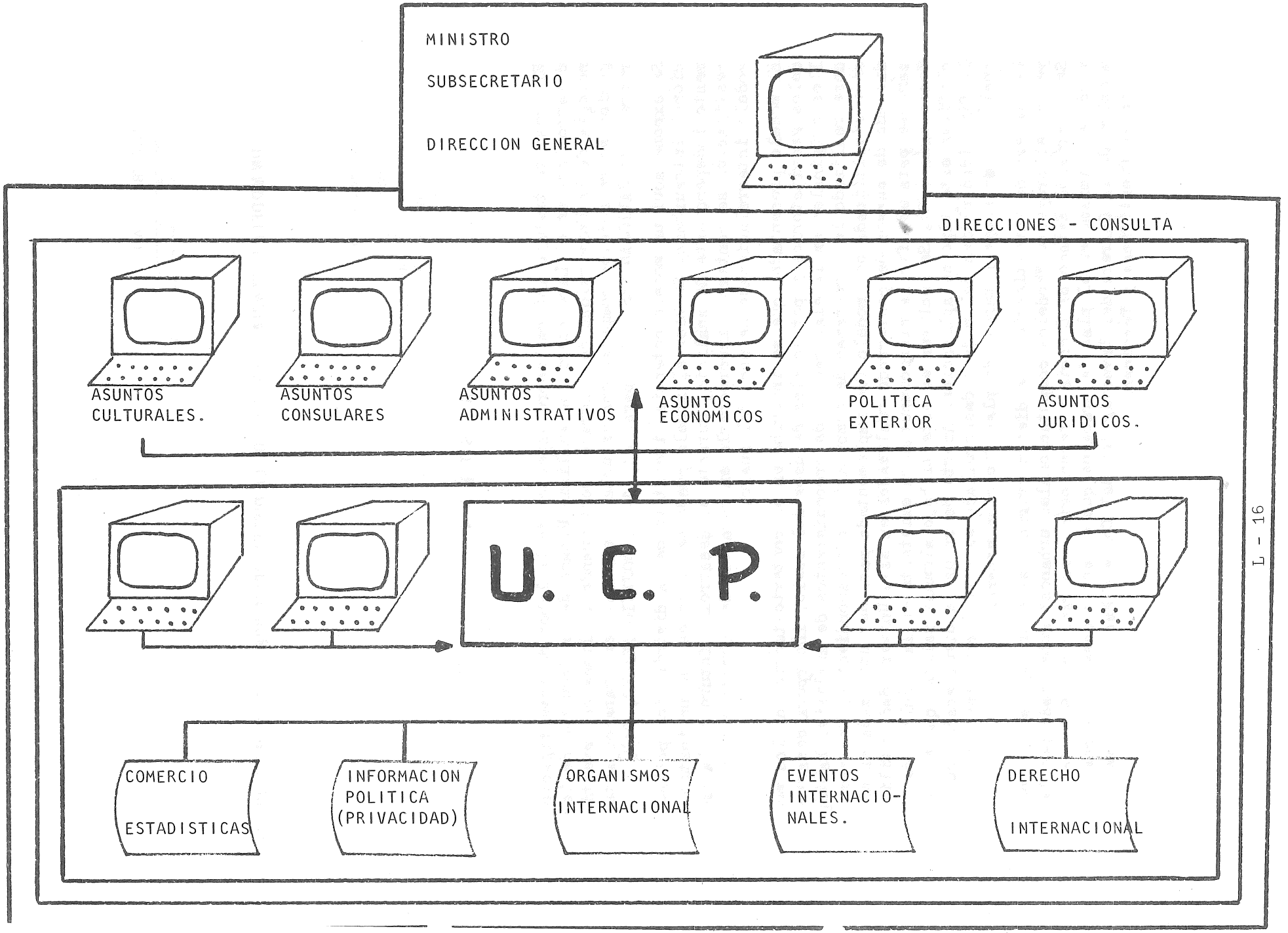
Luego vendrá la etapa de implementación de lo diseñado que implica: contar con el equipamiento y personal para su realización efectiva. A título estimativo tomando un horizonte de cuatro (4) años, ya que si se va más alla es un poco apresurado estimarlo hoy, se plantea un cronograma tentativo. El mismo debe tomarse como referencial y ajustarse luego en la etapa de Diseño.

Existen dos alternativas en la preparación de los bancos:

La primera, es decir, desde tal fecha (puede ser por ejemplo 1970) generamos los bancos de datos de áreas voluminosas (como ser archivo general, comunicaciones, asuntos internacionales, organismos internacionales) y lo anterior queda en forma manual (también pueden tomarse 1980 y comenzar de allí o antes. Esto está acotado por los medios que se afecten para el desarrollo). En el caso de Tratados se debe comenzar desde el primero.

La segunda alternativa y la más difícil y no se sabe hasta que punto es conveniente, es querer incluir todo en los bancos de datos.

Se recomienda la primera definiendo una fecha dada.


MINISTRO
SUBSECRETARIO
DIRECCION GENERAL
DIRECCIONES - CONSULTA
ASUNTOS CULTURALES.
ASUNTOS CONSULARES
ASUNTOS ADMINISTRATIVOS
ASUNTOS ECONOMICOS
POLITICA EXTERIOR
ASUNTOS JURIDICOS.
U. C. P.
COMERCIO ESTADISTICAS
INFORMACION POLITICA (PRIVACIDAD)
ORGANISMOS INTERNACIONAL
EVENTOS INTERNACIONALES.
DERECHO INTERNACIONAL
L - 16

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

UN MODELO POTENCIAL ITERATIVO DE LA DISTRIBUCION POBLACIONAL INTRAURBANA

Horacio A. Torres

Universidad de Belgrano
Facultad de Tecnología
Teodoro García 2050 - Buenos Aires, Argentina.

R E S U M E N

El presente trabajo informa sobre aspectos de la labor de investigación desarrollada en el Laboratorio de Análisis Urbano de la Facultad de Tecnología de la Universidad de Belgrano, continuando la línea de investigación sobre modelos computacionales urbanos expuesta en trabajos anteriores (11 JAIIO-ANALES 1979, pags. J1, 1-17; 10JAIIO-ANALES, E1).

Se expone aquí un modelo potencial iterativo de la distribución poblacional intraurbana. Si bien el modelo puede ser considerado un instrumento independiente de análisis, durante el desarrollo futuro de la investigación se contempla incorporarlo en caracter de submodelo en un modelo interrelacionado de usos del suelo.

El modelo presentado, que se inscribe en el contexto teórico de los modelos gravitatorios y potenciales de usos del suelo, incorpora desarrollos originales en la elaboración de procedimientos de análisis, habiéndose realizado los programas de computación correspondientes. Una versión simplificada del modelo fue implementada para ser utilizada en el dictado de cursos de post-grado realizados en esta Universidad, utilizándose para ese fin la microcomputadora existente en la Facultad de Tecnología (UB). Se incluyen en este trabajo algunas salidas que ejemplifican este tipo de aplicación. Aparte de su uso a nivel académico, la finalidad última del modelo desarrollado es servir como instrumento analítico de apoyo a tareas de planificación urbana.

Las tareas de investigación que dieron origen a este trabajo se incluyen en el proyecto "Modelos computacionales urbanos" subsidiado por la Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología (programación 1980) incluyéndose asimismo en el plan de trabajos que el autor desarrolla como miembre de la Carrera del Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

1. ANTECEDENTES

Puede decirse en términos generales que los modelos urbanos simulan el comportamiento del sistema urbano en condiciones especificadas, evaluándose la bondad del modelo por su capacidad de reproducir situaciones reales conocidas a partir de las variables independientes. Su principal uso en planificación urbana deriva de la posibilidad de predecir las consecuencias sobre la estructura urbana de acciones de planeamiento propuestas que afectan el estado de esas variables. Un ejemplo típico de esta situación lo constituyen los cambios en la red vial y el sistema de transporte que afectan la accesibilidad relativa de las distintas zonas e inducen cambios en los tipos de usos del suelo predominantes en las mismas, las densidades, los valores del suelo, etc..

La variable accesibilidad es tratada de manera específica por los modelos de base gravitatoria y potencial. El modelo potencial simple de Clark (1951) da una definición aproximativa de este concepto midiendo la accesibilidad relativa de una zona por su distancia al centro y estableciendo que la densidad residencial de la zona considerada es una función de esa distancia. La variable accesibilidad es tratada en trabajos posteriores de manera más elaborada, definiéndola como la facilidad de traslado de una zona a <u>todas</u> las demás y no solamente al centro, concepto que puede asimilarse al de <u>potencial</u> en física. El "modelo de mercado potencial" de Lackshmanan y Hansen (1965) y el "modelo de metrópoli" de Ira S. Lowry (1964) consideran de esta manera a la variable accesibilidad, siendo este último un modelo complejo que emplea procedimientos iterativos para resolver la interrelación entre los principales usos del suelo (industria básica, servicios y residencias).

<u>El modelo simple de Clark</u>

El modelo de Clark (1951) que tiene como antecedente los trabajos de Stewart[1] establece la consistencia de una ley exponencial negativa de distribución de las densidades residenciales urbanas alrededor del centro:

$$D_x = D_o \, e^{-bx}$$

donde D_x es la densidad de un punto a distancia x del centro, D_o /1/ es la den-

sidad en el centro, e es la base de los logaritmos naturales y b es un parámetro.

El parámetro b (la tasa de decrecimiento de la curva exponencial negativa que representa las densidades a distintas distancias del centro) define características importantes del sistema urbano considerado. Se ha dicho que representa la "fricción del espacio" equiparándose su significado al de un indicador de la movilidad general del sistema. Un sistema urbano con mucha movilidad -p.ej. con un alto coeficiente de automóviles por familia, obras viales que aseguran un tránsito rápido, transporte público rápido y frecuente, et. - tendrá un valor bajo de b, lo que equivale a decir que la curva que representa las densidades será de decrecimiento debil. Dicho de otra manera, valores altos de b indican una distribución central de la población y valores bajos una tendencia a la dispersión suburbana.[2]

La manera de obtener el valor de b en este modelo es relativamente simple. Resulta claro que una transformación logarítmica permite expresar la relación fundamental de la siguiente manera:

$$\log D_x = \log D_o - bx \qquad /2/$$

Esta es una recta que se obtiene simplemente al representar en papel semilogarítmico las densidades por la distancia al centro; una buena regresión lineal de la nebulosa de puntos indica que la prueba empírica refuerza el modelo. El parámetro b es la pendiente de la recta de regresión.

---

1 Stewart (1941) es el primero en usar el concepto de "potencial demográfico" adoptando una formulación tomada de la física newtoniana. Este autor acuña también el nombre de "física social" para definir el campo de sus trabajos.

2 Clark, que estudia empíricamente un número grande de casos urbanos en Europa, Asia y el Caribe, así como también series históricas, observa que en las ciudades europeas del siglo pasado el valor de b es alto, disminuyendo consistentemente al considerar series históricas llegando a valores actuales muy bajos. De manera similar, cuando se comparan ciudades de países industriales con ciudades de países en vías de desarrollo, los valores de b son más altos en estos últimos.

Considerando series históricas de datos censales relativos a Buenos Aires (a partir del 3er. Censo Nacional en 1914), se observa que el modelo tiene un alto valor predictivo (medido por los valores del coeficiente de correlación r entre la serie real de datos y la serie calculada) y que la evolución del parámetro b al disminuir consistentemente su valor con el transcurso del tiempo, confirma las observaciones de Clark.

CUADRO 1. Buenos Aires: parámetros del modelo de Clark para varios años censales.

Año	D_o	(H_{abs}/Ha)	b	r
1914		256	0.1182	0.84
1947		385	0.1162	0.93
1960		324	0.0857	0.91
1970		285	0.0762	0.87

Si bien el modelo de Clark tiene gran utilidad para estudios comparativos entre casos urbanos o para estudiar la evolución histórica de un caso, su uso para fines de planeamiento está seriamente afectado por el caracter restrictivo de su formulación. En primer lugar, al considerar distancias al centro y no tiempos de traslado, no tiene en cuenta importantes características de casos urbanos concretos, tales como la diferente movilidad en los distintos ejes, barreras ecológicas, etc. siendo imposible entonces estudiar los efectos de cambios en la accesibilidad relativa de las zonas. En segundo lugar, el modelo parte del supuesto de un centro único a partir del cual todas las densidades decrecen; esta es una importante restricción desde que la característica standard de cualquier área metropolitana es la existencia de un sistema de subcentros de variada importancia. Además, la posición del centro puede tender a desplazarse con el tiempo y el interés del análisis puede ser precisamente detectar este efecto, lo cual resulta imposible si la posición del centro es un dato.

2. MODELOS DESARROLLADOS

Una formulación generalizada del modelo de Clark

Una primera generalización del modelo consiste en considerar tiempos de traslado reales entre zonas - teniendo en cuenta las características de la red vial existente- y no distancias geográficas. Para poder hacerlo es necesario incorporar como dato una representación del espacio urbano considerado como una red formada por nodos y vínculos. Especificando la posición de cada nodo, la longitud de cada vínculo y la velocidad con que puede circularse por cada uno de ellos, es posible calcular el tiempo mínimo de traslado desde cada nodo hasta el centro.[3]

Esta versión generalizada del modelo de Clark tiene varios usos posibles. En primer lugar, permite estudiar casos concretos teniendo en cuenta la anisotropía del espacio urbano real (particularidades sectoriales, barreras ecológicas). En segundo lugar -y esta es tal vez su aplicación más importante- permite ilustrar para fines de enseñanza el efecto combinado de una serie de variables de la estructura espacial urbana: cambios en la población, cambios en la movilidad general, cambios en la red vial, etc.. Este modelo fue implementado en lenguaje BASIC y utilizado en cursos de post-grado sobre análisis urbano realizados en la UB durante 1979 y 1980; un trabajo presentado en 11 JAIIO[4] describe los resultados de esta experiencia. Con posterioridad a esa presentación fue incorporada al programa la posibilidad de obtener salidas gráficas en pantalla y en el impresor de líneas. En el Apéndice se muestran las salidas gráficas correspondientes a las salidas numéricas que se mostraban en el trabajo de referencia.

---

3 Podría también incorporarse el efecto de la congestión, pero para las aplicaciones previstas no se consideró esto necesario, con lo cual se logró un ahorro considerable del tiempo de computación.

4 Ver H.A. Torres (1979 a).

La accesibilidad considerada como potencial demográfico

La versión generalizado del modelo de Clark descripta anteriormente es aún excesivamente restrictiva para ser usada en situaciónes reales de planeamiento. Esto es así por no definir la accesibilidad de una zona como una función de su facilidad de traslado al conjunto de las demás zonas, es decir, como una función de su posición relativa dentro del espacio urbano.[5] Se mostrará seguidamente que esta última definición de accesibilidad puede ser formalizada de manera análoga al concepto de potencial en física.

Dada una región urbana que dividiremos en N zonas con una población P_i en cada una de ellas, puede calcularse el número de interacciones I_{ij} entre cada par de zonas i y j utilizando un modelo gravitatorio en el que:

$$I_{ij} = K P_i P_j f(d_{ij}) \qquad /3/$$

en donde K es una constante de proporcionalidad que asegura que todas las interacciones I_{ij} suman el total regional de interacciones, que es un dato: $I = \sum_j \sum_i I_{ij}$. Por lo tanto, el valor de K debe ser:

$$K = \frac{I}{\sum_j \sum_i P_i P_j f(d_{ij})} \qquad /4/$$

En la fórmula 3, $f(d_{ij})$ es una función del tiempo de traslado entre i y j. La función propuesta por los expositores originales de las formulaciones gravitatorias fue tomada analógicamente de la física:

$$f(d_{ij}) = d_{ij}^{-2} \qquad /5/$$

Aunque expositores posteriores propusieron una variedad de formulaciones, el tipo de función usada de manera standard en este tipo de modelos es la exponencial negativa:

$$f(d_{ij}) = e^{-b\, d_{ij}} \qquad /6/$$

Esta es la función usada por Clark pero no es la propuesta por Lowry en su modelo de metrópolis". La función exponencial negativa es deducida por A. Wilson (1970) de principios de "maximización de entropía" siendo utilizada por M. Echenique (1975) en sus trabajos de realaboración y aplicación del modelo de Lowry.

---

[5] Como se vió, el modelo de Clark generalizado define la accesibilidad de una zona como una función de su tiempo de traslado al centro.

Para definir el concepto de potencial consideremos en primer lugar el total I_j de interacciones destinadas a una zona j, es decir la suma de las columnas de la matriz I_{ij}.

$$I_j = \sum_i I_{ij} = K P_j \sum_i f(d_{ij}) \qquad /7/$$

En el segundo término de la expresión anterior, se define como potencial V_j de la zona j:

$$V_j = \sum_i P_i f(d_{ij}) \qquad /8/$$

El total de interacciones destinadas a una zona j puede entonces expresarse:

$$I_j = K P_j V_j \qquad /9/$$

Puede verse que el potencial de una zona es una función de la distribución poblacional en todas las zonas y de las características del espacio urbano (los tiempos de traslado entre las zonas). Las zonas centrales, de esta manera, tienen un potencial mayor que las periféricas por ser más "accesibles", es decir, por ser menor la suma de los tiempos de traslado a las demás, pudiendo,el concepto de potencial ser asimilado en el contexto intraurbano al de accesibilidad.

Un mapa potencial consistirá en al trazado de líneas isopotenciales, que tenderán a ser círculos concéntricos deformados en el sentido de los ejes principales de circulación. Este mapa puede ser considerado un modelo de la distribución intraurbana de densidades pudiendo también decirse que representa, en general, intensidades de usos del suelo (medidos, por ejemplo, como superficie construida por unidad de superficie del suelo, valores de la tierra por metro, etc.).

En cuanto al método de cálculo de un modelo de este tipo, deberá necesariamente recurrirse a procedimientos iterativos desde que se hace a la población de una zona depender del potencial y éste a su vez depende de la distribución poblacional. Más adelante se describe un procedimiento de este tipo en el cual se basa el programa POTRES, en lenguaje BASIC, implementado para los equipos de la Facultad de Tecnología (UB) y utilizado en los cursos de posgrado a los que se ha hecho referencia.

Antes de referirse al procedimiento de cálculo, será necesario en primer lugar considerar el problema de las "economías decrecientes de escala". Las economías de escala, necesarias para explicar desde el punto de vista económico cualquier concentración urbana, se incrementan con la mayor concentración poblacional, pero la magnitud de los incrementos disminuye al aumentar la escala. Aplicando este concepto a la formulación que aquí se presenta , la mayor intensidad de uso del suelo en una zona (en este caso la mayor densidad poblacional) no sería directamente proporcional al potencial sino a una función de este que produjera incrementos de intensidad de uso cuyo valor fuera cada vez menor al aumentar el potencial. Es en realidad este efecto el que explica el hecho empírico de que haya un límite para las densidades centrales, las cuales, aplicando una lógica estrictamente gravitatoria, llegarían en el centro a valores infinitos.

En el modelo que aquí se presenta se tiene en cuenta este hecho al distribuir la población total P entre las zonas j proporcionalmente a una función de I_j del tipo:

$$f(I_j) = I_j^{B_1} \qquad / 10 /$$

siendo B_1 un parámetro cuyos valores oscilan entre 0 y 1.

De esta manera, la población asignada a la zona j en la iteración N será:

$$P_{Nj} = K_1 \quad f(I_j) \qquad / 11 /$$

siendo K_1 una constante de proporcionalidad que asegura que la suma de los P_{Nj} es P:

$$K = \frac{P}{\sum_j f(I_j)} \qquad / 12 /$$

Procedimiento iterativo de cálculo

Pasos en el procedimiento:

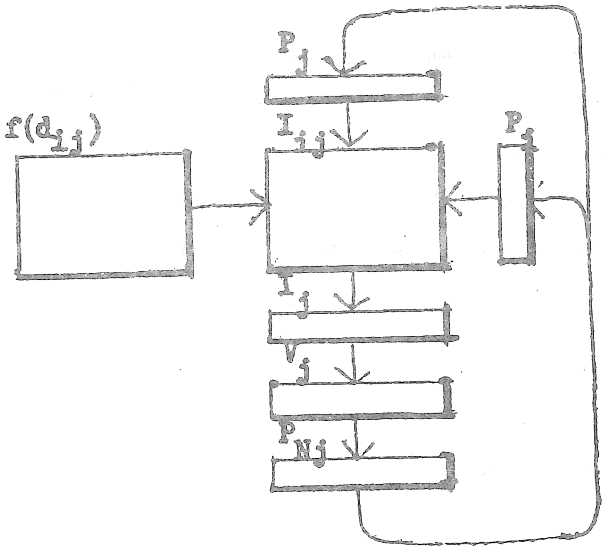
(1) Se asigna en primer lugar un valor arbitrario al vector P_j por ejemplo una distribución uniforme cuya suma sea el total poblacional dado.

(2) Se calculan los valores de la matriz I_{ij}, el vector I_j y el vector P_{Nj}.

(3) Se adoptan los valores P_{Nj} como los P_j de la iteración sucesiva

(4) Se repite el procedimiento hasta que los valores P_{Nj} no difieran sustancialmente de los de la iteración anterior.

El siguiente gráfico muestra los pasos del procedimiento:



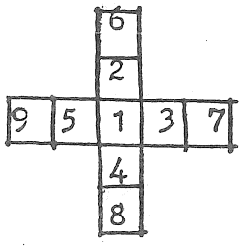
Desarrollo de ejemplos

Se adjuntan a modo de ejemplo dos salidas del programa POTRES en las que se ilustra el efecto de la variación paramétrica. El esquema espacial sobre el que se aplica el modelo es más simplificado que el usado en el caso del programa MODGRAF, descripto anteriormente. En este último caso, el cálculo de los tiempos mínimos de traslado se realiza solamente en relación con una zona definida como centro (lo cual implica un solo vector de la matriz d_{ij}); en relación con el modelo potencial iterativo se debe calcular toda la matriz, lo cual insume un tiempo de computación considerablemente mayor. Esto no es un obstáculo para el desarrollo del proyecto de investigación al cual se ha hecho referencia, en el que se está trabajando con una red de 49 nodos y 84 vínculos. En los ejercicios que aquí se presentan, utilizados en cursos de posgrado donde deben ser corridos durante el desarrollo de una clase, fue utilizado un esquema simplificado de 9 zonas.

Ejemplos que se adjuntan:

En la salida 1 se adoptan los siguientes valores: B=1 y B_1=0.5; en la salida 2 se mantiene constante B_1 y se hace B=2. En ambos casos, luego de una serie de iteraciones se llega a un estado de equilibrio. En el segundo caso, por ser B mayor que en el primero, se llega a una mayor concentración poblacional en el centro.

El esquema espacial sobre el que fue aplicado el modelo consta de 9 zonas dispuestas de la manera indicada por la figura.



Salida 1

PROGRAMA POTRES-CALCULO ITERATIVO DE POTENCIAL RESIDENCIAL
-PARA B=1 Y B1=0.5 -

POBLACION POR ZONA	ZONA NUMERO								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
POBLACION INICIAL	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ITERACION 1	1243	1058	1058	1058	1058	881	881	881	881
ITERACION 2	1404	1093	1093	1093	1093	806	806	806	806
ITERACION 3	1504	1114	1114	1114	1114	760	760	760	760
ITERACION 4	1565	1127	1127	1127	1127	732	732	732	732
ITERACION 5	1601	1135	1135	1135	1135	715	715	715	715
ITERACION 6	1623	1140	1140	1140	1140	704	704	704	704
ITERACION 7	1636	1143	1143	1143	1143	698	698	698	698
ITERACION 8	1644	1145	1145	1145	1145	694	694	694	694
ITERACION 9	1649	1147	1147	1147	1147	691	691	691	691
ITERACION 10	1652	1148	1148	1148	1148	690	690	690	690
ITERACION 11	1653	1148	1148	1148	1148	689	689	689	689
ITERACION 12	1654	1148	1148	1148	1148	688	688	688	688
ITERACION 13	1655	1149	1149	1149	1149	688	688	688	688
ITERACION 14	1655	1149	1149	1149	1149	688	688	688	688
ITERACION 15	1655	1149	1149	1149	1149	687	687	687	687
ITERACION 16	1656	1149	1149	1149	1149	687	687	687	687
ITERACION 17	1656	1149	1149	1149	1149	687	687	687	687
ITERACION 18	1656	1149	1149	1149	1149	687	687	687	687
ITERACION 19	1656	1149	1149	1149	1149	687	687	687	687
ITERACION 20	1656	1149	1149	1149	1149	687	687	687	687
ITERACION 21	1656	1149	1149	1149	1149	687	687	687	687

Salida 2

PROGRAMA POTRES--CALCULO ITERATIVO DE POTENCIAL RESIDENCIAL
--PARA B=2 Y B1=0.5 --

POBLACION POR ZONA	ZONA NUMERO								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
POBLACION INICIAL	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ITERACION 1	1230	1039	1039	1039	1039	903	903	903	903
ITERACION 2	1413	1070	1070	1070	1070	827	827	827	827
ITERACION 3	1552	1095	1095	1095	1095	767	767	767	767
ITERACION 4	1657	1115	1115	1115	1115	721	721	721	721
ITERACION 5	1735	1130	1130	1130	1130	686	686	686	686
ITERACION 6	1792	1142	1142	1142	1142	660	660	660	660
ITERACION 7	1833	1151	1151	1151	1151	641	641	641	641
ITERACION 8	1864	1158	1158	1158	1158	626	626	626	626
ITERACION 9	1886	1163	1163	1163	1163	616	616	616	616
ITERACION 10	1903	1167	1167	1167	1167	608	608	608	608
ITERACION 11	1915	1170	1170	1170	1170	602	602	602	602
ITERACION 12	1923	1172	1172	1172	1172	597	597	597	597
ITERACION 13	1930	1174	1174	1174	1174	594	594	594	594
ITERACION 14	1934	1175	1175	1175	1175	592	592	592	592
ITERACION 15	1938	1176	1176	1176	1176	590	590	590	590
ITERACION 16	1940	1176	1176	1176	1176	589	589	589	589
ITERACION 17	1942	1177	1177	1177	1177	588	588	588	588
ITERACION 18	1944	1177	1177	1177	1177	587	587	587	587
ITERACION 19	1945	1177	1177	1177	1177	586	586	586	586
ITERACION 20	1945	1178	1178	1178	1178	586	586	586	586
ITERACION 21	1946	1178	1178	1178	1178	586	586	586	586
ITERACION 22	1946	1178	1178	1178	1178	586	586	586	586
ITERACION 23	1947	1178	1178	1178	1178	585	585	585	585
ITERACION 24	1947	1178	1178	1178	1178	585	585	585	585
ITERACION 25	1947	1178	1178	1178	1178	585	585	585	585

3. CONCLUSIONES

Relación entre el modelo presentado y otros modelos: el modelo de Lowry y sus sucesores

Los modelos iterativos de usos del suelo de base gravitatoria y potencial tienen como uno de sus antecedentes más importantes el "modelo de metrópolis" de Ira S. Lowry publicado en 1964. En la década siguiente, trabajos realizados en Inglaterra incidieron en la formulación y aplicación de este tipo de modelos. Deben destacarse en este sentido los trabajos de Allan Wilson sobre "maximización de la entropía" que desarrollan de manera probabilística las bases teóricas de los modelos gravitatorios y los trabajos de Marcial Echenique en Cambridge que proveen una versión parcialmente reformulada del modelo de Lowry que es aplicada experimentalmente a un conjunto de ciudades de distinto tamaño habiéndose también intentado su aplicación a proyectos de "new towns". Interesan desde nuestra perspectiva los intentos de Echenique y colaboradores de aplicar el modelo a ciudades latinoamericanas tales como Santiago, Caracas y San Pablo.

Luego de aproximadamente quince años de desarrollos más o menos contínuos en esta línea de investigación, resultan de particular interés intentos recientes de evaluar la aplicabilidad, operatividad y confiabilidad de estos modelos como instrumentos de planeamiento urbano (Mohan, 1979; Bailly, 1978). Un balance actual del estado del arte podría referirse a los siguientes puntos:

(1) Aumento de la posibilidad real y económica de aplicación de modelos complejos por parte de una variedad de agencias de planeamiento urbano debido a la amplia difusión de equipos de cómputo de distinto porte, incluyendo minicomputadoras provistas de capacidad gráfica.

(2) Atemperamiento del excesivo optimismo de la década de 1960 en lo que respecta a la conveniencia y confiabilidad de modelos omnicomprensivos de la estructura urbana, señalándose en cambio la necesidad de profundizar la teoría urbana que está en la base de los modelos y de discutir de manera crítica el marco teórico de los mismos, ya sea el derivado de las formulaciones gravitatorias o de la teoría económica de la utilización del suelo urbano.

(3) En relación con lo anterior, debe también señalarse la dificultad de realizar experimentos concluyentes de la validez de los modelos omni-

comprensivos debido a la multiplicidad de las variables que entran en juego, siendo poco segura la evaluación teórica del significado de las discrepancias entre datos reales y datos calculados. Se ha señalado en algunos casos la dificultad para distinguir entre pautas estables de comportamiento de un sistema espacial y relaciones accidentales, temporarias y aun espúrias entre variables, lo cual puede poner en crisis el valor predictivo del modelo y por lo tanto su utilidad como instrumento de planificación urbana (ver Mohan, op.cit., pags. 103-106).

(4) Puede concluirse de lo anterior la necesidad de realizar investigación de base sobre el comportamiento de un sistema urbano como paso previo y necesario a la aplicación de un modelo complejo, chequeando el efecto de cada variable sobre el comportamiento del sistema y considerando la evolución temporal mediante series históricas de datos. Esto, que puede considerarse válido en términos generales, es particularmente cierto en relación con casos urbanos que muestran apartamientos sobre los casos standard, situación en la que se encuentran muchas metrópolis latinoamericanas incluida Buenos Aires.

Estrategia de investigación

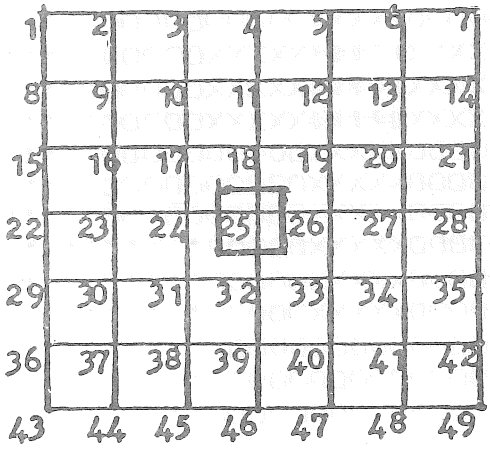
De manera consistente con este panorama, el trabajo de investigación que sirve de base al modelo aquí presentado ha seguido una estrategia dirigida al desarrollo de modelos parciales como paso previo al desarrollo de un modelo general de usos del suelo. Si bien la finalidad última de estos modelos, como el modelo aquí presentado o el modelo de potencial comercial actualmente en desarrollo, es en última instancia convertirse en submodelos de un modelo general, están concebidos de manera que puedan comportarse como instrumentos independientes de análisis en su propio derecho; más aún, por estar más circunscriptas sus conclusiones, son más fácilmente chequeables en forma experimental.

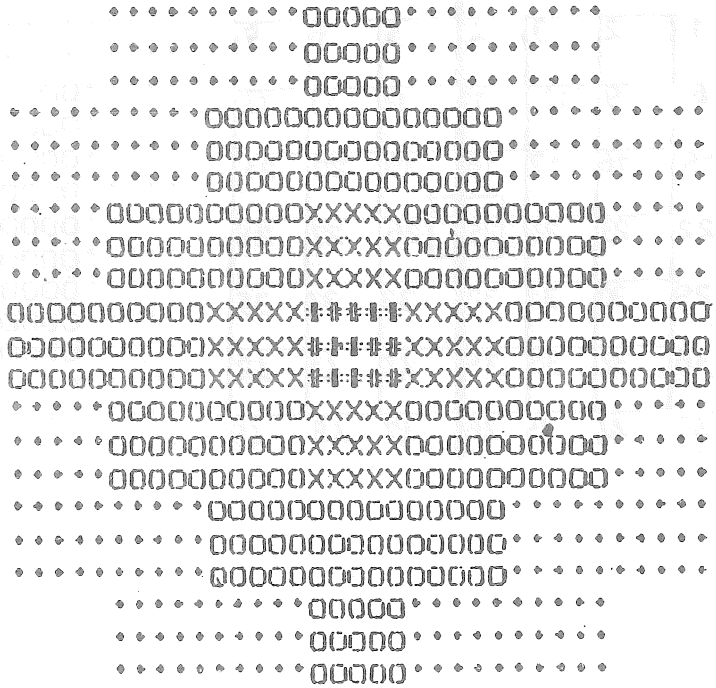
Se sostiene en este trabajo que muchas aplicaciones prácticas son posibles mediante el uso de modelos como el que aquí se expuso, sin necesidad de esperar a la formulación de un modelo generalizado de usos del suelo. Una aplicación de actualidad en Buenos Aires podría ser un intento de predicción de los efectos a corto y mediano plazo sobre la estructura de densidades, valores de la tierra, etc., de las obras viales de gran magnitud que actualmente están en curso de realización.

A P E N D I C E: SALIDAS GRAFICAS DEL PROGRAMA MODGRAF EN LAS QUE SE VARIAN SUPUESTOS DE ACCESIBILIDAD Y SE CALCULAN LAS DISTRIBUCIONES POBLACIONALES RESULTANTES.

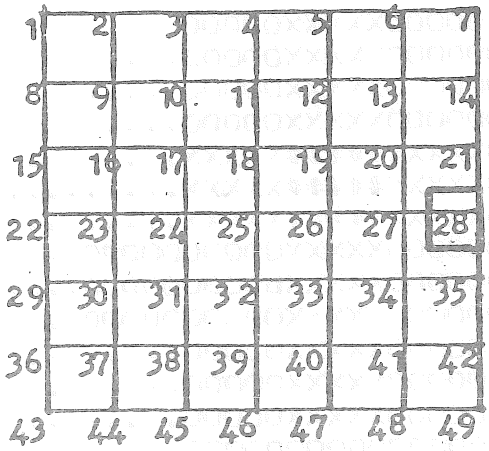
Distintos casos - Los siguientes son los valores paramétricos que se mantienen en todos los casos: Población total = 250000 habs., valor del parámetro b = 1.2

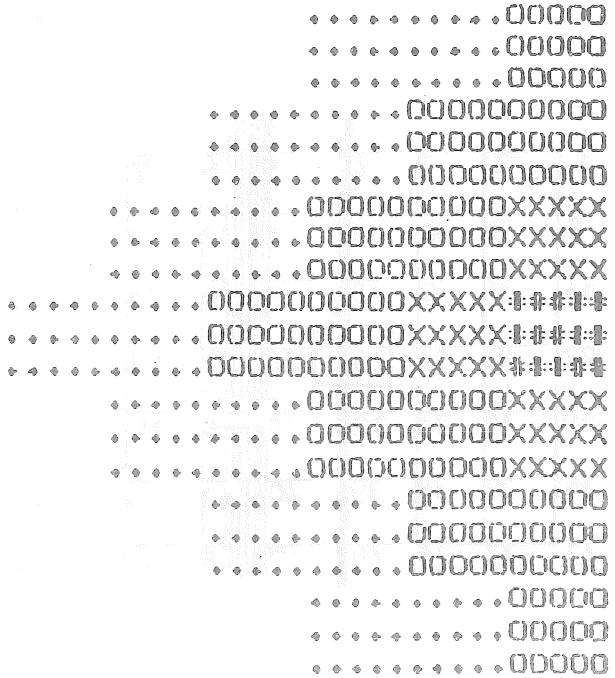
Caso 1. Se supone una red vial de velocidad uniforme en todos los vínculos (30 km/h) fijándose la posición del centro en el nodo 25.



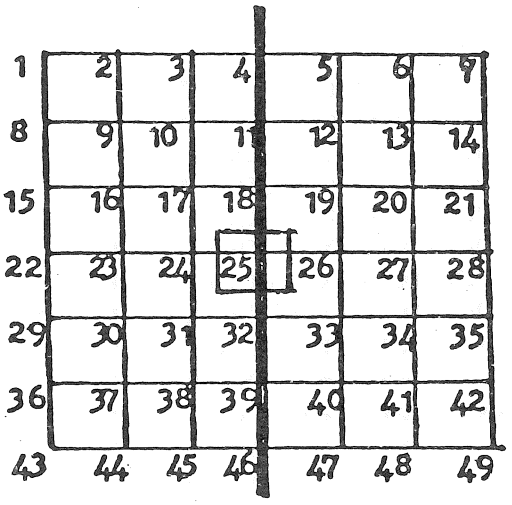


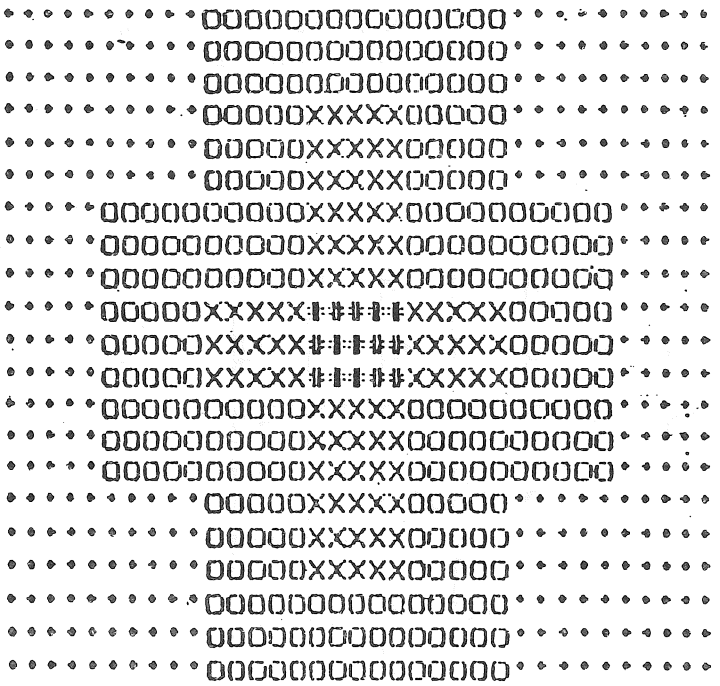
Caso 2. Idem anterior. Se fija la posición del centro en el nodo 28



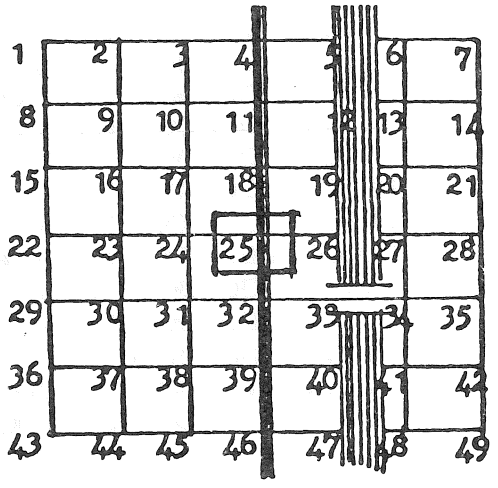


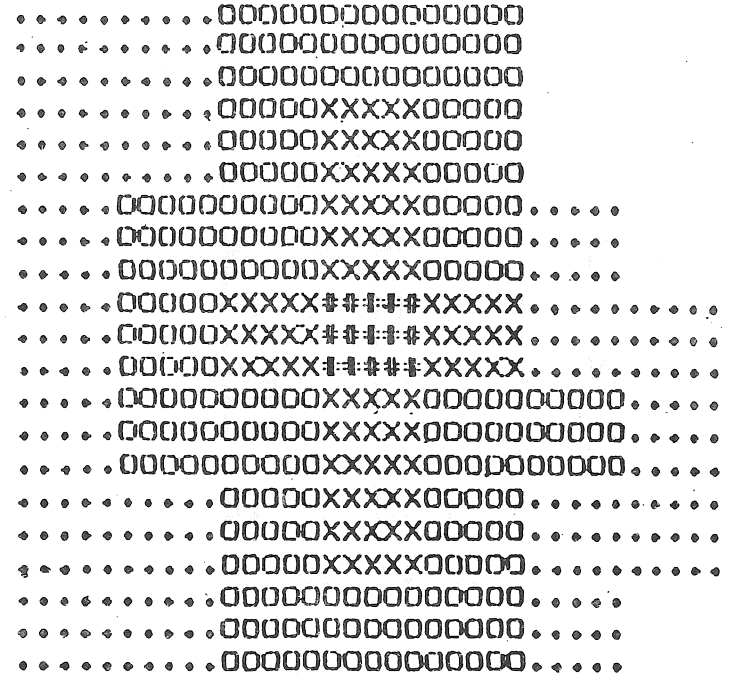
Caso 3. Idem caso 1 introduciendo un eje norte-sur de tránsito rápido (60 Km/h).





Caso 4. Idem anterior incorporando una barrera ecológica con un solo paso.





NOTAS BIBLIOGRAFICAS

BAILLY, Antoine S. (1978), La organización urbana, teorías y modelos, Institutode Estudios de Administración Local, Madrid.

CLARK, Colin (1951), "Urban Population Densities", en Journal of the Royal Statistical Society, series A, vol 114, Londres.

ECHENIQUE, Marcial (1975), Modelos matemáticos de la estructura espacial urbana: aplicaciones en América Latina. Ediciones SIAP, Buenos Aires.

LACKSHMANAN, T.R. y HANSEN, W.G. (1965), "A Retail Market Potential Model", en Journal of the American Institute of Planners, vol. 31, pags. 134-143.

LOWRY, Ira S. (1964), A Model of Metropolis, Rand Corporation, Memorandum RM-4035-RC, Santa Monica, California.

MOHAN, Rakesh (1979), Urban Economic and Planning Models, World Bank Staff Occasional Papers Number Twenty-Five, The John Hopkins University Press, Baltimore and London.

STEWART, J.Q. (1941), "An Inverse Distance Variation for Certain Social Influences", en Science, vol. 93.

TORRES, Horacio A. y colaboradores (1975), "Accesibilidad y estructura urbana en la Región Metropolitana de Buenos Aires", en: M.Echenique (comp.), Modelos matemáticos de la estructura espacial urbana: aplicaciones en América Latina, Ediciones SIAP, Buenos Aires (pags. 97-132).

TORRES, Horacio A. (1977), "Un modelo de accesibilidad para la Región Metropolitana de Buenos Aires", en Anales de las 10 JAIIO, sección E-1.

TORRES, Horacio A. (1979 a), "Un conjunto de programas para el cálculo de tiempos mínimos intraurbanos y su aplicación a modelos de accesibilidad", en Anales de las 11 JAIIO, sección J1.

TORRES, Horacio A. (1979 b), "Una aplicación de la computadora educacional a cursos de posgrado", en Anales del Congreso sobre medios no convencionales de enseñanza, Facultad de Tecnología, Universidad de Belgrano (pags. 117-126).

WILSON, A. (1970), Enthropy in Urban and Regional Modelling, Pion, Londres.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

MODELOS MULTIECUACIONALES RECURSIVOS PARA LA EXPLICACION DE LA OFERTA DE MANO DE OBRA

Felix Pimentel
Con el asesoramiento de: Héctor J. Apezechea
Aníbal Alvarez

Centro de Informaciones y Estudios del Uruguay
Montevideo - Uruguay.

Este trabajo sobre modelización que presentamos es la primera aproximación de un estudio más general y exhaustivo sobre oferta de mano de obra, desarrollado actualmente por C.I.E.S.U.

Al diseñar la estrategia de modelización de los dos modelos recurrentes que decidió tratar CIESU, consideramos en principio dos problemas previsibles:

- Un costo de procesamiento relativamente alto.

- La estimación de varios modelos cuyas variables endógenas ($\hat{P}$- Probabilidad de participar en la fuerza de trabajo. $\hat{E}$ - Probabilidad de estar empleado participando en la fuerza de trabajo), eran variables "Dummy", dicotómicas, con valores 0-1.

La bibliografía existente, es absolutamente coincidente en que estos modelos a los que usualmente se los designa como modelos "PROBIT", no cumplen con una de las condiciones del modelo lineal, la condición de homoscedasticidad, es decir $E(u_1' u_1) = \sigma^2 \mathbb{I}_T$ (la matriz de variancias y covariancias de las perturbaciones debe ser una matriz identidad multiplicada por una covarianza constante).

Con estos modelos PROBIT, claramente heterocedásticos, al aplicar mínimos cuadrados corrientes, se obtienen estimadores insesgados, lineales pero que no son de mínima varianza.

Lo ideal habría sido tratar los modelos "PROBIT" con los métodos aconsejados usualmente (ver bibliografía, 1), 2), 5), 6)). Sin embargo, debido a que sociología ha ignorado con bastante éxito este problema de la heterocedasticidad, y a que en definitiva, como ya dijimos, este trabajo sólo pretende una primera aproximación; decidimos realizar las estimaciones como si se cumpliesen la totalidad de las hipótesis del modelo lineal clásico, juzgando a posteriori la calidad de las estimaciones $\hat{P}$ y $\hat{E}$, mediante experimentos numéricos relativos a fenómenos suficientemente conocidos por la sociología.

El problema de la heterocedasticidad que desarrollaremos en detalle más adelante, nos indujo a tratar con mucho cuidado los modelos en que se estimaban $\hat{E}$ y $\hat{P}$, por ejemplo excluyendo el salario como variable explicativa de $\hat{P}$, debido a que $P = 0$ implica en nuestra muestra salario propio $= 0$, y a que introducir un salario estimado complicaría aún más la estimación.

Por las previsibles dificultades que hemos expuesto, se diseñó una estrategia de modelización, modular e incluso indeterminada "a priori".

ESTRUCTURA MODULAR E INDETERMINADA DE LOS MODELOS RECURRENTES

La estructura es indeterminada y modular por lo siguiente:

a) Existen ecuaciones que integran más de un modelo recurrente, por ejemplo la ecuación (1.) (ver Cuadro I).

   1.) $\hat{P} = F_h\ (\mathbb{X}_h)$

   (Probabilidad de participar en la población económicamente activa, caso hombres).

b) Se decidió implicar ecuaciones en el modelo recurrente sólo en el caso de que los tests estadísticos y la teoría sociológica justificaran su inclusión.

   Ejemplo:
   Un posible modelo aplicable a hijos varones pertenecientes a la población económicamente activa, pudo ser:

   1) $\hat{P}_h = F_h\ (\mathbb{X}_h)$

   2) $\ln_h \hat{w}_1 = g_{2,h}\ (\mathbb{X}_{2,h})$ Estimación del salario del varón, PEA, cabeza de hogar.

   3) $\ln_m \hat{w}_2 = g_{2,m}\ (\mathbb{X}_{2,m})$ Estimación del salario de la compañera, PEA.

   4) $\ln \hat{w}_h = g_{3,h}\ (\mathbb{X}_{3,h})$ Estimación del salario de los hombres, PEA, en general.

   5) $\hat{E}_{3,h} = H_{3,h}\ (\mathbb{X}_{3,h}, \ln \hat{w}_h, \ln \hat{w}_1, \ln_m \hat{w}_2)$ Probabilidad de estar ocupado perteneciendo a la PEA, casos hombres

Pero si la realidad estadística y sociológica nos hubiera dicho que $\ln_h w_1$ y $\ln_m w_2$ eran tan poco significativas que podían llegar a estropear la ecuación 5), es muy posible que hubiésemos optado por el modelo:

1) $\hat{P}_h = F_h (X_h)$

2) $\ln \hat{w}_h = G_{3,h} (X_{3,h})$

3) $\hat{E}_{3,h} = H_{3,h} (X_{3,h}, \ln \hat{w}_h)$

Eliminando dos posibles ecuaciones, y modificando una, que por ser la última y por haberse utilizado el método "paso a paso" del sistema "STEP-WISE" no habría representado mayor problema. (Ver cuadroI: Esquema inicial de la modelización).

CONJUNTOS DE VARIABLES EXOGENAS, SU AMBITO Y SU NOTACION

La notación X indica conjuntos de variables exógenas (vector de variables exógenas para un caso en el corte transversal); sus subíndices denotan más precisamente el ámbito y los subconjuntos de los datos que se tratan.

Ejemplo:

$X_{2,h}$ Indica el conjunto de las variables exógenas correspondientes a cabeza de hogar - PEA (2) y además hombres (h).

Es de hacer notar que los diferentes conjuntos exógenos cumplen con relaciones de contención estrictas.

Ejemplo:

$X_{2,h} \subset X_{3,h} \subset X_h$

$X_{2,h}$: Hombres PEA jefes

$X_{3,h}$: Hombres PEA en general

X_h: Todo hombre mayor de 14 años

ESTIMACION DEL MODELO RECURRENTE

Problema de las variables endógenas que aparecen como variables explicativas.

Distinguiremos dos tiempos:

tiempo de estimación

tiempo de pronóstico

En tiempo de estimación se utilizaron las variables endógenas-explicativas con sus valores reales y no con los valores estimados en ecuaciones anteriores.

En cambio en tiempo de pronóstico se hará lo único posible:uti-

lizar los valores estimados.

JUSTIFICACION DEL METODO DE ESTIMACION UTILIZANDO VALORES REALES PARA LAS VARIABLES ENDOGENAS EXPLICATIVAS

Esta bibliografía (*) y el método de máxima verosimilitud con información completa (del que es un caso particular el modelo recurrente), permiten afirmar que si las diferentes perturbaciones u_i correspondientes a cada ecuación son independientes, entonces es perfectamente lícito realizar la estimación con las variables $\ln w_i$ en lugar de las variables $\ln \hat{w}_i$

No hemos realizado pruebas de hipótesis que nos aseguren la independencia de las perturbaciones u_i de cada ecuación, fundamentalmente porque para una muestra grande como la utilizada, es probable que su costo fuese bastante alto.

La decisión, se basó en consideraciones mucho más empíricas; sencillamente hemos realizado estimaciones de $\hat{P}$ y $\hat{E}$ con ambas posibilidades (utilizando las variables reales $\ln w$ y las variables estimadas $\ln \hat{w}$), obteniendo resultados notablemente mejores con las variables reales $\ln w$. (En los experimentos realizados la correlación múltiple de las estimaciones $\hat{P}$ y $\hat{E}$, aumentó sistemáticamente entre 20 y 30 puntos cuando se utilizó la variable real $\ln w$ en lugar de las estimaciones $\ln \hat{w}$).

EL PROBLEMA DE LAS ESTIMACIONES GENERALES SIN RECURRIR A ESTRATIFICACIONES POR EDAD

Hemos optado por dejar para una segunda etapa la modelización estratificada por edades por varias razones:

1) Los experimentos generales en que no se recurre a estratificaciones afinadas, si bien pagan un precio en bondad de ajuste y significación debido a lo heterogéneo de la población, en cambio brindan panoramas de gran interés para el investigador.

   No significa lo anterior negar la importancia de recursos que como la estratificación desean lograr poblaciones homogéneas, sencillamente pensamos que el estudio general es un paso previo, habitualmente imprescindible, si se pretende que los modelos hagan el mayor aporte a la comprensión de la realidad.

2) Imposibilitados de recurrir a la sofisticada metodología estadística aconsejada para los modelos PROBIT (ver p/ejemplo,

(*) WILLIAM MERRIL/KARL FOX. Introducción a la Estadística Económica/J. JOHNSTON.

ELEMENTS OF ECONOMETRICS-JAN KMENTA), y limitados también en cuanto a recurrir a la validación a través del pronóstico con frontado con la realidad. Decidimos, como ya dijimos, poner a prueba la simplificación de utilizar el modelo lineal clásico para la estimación de $\hat{E}$ y $\hat{P}$, realizando experimentos y análisis, con variables y fenómenos de efecto muy conocido para los especialistas, en particular: las variables edad y experiencia laboral. Estos experimentos presumiblemente hubieran sido poco claros y de difícil interpretación de haber trabajado con poblaciones altamente homogéneas en relación a la edad, y por la alta correlación edad-experiencia, también en relación a la experiencia laboral.

3) La estratificación habría aumentado bastante los costos de computador, no sólo porque se multiplica la cantidad de modelos, sino además porque la metodología de experimentación e incluso de ensayo y error sería notablemente más compleja sin el conocimiento general que actualmente poseemos.

PROBLEMA DE LA HETEROSCEDASTICIDAD EN LA ESTIMACION DE LAS VARIABLES $\hat{P}$ y $\hat{E}$.

Las variables P y E son endógenas y dicotómicas. Toda la bibliografía a nuestro alcance y que trata el tema, coincide en señalar que en estos casos se produce heterocedasticidad.

Nos limitaremos a citar a J. JOHNSTON (Métodos de econometría) 2da. edición en castellano -pág. 227-

> "Goldberger ha demostrado que una dificultad que concurre con la aplicación de los mínimos cuadrados clásicos cuando Y es dicotómica es que no puede mantenerse la hipótesis de que las perturbaciones son homoscedásticas".

En esta situación las estimaciones serán lineales e insesgadas pero no óptimas (de mínima variancia). La condición de mínima variancia se lograría con el procedimiento en dos etapas sugerido por Goldberger - J. JOHNSTON (pág. 228).

DEMOSTRACION DE LA EXISTENCIA DE HETEROSCEDASTICIDAD

Sea nuestro modelo para el caso i:

$$1.1)\quad P_i = b_0 + b_1 x_{1_i} + b_2 x_{2_i} + \ldots + b_{13} x_{13_i} + u_i$$

llamando $\mathcal{X}_i = (1, x_{1_i}, x_{2_i}, \ldots x_{13_i})$

$$\beta = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \vdots \\ b_{13} \end{bmatrix}$$

$$P_i = X_i' \beta + u_i$$

$$u_i = P_i - X_i' \beta$$

Como P_i vale 0 ó 1

u_i vale:

$1 - X_i' \beta$ para $p_i = 1$

ó $\quad - X_i' \beta$ para $P_i = 0$

En estas condiciones aceptando $E(u_i) = 0$, la función de distribución de u_i es:

u_i	$P(u_i)$
$-X_i' \beta$	$1 - X_i' \beta$
$1 - X_i' \beta$	$X_i' \beta$

$$\text{Var}(u_i) = E(u^2_i) = (-X_i' \beta)^2 (1 - X_i' \beta) + (1 - X_i' \beta)^2 X_i' \beta =$$

$$= (X_i' \beta)(1 - X_i' \beta) = E(P_i)(1 - E(P_i))$$

Siendo obvia la heteroscedasticidad ya que esta variancia depende de de P_i y que además es fácil deducir que la matriz de variancias y covariancias es:

$$E(u_i\, u_i') = \begin{bmatrix} X_1' \beta (1 - X_1' \beta) & 0 \ldots & 0 \\ 0 & X_2' \beta (1 - X_2' \beta) & 0 \ldots 0 \\ \vdots & & \vdots \\ 0 \ldots & & X_{13} \beta (1 - X_{13}' \beta) \end{bmatrix}$$

LA VALIDACION DE LOS MODELOS A TRAVES DEL EFECTO DE LAS VARIABLES EDAD ($A.A^2$) Y EXPERIENCIA LABORAL ($E.LAB.E.LAB^2$).

El ejemplo más espectacular para fundamentar la utilidad de los experimentos generales que hemos realizado, ocurrió con la "Experiencia laboral" en la estimación de $\hat{P}_h$ (Probabilidad de pertenecer a la población económicamente activa). En esta estimación, en los 2 primeros pasos de ensayo el sistema "STEP-WISE" selecciona espontáneamente $E.LAB^2$ y E.LAB, logrando muy buenos indicadores estadísticos tanto en bondad de ajuste como en significación.

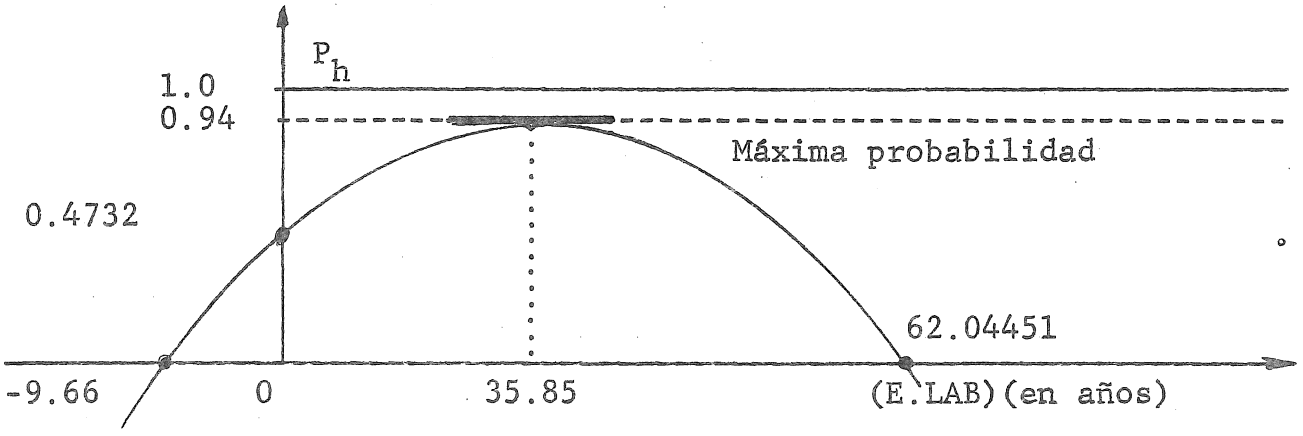
DETALLES DEL MODELO PARCIAL

Correlación múltiple 0.64

F-Fisher 1429.053

$$\hat{P} = - 0.00079\ E.LAB^2 + 0.04138\ E.LAB + 0.47372$$

t(-50.699) -31-	t(43.350)-30-
(0.25)	(0.25)
0.00002	0.00095



UNA INTERPRETACION DEL EXPERIMENTO SOBRE EXPERIENCIA LABORAL

Aproximadamente a los 36 años de experiencia laboral, la probabilidad de pertenecer a la PEA alcanza el máximo con un valor muy cercano al suceso seguro (0.94). Cuando se comienza la actividad laboral (experiencia laboral nula) la probabilidad de pertenecer a la PEA es 0.47372.

Estas conclusiones además de muy razonables en cuanto al conocimiento que se posee de la población a estudio, son muy coincidentes, con el efecto edad (ver Cuadro III) que ubica la máxima probabilidad de pertenecer a la PEA (Hombres mayores de 14 años) a los 50 años de edad.

Si además se observan los otros experimentos del Cuadro III todo resulta razonable y satisfactorio.

Estas apreciaciones tan razonables nos inducen a pensar que el problema de heteroscedasticidad en $\hat{E}$ y $\hat{P}$ no fue importante, que estimar con las variables reales ln w, asumiento que las perturbaciones u_i son independientes fue una decisión acertada y que en general los modelos multiecuacionales recurrentes son aceptables.

ESTAS FUERON LAS LUCES CON RESPECTO AL EXPERIMENTO CON EXPERIENCIA LABORAL, VEAMOS AHORA LAS SOMBRAS

El modelo que hemos expuesto son los dos primeros pasos del modelo 1.1. que se detallan más adelante (ver apéndice con detalle de modelos) y que incluye 13 variables de las cuales 10 son altamente significativas, la correlación múltiple alcanza el valor de 0.674 y se obtiene un valor F-Fisher de 259.305, siendo el límite al 1% 3.16 ($F_{0.99}$).

Como vemos este modelo completo sigue siendo muy aceptable.

Nuestras interrogantes son las siguientes:

¿En qué medida la existencia de años de experiencia laboral no implica casi completamente el hecho de pertenecer a la PEA, que es justamente lo que pretendemos explicar?

¿Experiencia laboral merecer aparecer en el modelo 1.1?

¿Estamos ante un modelo fuertemente auto-regresivo con algo de tautología?

¿Cómo afecta la auto-regresión a la heteroscedasticidad de $\hat{P}$?

Por supuesto en estas reflexiones y como nota optimista, no podemos olvidar a los jubilados, las amas de casa inactivas, los rentistas, etc., que no perteneciendo a la PEA puedan perfectamente tener años de experiencia laboral siendo posible que las 10 variables significativas que aparecen en la ecuación 1.1 aislen precisamente esos efectos totalmente válidos.

Debemos confesar que no tenemos una opinión muy clara en torno a todas estas interrogantes, y que la inclusión de "Experiencia Laboral" en la explicación de la probabilidad $\hat{P}$ de pertenecer a la PEA, debe ser un tema de profunda discusión.

CUADRO I - ESQUEMA INICIAL DE LA MODELIZACION

Probabilidad de participar en la fuerza de trabajo (1.) $\hat{P}_h = f_h(X_h)$ $\hat{P}_m = f_m(X_m)$

(.1.1) Población: Todo hombre mayor de 14 años

(1.2) Población: Toda mujer mayor de 14 años

2.) Población: Hombres y mujeres pertenecientes a la PEA

(3.) Población: Hombres y mujeres pertenecientes a la PEA en general (mayores de 14 años)

Hombres

$\ln \hat{w}_1 = g_{2,h}(X_{2,h})$ (2.1)

$\hat{E}_{2,h} = H_{2,h}(X_{2,h}, \ln \hat{w}_1, \ln \hat{w}_2)$ (2.3)

Mujeres

$\ln \hat{w}_2 = g_{2,m}(X_{2,m})$ (2.2)

$\hat{E}_{2,m} = H_{2,m}(X_{2,m}, \ln \hat{w}_1, \ln \hat{w}_2)$ (2.4)

Hombres

$\ln \hat{w}_h = g_{3,h}(X_{3,h})$ (3.1)

$\hat{E}_{3,h} = H_{3,h}(X_{3,h}, \ln \hat{w}_h, \ln \hat{w}_1, \ln \hat{w}_2)$

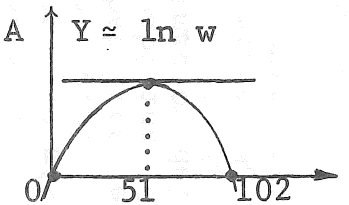
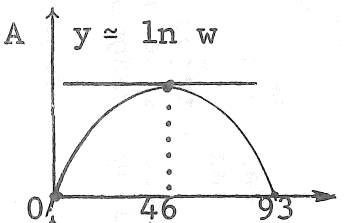
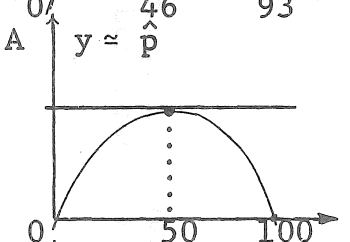
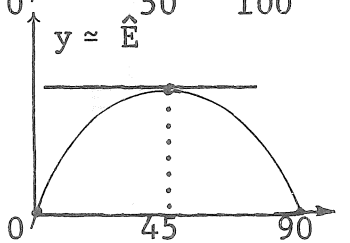
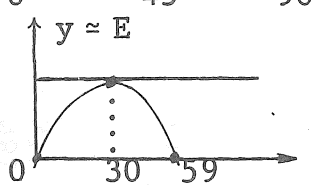
Mujeres

$\ln \hat{w}_m = g_{3,m}(X_{3,m})$ (3.2)

$\hat{E}_{3,m} = H_{3,m}(X_{3,m}, \ln \hat{w}_m, \ln \hat{w}_1, \ln \hat{w}_2)$ (3.4)

Las estimaciones, variables^, que aparecen como exógenas son realmente estimaciones en tiempo de pronóstico o predicción.

CUADRO II - EFECTO EDAD PARA EL CASO HOMBRES

Variable explicada	Población	Paso de ensayo	Función de comparación del efecto edad	Representación	Comentarios
ln $\hat{w}$ (salario)	Hombres PEA en general	4	$Y = -0.00176\ A^2 + 0.17940\ A$		El mayor efecto se alcanza a los 51 años.
ln w_1 (salario)	Hombres PEA jefes de hogar	12	$Y = 0.00065\ A^2 + 0.06056\ A$		El máximo efecto sobre el salario se logra a los 46 años
$\hat{P}$	Todo hombre mayor de 14 años.	11	$Y = -0.00023\ A^2 + 0.02313\ A$		El máximo efecto se logra a los 50 años
$\hat{E}$ Estar ocupado perteneciendo a la PEA	Hombres PEA en general	10	$Y = -0.00004A^2 + 0.0036\ A$		La máxima probabilidad de estar ocupado en función sólo de la edad se observa a los 45 años.
E	Hombres	9	$Y = -0.00002\ A^2 + 0.00117\ A$		En los jefes de hogar el máximo efecto se logra 15 años antes.

CUADRO III - DESCRIPCION DE LAS VARIABLES

N°	DESCRIPCION	SIMBOLO
1	Años de Enseñanza Primaria	E.PRIM.
2	" " " Industrial	E.IND
3	" " " Secundaria	SECUND
4	" " " Preparatoria	PREP
5	" " " Normal	EM
6	" " " MILITAR	MI
7	" " " Universitaria	EF
8	Condición de profesional	PROF
9	$Edad_2$	A_2
10	Edad	A
11	Salario Propio	W_i
12	Salario del varón. Cabeza de hogar	W_1
13	Salario de la cónyuge	W_2
14	Logaritmo salario propio	$\ln w_i$
15	" " varón. Cabeza de hogar	$\ln w_1$
16	" " de la cónyuge	$\ln w_2$
17	Total salarios del hogar	TSH
18	Ingresos adicionales del hogar	I.AD
19	Hijos 0-1 años	No1
20	Hijos 2-7 "	N27
21	Hijos 8-14 "	N814
22	Hijos 15 o más años	N15
23	Hijos total	NT
24	Probabilidad endógena de pertenecer a la PEA	P
25	Probabilidad de estar ocupado perteneciendo a la PEA	E
26	Estimación del salario	$\ln \hat{w}$
27	Estimación de la P corregida	$\hat{P}$
28	Estimación de la E corregida	$\hat{E}$
29	Sólo enseñanza Primaria	SP
30	$Experiencia\ Laboral_2$	$E.LAB_2$
31	(Experiencia Laboral)	E.LAB
32	Años de escolaridad	AESC
33	Cabeza de hogar	CH
34	Tanto x 1 de hijos menores de 7 años	PN
35	Hombre o mujer	HM

Por limitaciones de espacio sólo presentaremos uno de los cuatro modelos recurrentes estimados, "JEFES DE HOGAR PERTENECIENTES A LA POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA", restando los casos mujeres-cónyuges PEA, hombres en general y mujeres en general.

PRESENTACION DE LOS RESULTADOS DE LOS MODELOS

Las variables aparecen en el orden en que ingresaron según la elección en función del porcentaje de explicación, realizada por el sistema "STEP-WISE", lo que en definitiva es una medida excelente del aporte específico inicial de cada variable en la explicación de la variable endógena.

Los nombres mnemotécnicos son los detallados en páginas anteriores en (III); para mayor claridad del lector debajo del nombre mnemotécnico aparece el ordinal de la variable en el cuadro III, bajo la forma de -ii-.

Debajo del valor de cada coeficiente de regresión figuran:

- El valor del estadístico t-Student correspondiente, presentado como t(jj.jjj).

- Más abajo y entre paréntesis, el nivel aproximado de significación expresado en porcentaje (se consideran variables significativas las que no superan el nivel 5.0 %). En la misma línea, cuando sea necesario, se indica poca significación con * y sin significación con **.

- En tercer lugar, siempre debajo del coeficiente de regresión, se incluye el error standard correspondiente al coeficiente de regresión.

Debajo del encabezado aparece el N° del modelo asignado en el Cuadro (I) (Esquema inicial de modelización) y su formulación simbólica.

- Se especifica además en que modelo recurrente interviene la ecuación que se detalla.

Antes del desarrollo del modelo en coeficientes y variables, se detalla el coeficiente de correlación múltiple observado, el valor del estadístico F-Fisher y el límite al 1% de significación de la correspondiente prueba de hipótesis Fisher que valida el conjunto de las variables explicativas que participan en el modelo.

Debajo de la variable endógena o explicada, se especifica su media representada por $\overline{xxx.xxxxx}$, su desvío standard en la muestra y el error standard de la estimación.

MODELO GENERAL PARA HOMBRES MAYORES DE 14 AÑOS

Explicación de la probabilidad de participar en la PEA, para todo varón mayor de 14 años

(1.1) $\hat{P}_h = f_h(\mathcal{X}_h)$ Participa en los modelos recurrentes: (1.1, 3.1, 3.3) (1.1, 2.1, 2.3)

13 variables Correlación múltiple 0.674

F-Fisher 259.305 (límite al 1% 3.16 $F_{0,99}$)

$\hat{P}_h$ = - 0.01383 - 0.00050 E.LAB^2 + 0.02184 E.LAB + 0.00006 I.AD + 0.00003 TSH + 0.05303 E.IND

-24- -31- -30- -18- -17- -2-

0.75049	t(-6.167)	t(3.654)	t(6.467)	t(6.888)	t(6.764)
0.43278	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.25)
0.32	0.00008	0.00598	0.00001	0.00000	0.00784

+ 0.00769 E.PRIM + 0.02438 SECUND + 0.04559 PREP + 0.07682 SP + 0.02511 A

-1- -3- -4- -29- -9-

t(0.00538)	t(3.857)	t(3.132)	t(2.220)	t(3.151)
(12.5) *	(0.25)	(0.25)	(1.25)	(0.25)
0.00538	0.00632	0.01456	0.03460	0.00797

- 0.00025 A^2 + 0.01666 EM - 0.00513 EF

-10- -5- -7-

t(-3.019)	t(0.942)	t(-0.585)
(0.25)	(25.0) **	**
0.00008	0.01768	0.00878

EXPLICACION DEL SALARIO DE LOS HOMBRES PEA, JEFES DE HOGAR

(2.1) $\ln \hat{w}_1 = G_{2,h} \ (\mathbb{X}_{2,h})$ Participa en el modelo recurrente: (1.1, 2.1, 2.3)

12 Variables Correlación múltiple 0.522

F-Fisher 67.188 (límite al 1% 3.36 $F_{0.99}$)

$\ln \hat{w}_1 = 5.48707 - 0.30978\ SP + 1.29632\ A + 0.0550\ E.IND. + 0.00011\ I.AD$

=15-		-29-	-8-	-2-	-18-
7.03791		t(-3.093)	t(15.223)	t(2.376)	t(4.656)
0.74080		(0.25)	(0.25)	(1.25)	(0.25)
0.634		0.10016	0.08516	0.02336	0.00002

$0.25747\ MI + 0.36671\ PREP + 0.14165\ SECUND + 0.17626\ EF$

-6-	-4-	-3-	-7-
t(5.955)	t(7.980)	t(7.216)	t(6.769)
(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.25)
0.04324	0.04595	0.01963	0.02604

$+ 0.04892\ E.PRIM + 0.07207\ EM + 0.06056\ A - 0.00065\ A^2$

-2-	-5-	-9-	-10-
t(3.390)	t(1.449)	t(7.543)	t(-7.425)
(0.25)	(12.5) *	(0.25)	(0.25)
0.01443	0.04974	0.00803	0.00009

EXPLICACION DE LA PROBABILIDAD DE ESTAR OCUPADO PARA HOMBRES PEA JEFES DE HOGAR

(2.3) $\hat{E}_{2,h} = H_{2,h}$ ($X_{2,h}$ ln $\hat{w}_1$, ln $\hat{w}_2$) Participa en el modelo recurrente:
(1.1, 2.1, 2.3)

7 variables Correlación múltiple 0.239

F-Fisher 18.683 (límite al 1% 5.65 $F_{0.99}$)

$\hat{E}_{2,h}$ = 0.56610 - 0.00048 ln $\hat{w}_2$ + 0.06108 ln $\hat{w}_1$ - 0.01064 PROF - 0.00001 A^2

-25- -16- -15- -8- -10-

0.96722	t(-0.368)	t(10.516)	t(-0.417)	t(-1.589)
0.17810	**	(0.25)	**	(12.5) *
0.173	0.00129	0.00581	0.02554	0.00000

- 0.01137 EM - 0.00188 AESC + 0.00507 EF

-5- -32- -7-

t(-0.859)	t(-1.195)	t(0.765)
(0.50) **	(12.5) *	(50.0) **
0.01323	0.00157	0.00662

BIBLIOGRAFIA

Johnston, J. : Métodos de Econometría
1967- Universidad de Manchester - Inglaterra

Kmenta, Jan : Elements of Econometrics
1971- EE.UU.

Lebart, Ludovic; Fenelon, Jean Pierre, :
Estatistique et Informatique Appliquees.
1975 - Francia - Ed. Dunod

Merril, William; Fox, Karl, : Introducción a la Estadística Económica
1970 - Universidad de Iowa

Pindyck, Robert S.; y Rubierfeld Daniel h.,:
Econometric Models An Economic Forecasts.
1976 - EE.UU.

Wonnacott, Thomas H.; Wonnacott, Ronald J.:
Introductory Statistics for Business and Economics.
1962 - N. York

.....

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

CAPITULO M

COMPUTACION EN EDUCACION

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

LABORATÓRIO DE MATEMÁTICA COMPUTACIONAL

Dalcidio Moraes Claudio
Laira Vieira Toscani

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Pós-Graduação em Ciência da Computação
Ipirange 853, Porto Alegre, Brasil.

OBJETIVOS

São apresentados os objetivos e a natureza da Matemática Numérica, sendo definido o conceito de "algoritmo numérico" e os critérios de eficiência e eficácia de um algoritmo.

É feita uma análise isolada das partes que constituem um processo de solução de um certo problema, desde a aplicação do modelo-matemático até o truncamento das iterações.

Pretende-se com isso obter que o estudo da Matemática Numérica passe a ser menos algoritmico e mais criativo, onde a aplicação de um método seja apenas uma parte do processo e não o processo em si.

Este trabalho faz parte do projeto "Laboratório de Cálculo Numérico", parcialmente financiado pela FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos.

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento dos computadores nas duas últimas décadas, a aplicação de métodos numéricos à resolução de problemas técnicos e científicos teve um notável crescimento, haja visto a sensível melhora em exatidão e tempo de resposta.

Não tentaremos aqui formalizar uma definição de Matemática Numérica, nos bastará uma idéia bem próxima. Entendemos por Matemática Numérica o desenvolvimento de métodos operacionais construtivos para resolução de problemas que se deixam representar em forma matemática.

Por métodos construtivos entendemos todo método que envolve apenas um sistema com um nº finito de operações elementares não ambíguas dadas 'a priori', utilizadas em um número finito de vezes e que "construirão" todo o processo de cálculo envolvido.

Dentro da Matemática Numérica foi escolhido o sistema de operações aritméticas, passando estas a constituir o elemento básico e comum a todos métodos empregados pela primeira. Tal escolha é devido a facilidade da implementação automática, facilidade de compreensão pelo homem e possibilidade de, em se combinando, serem capazes de "construir" métodos mais complexos.

A Matemática Numérica tem por objetivos estudar processos numéricos (algoritmos) para solução de problemas visando a máxima economia em termos dos fatores envolvidos.

ALGORITMOS

O conceito de algoritmos é importante, uma vez que a Matemática Numérica faz dele uma de suas principais ferramentas.

O algoritmo, enfocado de um modo não formal, é não mais que uma seqüência de instruções ordenadas de maneira a dar em seu decurso uma solução para um problema específico. Tais instruções devem aparecer em número finito e ser executáveis mecânicamente com uma quantidade limitada de esforço.

Um algoritmo poderá depender ou não de informações iniciais (entrada), mas terá obrigatoriamente que produzir uma informação final (saída).

ALGORITMOS NUMÉRICOS

Não proporemos aqui nenhuma definição exata, exigindo que o leitor tenha apenas uma idéia intuitiva. Para uniformizar esta idéia tão essencial ao decorrer do trabalho, citaremos as principais características de algoritmos numéricos.

1) Inexistência de Erro Lógico

Esta característica se baseia na " exigência" de que:

i) haja um ponto de partida, mesmo não havendo entradas;

ii) haja finitude das instruções e continuidade de uma em outra até uma instrução de parada, tendo havido no mínimo uma saída.

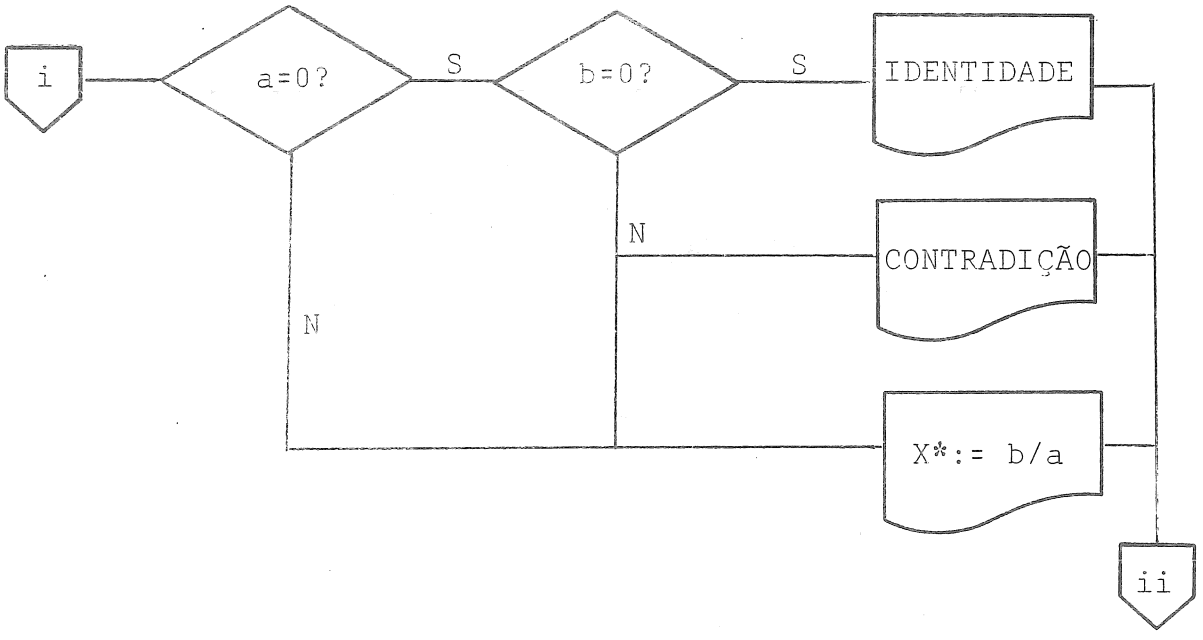
Isto implica em uma previsão completa de todas as tendências do processo, como deixa claro o seguinte exemplo:

Exemplo:

Procura-se a solução X* da equação ax = b
Falso seria, logicamente, substituir X* = b/a
O caso exigiria a seguinte análise:

$$X^* := \begin{cases} a = 0 \begin{cases} \text{para } b = 0 & \text{IMPRIMA: IDENTIDADE} \\ \text{para } b \neq 0 & \text{IMPRIMA: CONTRADIÇÃO} \end{cases} \\ a \neq 0 \qquad\qquad \text{IMPRIMA: } b/a \end{cases}$$

diagrama:



2) Inexistência de Erro Operacional

Seja T o conjunto dos números possíveis de serem representados por uma máquina e que valha:

i) $\forall\, x \in T,\ -x \in T$

ii) $\exists\, t_1, t_2 \in T$ tal que
$t_1 := \inf \{x/x \in T \wedge x > 0\}$
$t_2 := \sup \{x/x \in T \wedge x > 0\}$

xigência ii é: não deve ocorrer valores Y que satisfaçam $|Y| < t_1$ UNDERFLOW) ou $|Y| > t_2$ (OVERFLOW).

Exemplo:

Seja $z := x + iy \in \mathbb{C}$; $x,y \in \mathbb{R}$
Procura-se o valor absoluto de z, i é, $|z| = \sqrt{x^2 + y^2}$.
Aqui poderíamos ter overflow de x^2 ou y^2 embora valha $x^2 + y^2 \leq t_2$, como no caso em que $x = 0$ e $y = t_2$. Aqui não temos erro lógico mas sim aritmético.
Uma solução seria:

$$z := \begin{cases} 0 \text{ para } x = y = 0 \\ |x|\sqrt{1 + (y/x)^2} \text{ para } |x| \geq |y| \\ |y|\sqrt{1 + (x/y)^2} \text{ para } |y| > |x| \end{cases}$$

que satisfaz 1 e 2.

3) Quantidade finita de cálculos

O algoritmo usado deve terminar após um número finito de passos. Seria aconselhável se o número de ciclos ou passos fosse estimado 'a priori'.

Aqui faz-se necessário um critério de parada, ver 1 .

4) Existência de um Critério de Exatidão

Todo o resultado, em virtude das limitações de precisão da máquina e exatidão desta e do método, deverá enquadrar-se em um critério de exatidão fornecido de antemão de modo a possibilitar que um resultado aceitável seja escrito na forma:

Resultado: = Valor Aproximado + Limite de Erro

5) Com precisão infinita os limites de erro devem convergir a zero

Essa exigência estabelece a dependência entre a solução ideal em $\mathbb{R}$ e a solução de máquina. Sem essa condição de convergência a solução de máquina não precisará necessariamente estar relacionada com a solução em $\mathbb{R}$.

6) Eficiência

Quando se deseja encontrar a solução para um pro-

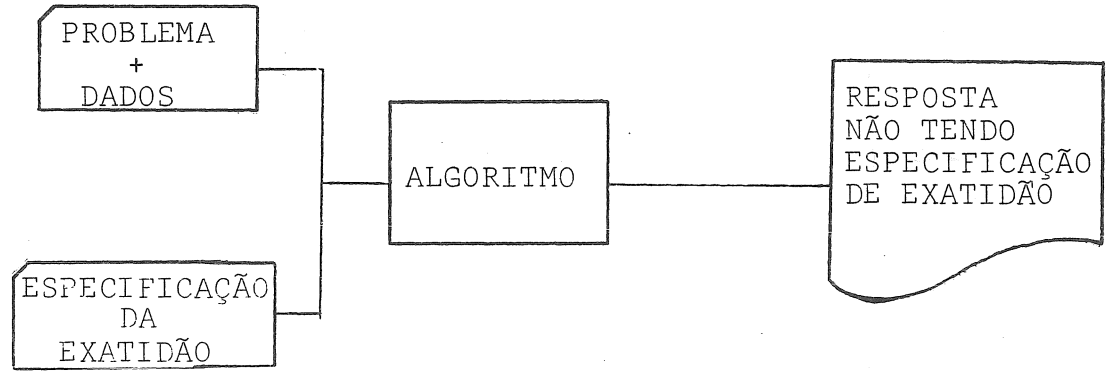
blema, sempre visamos obter economia, então prevemos um certo conjunto de condições com respeito a fatores envolvidos no processo de solução e, conforme o resultado que queremos obter, estabelecemos um compromisso entre estas condições de modo a favorecer aquelas que nos forem mais vantajosas no caso. Tais fatores são: tempo, precisão, volume de dados de referência, volume de memória (computador), dificuldades de representação, etc... Sobre eles formulamos condições tais como rapidez, alta precisão, poucos dados de referência, menor espaço de memória, facilmente representável, etc...

Podemos inclusive pensar em termos mais concretos, estabelecendo um conceito, ainda que incipiente, de custo operacional por quantidade de informação ou seja, ponderar com um certo custo relativo cada um dos fatores (também chamados esforços) e depois computá-los em busca da mínima soma que nos possibilite, a máxima satisfação de nossos objetivos.

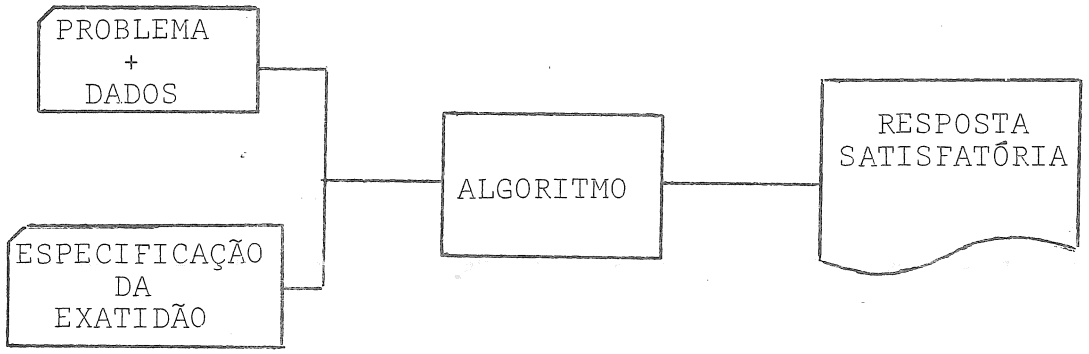
Faz-se necessário, agora, salientar a diferença, para fins da Matemática Numérica, existente entre eficiência e eficácia dos processos de cálculo.

Eficácia é a capacidade do processo em produzir uma resposta correta para o problema dado, enquanto que eficiência, além de intuir a idéia anterior, exige que o processo seja econômico nos termos que se cita acima.

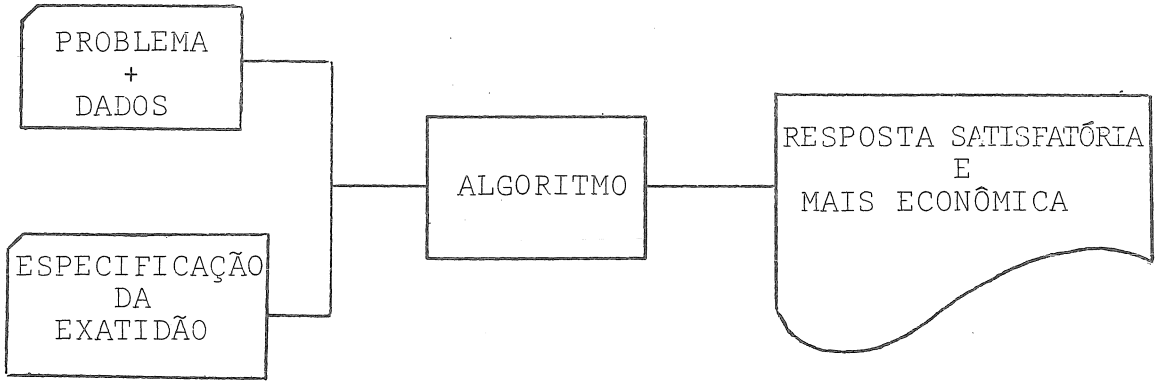
Algoritmo não eficaz é aquele que não consegue trazer uma resposta satisfatória a um problema dado:



Algoritmo eficaz é aquele que produz uma resposta satisfatória, dentro do critério de exatidão, mas pode deixar de ser satisfatório na medida em que é anti-econômico.



Algoritmo eficiente é aquele, dentre os algoritmos eficazes, que produz a melhor resposta em termos de custo operacional, i é, produz uma resposta mais vantajosa.



Exemplo:

Um exemplo clássico de eficácia com ineficiência é o algoritmo de CRAMER para solução de Sistemas de Equações Lineares n x n.

Tal algoritmo envolve no mínimo (n + 1)! n - 1 operações aritméticas (n = ordem do sistema). Analise o quadro a seguir:

MÉTODO	n = 5	n = 10	n = 20
CRAMER: determinantes pela definição	2,5s	3,4 dias	20 milhões de anos
CRAMER: determinantes por LAPLACE	0,45s	6 min	5 meses
GAUSS: método de eliminação	36 ms	0,22s	1,5s

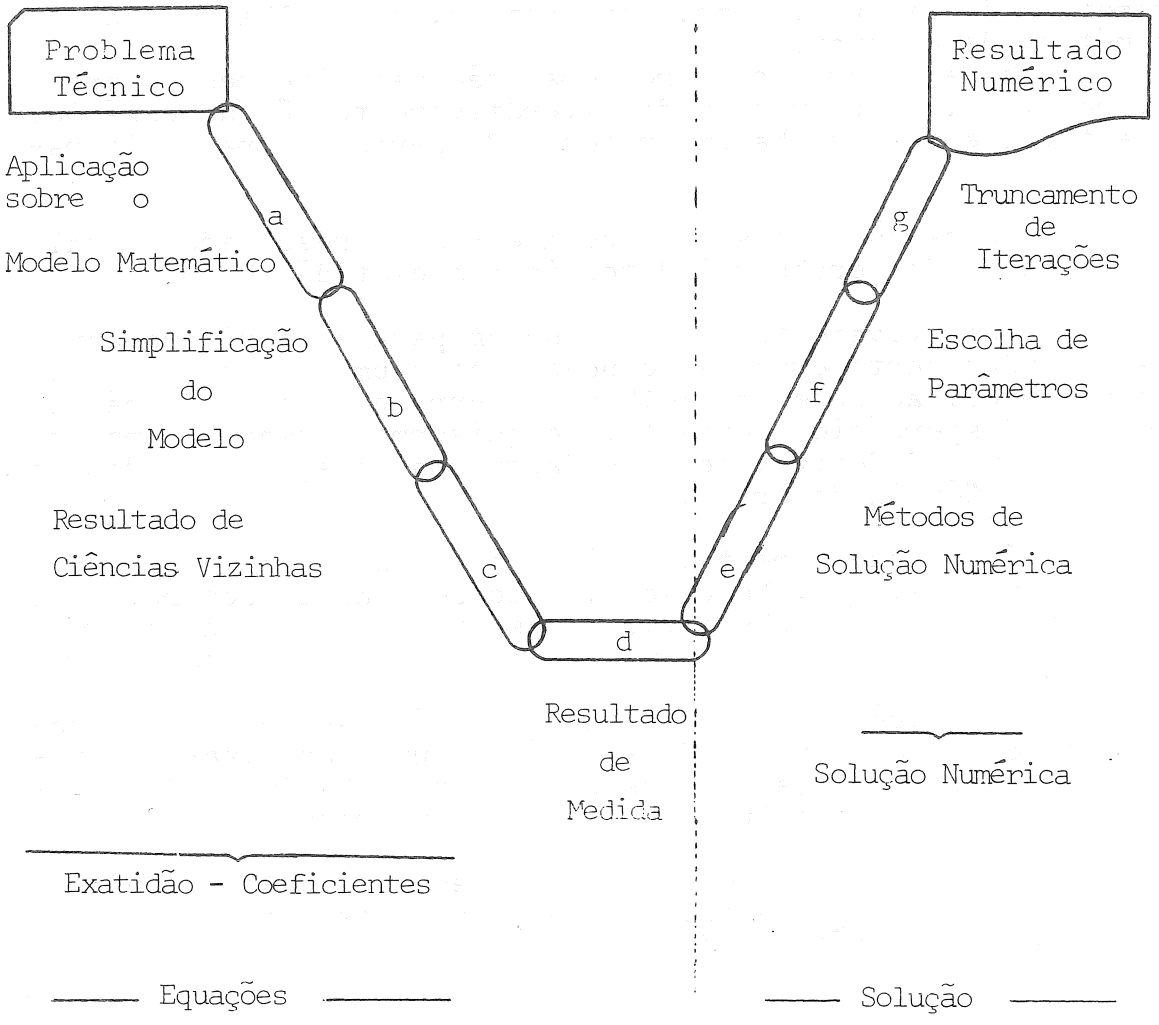
O método de CRAMER é ineficiente por disperdiçar o fator tempo chegando ao ponto de ser em termos práticos impossível a solução.

Obs.: A tabela anterior foi construída para um computador que realiza adições e subtrações em 60 μs e multiplicações em 400 μs.

RESOLUÇÃO DE UM PROBLEMA GENÉRICO

Dado um certo problema técnico, para chegarmos a um resultado numérico, faz-se necessário percorrer uma seqüência pré-estabelecida de passos isolados, dizendo respeito cada um deles, a um procedimento específico da solução. Para cada um destes procedimentos existe uma parcela, também específica, de erro que se acumula ao montante final de erros. Desejamos detalhar, um a um, os passos envolvidos no processo, conforme sua modalidade de atuação, visando com isso, descobrir as causas de cada tipo de erro e sugerir meios de eliminá-los ou minimizá-los.

Idéia da cadeia de passos para solução Numérica



a) o problema técnico precisa ser aplicado sobre um modelo matemático para ser passível de interpretação e conseqüente solução.

b) acontece, de modo freqüente, que o modelo usado para uma certa solução numérica necessita simplificações. A essa etapa também pertence a aproximação de valores de contorno.

c,d) nas equações ocorrem coeficientes, os quais foram obtidos de ciências vizinhas, como, por exemplo, Termodinâmica ou de medidas, e, por isso, já providos de erros.

Obs.: Neste ponto, nós já dispomos das equações a serem resolvidas pelas máquinas digitais.

e) é preciso escolher um método numérico de solução.

f) no método de solução devem ser escolhidos certos parâmetros de cálculo, como, por exemplo, a escolha do "passo" num método de diferenças.

g) a maioria dos problemas são não-lineares e precisam, por isso, ser resolvidos iterativamente. É necessário, portanto, que se escolha um critério de parada para a iteração.

Todos esses passos causam erros no resultado final. Aqui, o maior dos erros vai determinar a exatidão.

Intuitivamente: se a passagem para a teoria da aproximação induz certo erro na solução, então uma iteração com uma certa precisão pode não melhorar o erro e o tempo de cálculo é mero disperdício. Portanto, se quisermos usar o tempo de cálculo de modo efetivo, devemos fazer uma análise cuidadosa da nossa seqüência de erros.

É, frequentemente, difícil dizer algo sobre os erros que ocorrem em a. e b. No caso b. pode-se usar um controle "a posteriori", isto é, substituir o resultado aproximado nas equações iniciais e assim obter uma idéia sobre a grandeza do erro.

A influência das constantes empíricas (em c e d) sobre a solução pode ser obtida através de uma análise-sensitiva. Observa-se a solução com os coeficientes $\pm$ limite de erros, o que mostra a influência dos erros no resultado final.

A seqüência de erros que os passos a. até d. induzem são dados fixos e, portanto, não mais sujeitos a melhoras pela escolha de outros métodos de solução.

BIBLIOGRAFIA

1. CLAUDIO, Dalcidio M. Laboratório de Cálculo Numérico. Porto Alegre, UFRGS/CPGCC, 1980-1981.

2. PARLETT, Beresford. Progress in Numerical Analysis. Siam Review, 20(3), July 1978.

3. EVANS, D. J. Software for Numerical Mathematics. London, Academic Press, 1974.

4. FORSYTHE, George, E. et alli. Computer Methods for Mathematical Computations. Englewood Cliffs, N.J., 1977.

5. WILKINSON, J. H. Rouding Errors in Algebraic Process. Englewood Cliffs, N. J. Prentice-Hall, 1963. (Notes on Applied Science, 32).

6. CONTE, S.D. & de BOOR, C. Elementary Numerical Analysis, on algorithmic approach. New York, McGraw-Hill, 1972.

7. STOER, Josef. Einführung in die Numerische Mathematik I. Berlin, Springer Verlag, 1976.

8. JENNINGS, Alan. Matrix Computation for Engineers and Scientists. New York, John Wiley, 1973.

9. WILKINSON, J.H. & REINSCH, C. Handbook for Automatic Computation. Berlin, Springer, 1971. v.2.

10. JOHNSON, L. W. & RIESS, R. D. Numerical Analysis. Massachusetts, Addison-Wesley, 1977.

11. FORSYTHE, G. & MOLER, C. B. Computer Solution of Linear Algebraic Systems. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1967.

12. SHOUP, Terry E. A practical Guide to Computer Methods for Engineers. Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1979.

13. DORN, W. S. & Mc CRACKEN, D. D. Cálculo Numérico com Estudos de Casos em Fortran IV. Rio de Janeiro, Campus, 1978.

14. ALBRECHT, Peter. Análise Numérica - um curso moderno. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1973.

15. SOUTHWORTH, R. W. & DELEEUW, S. L. Digital Computation and Numerical Methods. New York, McGraw-Hill, 1965.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

INSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO ASSISTIDA POR COMPUTADOR.TECNICAS E APLICAÇÕES.

Neron Arruda Leonel
Suelena Porto Klein

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Centro de Processamento de Dados
Av. Osvaldo Aranha 99, Porto Alegre, Brasil.

A partir da metade da década de 70, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul passou a preocupar-se em oferecer aos seus alunos um melhor nível de ensino e aprendizagem. O número de alunos ingressantes pelos concursos vestibulares aumentava, e as turmas precisavam ser expandidas para atender a demanda.

Nas disciplinas de processamento de dados, atualmente, concorrem mais de 1500 alunos, por semestre, gerando turmas de 50 a 60 alunos. Com este número elevado de estudantes, por turma, o atendimento individualizado tornou-se praticamente impossível. Assim, buscou-se um novo meio de ensino que viesse auxiliar professor e dar-lhe condições de apoio as atividades desenvolvidas em sala de aula - o uso do computador.

Idealizou-se um software que possibilitasse ao professor apresentar cursos, reforçar conteúdos e avaliar os estudantes, através de terminais de vídeo. Para que essa ferramenta fosse eficiente, escolheu-se uma técnica de ensino individualizado reconhecidamente como uma das melhores neste estilo: "A Instrução Programada".

Uma primeira versão deste software encontrava-se em teste piloto, em 1978, quando então duas turmas de alunos

eram avaliadas utilizando-se avaliação formativa baseada em tecnologia de testes de múltipla escolha, com realimentação sistemática em função das respostas dos alunos.

Várias reformulações foram feitas neste software, visando alcançar, cada vez mais, a melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

Atualmente, ele é usado não só como um meio de avaliação, como também para fornecer cursos das disciplinas de processamento de dados, através de terminais. Também o treinamento dos professores, para utilizarem o sistema e de alguns funcionários do CPD é possível fazer-se usando o sistema desenvolvido.

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma visão geral das técnicas utilizadas e o software resultante, as experiências feitas e resultados obtidos. O software foi desenvolvido na Divisão de Computação do Centro de Processamento de Dados da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob o nome de SISCAI (Sistema C.A.I. - Computer Assisted Instruction).

INTRODUÇÃO: Computadores e Educação.

"O ingresso do computador moderno nos contextos educacionais data da metade da década de 1950 trazendo um novo conjunto de possibilidades.

Os primeiros computadores não eram de todo de confiança e seu custo era muito grande. Agora com os de terceira geração, o custo é maior ainda, mas são suficientemente rápidos e eficazes, para reduzir o custo de uma hora de ensino por aluno a uma cifra pequena, que pode estar por volta de vinte e cinco centavos de dólar, levando em conta os custos do desenvolvimento de programas, direitos do autor, linhas de comunicação com lugares distantes, etc. Esta cifra é competitiva comparada com o custo do ensino em sala de aula.

Dentre as vantagens do emprego do computador, em educação, estão o maior controle e monitorização do estudante com o material de estímulo e a maior capacidade de processamento complexo de dados procedentes das respostas dos alunos. O computador pode coordenar vários dispositivos como unidade de filmagem, armazenamento, apresentação de sons, monitores de televisão, dispositivos especiais para as respostas dos estudantes, além do teclado de teletipo atualmente em uso. Quanto a segunda vantagem criada, além de armazenar a analisar dados maciços sobre as respostas dos estudantes (rapidez, correção, respostas armadas livremente, etc.), pode empregar um sistema lógico complexo para adotar decisões quase instantâneas sobre as respostas, e sobre qual o material seguinte a ser apresentado.

Outra vantagem é que o computador pode estabelecer um diálogo livre entre os estudantes desde que este seja capaz de transmitir respostas pelo teclado.

Quanto às desvantagens, não é possível avaliar respostas orais nem motoras dos estudantes, a menos que sejam traduzidas para a entrada digital que o computador exige. É limitado ao intercâmbio de informações alfanuméricas com o estudante, e a apresentação (não a recepção e avaliação) do material visual e auditivo.

Das formas de aplicar o computador ao ensino destaca-se o ensino "ajudado por computador", onde o estudante trabalha de forma contínua com éste, e o ensino "dirigido por computador" quando ele é um auxiliar do professor para administrar e guiar o processo de ensino, mas o aluno não se acha conectado continuamente com ele.

No primeiro caso, aplicam-se muitos princípios de ensino programado: análise cuidadosa dos objetivos educacionais; desenvolvimento de programas mediante aplicação experimental e revisão; emprego de pequenos passos; emprego de realimentação imediata para confirmar as respostas.

O processo de avaliação integra-se com o material escrito do programa, e a eficiência do ensino é julgada em função da velocidade e eficiência com a qual os estudantes alcançam os objetivos propostos.

No futuro, o computador possibilitará oferecer maior número de cursos diferentes a um maior número de alunos, garantirá o alcance dos objetivos educacionais por parte destes, numa medida anteriormente impossível. Isto graças a aplicação inteligente dos princípios de medida e avaliação educacionais. De forma concreta, o computador:

> Devido a sua capacidade de armazenar e analisar resposta do aluno, facilitará a "análise de itens" do conteúdo de ensino e aplicação experimental e revisão dos programas.
>
> Poderá diagnosticar rapidamente o estado inicial de conhecimentos do estudante em um certo tema, "ramificando-o", para que siga seu trabalho com material fácil ou difícil, segundo suas necessidades. Em segundo lugar, administra uma grande quantidade de materiais de teste no curso de um programa; não permite ao estudante avançar no programa a menos que demonstre em determinados pontos de alcançou o domínio do tema. Em terceiro lugar, pode administrar facilmente a aplicação dos testes estandarizados, proporcionando rapidamente não só o texto básico convencional como informação diagnóstica sobre diferentes tipos de dificuldades, informação sobre velocidade e acerto de respostas, etc. O emprego de consoles em localidades distantes possibilita a administração simultânea de testes padrões em áreas geográficas amplas, e ainda administração computadorizada de testes em escala nacional.

Pode acumular e analisar dados sobre grandes quantidades de estudantes: dados sobre características pessoais, desempenho na apredizagem, antecedentes de diversos tipos, etc. Facilitará o grau de avaliação de diferentes programas de ensino e a tabulação de resultados.

É possível elaborar sistemas dentro dos quais o computador pode avaliar as respostas livres dos estudantes com tanta validade e maior eficácia que os professores.

Pode empregar-se para diferentes tipos de análise de conteúdo do material de ensino.

Para que o computador e outros meios educacionais alcancem o máximo de utilidade em educação, faz-se necessário um intenso trabalho de investigação e desenvolvimento, que empregue tecnologia da medida e avaliação junto a outras. Para isto é necessário que se formem mais especialistas em investigação e desenvolvimento, se capacitem os professores e diretores para utilizar com mais eficiência, investigação e o desenvolvimento, e se forneçam os fundos adequados para todas essas atividades." 11

TÉCNICAS DE ENSINO E AVALIAÇÃO UTILIZADAS NO SISTEMA SISCAI.

INSTRUÇÃO PROGRAMADA

Proveniente de um longo processo evolutivo e valiosa colaboração de educadores, a instrução programada só teve sua aplicação prática, no campo educacional, nestes últimos anos. Apesar de seus conceitos mais importantes serem frutos de laboratórios de psicologia experimental (principalmente de análise e a predizagem), e de independer de sistemas mecânicos, seu desenvolvimento iniciou com uma pequena "máquina de ensinar", fabricada em 1926 pelo professor Sidney Pressey. Com características semelhantes as modernas, esta máquina restringia-se à aplicação de testes de múltipla escolha e fornecia a correção imediata após a resposta do aluno. Portanto, além de desempenhar a função de aplicar testes, ela também desempenha a importante função de propiciar ao aluno a discriminação entre as respostas corretas e incorretas e fazer transferência desses conhecimentos a outras perguntas.

As descobertas e pesquisas de Pressey só tiveram novo e importante impulso com os trabalhos e pesquisas de B.F. Skinner que se dedicou a examinar as limitações impostas ao professor, em sala de aula e os eventos que determinam a aprendizagem.

A aprendizagem deveria ser uma atividade agradável e não uma fonte de aborrecimentos e frustrações. Muitos desses aborrecimentos são causados pelos temores e fracassos decorrentes de uma situação de aprendizagem mal preparada, de materiais deficientes ou enfoques não apropriados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Instrução Programada tem fundamentação teórica predominantemente científica e consiste na aplicação direta de investigações.

A idéia básica da instrução programada é que o processo de aprender é mais agradável, eficiente e permanente, quando o aluno não comete erros (ou quando estes ocorrem em proporção mínima).

Observa diversos aspectos, caracterizando-se por apresentar ao aluno, com poucos conhecimentos, pequenos conteúdos através dos quais ele adquire novos conhecimentos, chegando até a dominar assuntos bem complexos, devido ao pequeno numero de erros, aos reforços (realimentação) adequados e a sua participação. Outra característica desse método é que o aluno pode seguir seus estudos num ritmo próprio. São, portanto, quatro os princípios que regem a Instrução Programada:

- "Princípio dos Pequenos Passos
- Princípio de Resposta Ativa
- Princípio de Imediato Conhecimento dos Resultados
- Princípio do Ritmo Próprio".[7]

Em instrução programada todo material irrelevante que é oferecido junto ao conteúdo intencional, deve ser evitado.

Os estágios da produção:

a. Preparação
b. Redação do Programa
c. Testes e Revisão

ESTÁGIO I: Preparação

Neste estágio o professor (autor ou programador) avalia suas possibilidades, as facilidades de que dispõe, as ajudas que pode receber, a matéria que vai programar, determina as características dos alunos aos quais se destina o programa.

Fases de preparação: Para melhor organizar o trabalho, divide-se a preparação em seis fases, que devem ser executadas nessa ordem:

a. Escolha do assunto:

b. Esboço do assunto: Nesta fase se determina o quanto o assunto será abordado e a profundidade, o número de alunos a que se destina o programa, suas idades, sexo, procedência, habilidades e interesses.

c. Definição de objetivos: Os objetivos serão traduzidos por proposições que descreverão quais os comportamentos esperados ao final do curso.

d. Especificação dos pré-requisitos: Identificar os conteúdos mínimos que o aluno deve ter para fazer o curso.

e. Teste de critérios (Pós-teste): Testes que o aluno responde depois de fazer o curso e que servem para medir sua aprendizagem.

f. Desenvolvimento do esboço.

ESTÁGIO II: Redação do Programa.

Existem dois tipos básicos de programas em Instrução Programada. O linear ou extrínseco, desenvolvido por SKINNER, e o intrinseco ou ramificado elaborado por CROWDER.

Estes programas diferem pelo tipo de resposta solicitada ao aluno, pela forma de apresentação, pelo tipo de seqüência que é seguida, pela incidência de erro, pela forma de comparar respostas.

Quanto ao tipo de resposta solicitada ao aluno, estas podem ser aberta ou autoconstruída e reposta intrínseca ou de escolha múltipla. A primeira é defendida por Skinner como resposta que requer "evocação" ou "recordação" exigindo que o aluno reproduza uma resposta e não apenas a reconheça. A segunda, escolha múltipla, é definida por Crowder como sendo a que verifica se a comunicação contida no quadro foi estabelecida realmente, ou apenas de forma aproximada. Possibilita a discriminação de conteúdos aprendidos e, ao aluno, a possibilidade de continuação do programa.

Num programa linear, os quadros são pequenos e acham-se seqüencialmente dispostos. O aluno lê o quadro, escreve a respostas e vai ao quadro seguinte para confirmar sua resposta e receber novas informações. Considerando que o acerto na resposta é de vital importância para a motivação, 5% de erros em um quadro de programa linear é considerado um quadro defeituoso, que exige revisão.

Normalmente, usa-se um programa linear para ensinar conceitos simples. É um programa bastante repetitivo, assim não deve ser empregado para alunos que tenham mais capacidade de aprendizagem porque gera desinteresse.

Veja na figura 1, um exemplo de um programa linear.

Elevar ao quadrado os números com 2 dígitos que terminam em 5.

1. A fim de elevar um número ao QUADRADO, multiplique-o por ele próprio. Exemplo: para elevar 3 ao quadrado, multiplica-se 3 vezes 3. A resposta é nove. Da mesma forma: a fim de elevar 6 ao quadrado, multiplica-se 6 vezes 6. A resposta é 36
2. O quadrado de 8 é: 8 vezes 8, ou 64. O quadrado de 5 é: 5 vezes 5 ou 25
3. O quadrado de 7 é 49. O quadrado de 3 é 9

Figura 1. (Lysaught, Jerome - Guia de Instrução Programada 1974).

Considerando-se que o sistema SISCAI pode ser usado para qualquer tipo de curso ou prova e aplicado em alunos de qualquer nível, optou-se pelos programas ramificados, cujas características são as seguintes:

1. seqüências mais longas;
2. a exigência de um esforço maior de reflexão por parte do aluno;
3. a resposta é dada em forma de escolha entre alternativas apresentadas e não como uma elaboração pessoal;
4. especifica-se ao aluno que ele cometeu um erro e procura-se orientá-lo no caminho certo;
5. a seqüência não é a mesma para todos os alunos: existe um tronco central que todos percorrem mas com diversas etapas a sua volta conforme as respostas dadas;
6. atende a diferenças individuais.

Com este tipo de programa, alunos mais bem dotados tem condições de aprender mais rapidamente, pois é possível fornecer-lhes um maior número de informações em menor tempo e o número de respostas incorretas é bem menor. Os outros alunos progridem em processo mais lento, mas suas necessidades são atendidas porque o aluno recebe explicações adicionais, conforme a resposta escolhida.

A figura 2 a seguir, representa a seqüência de um programa intrínseco.

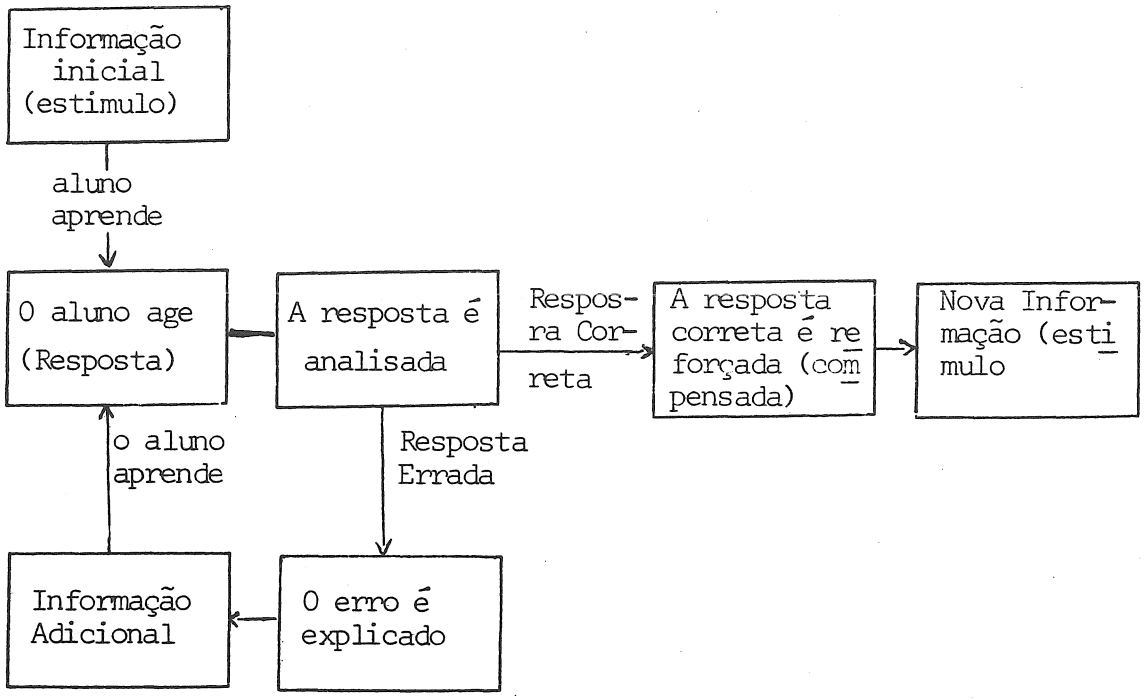


Figura 2. (Almeida, Maria Angela V.de, Instrução Programada, - 1970).

Para Crowder a diferença básica entre seu método e o de Skinner é o propósito com que a resposta é dada e a posterior utilização da mesma. Enquanto no programa linear o fato de emitir uma resposta significa passar à etapa seguinte, no ramificado essa resposta é usada para determinar se a informação posterior será apresentada logo a seguir, ou se o material adicional será necessário.

Uma das formas de apresentação de um programa ramificado é em livro, normalmente conhecido como livro embaralhado. Isto porque o vai e vem entre as páginas, ocasionado pelas respostas do aluno, pode causar confusão a este. Este tipo de problema é evitado no uso de terminais de vídeo porque os desvios dentro do programa são transparentes ao estudante.

Resumindo, caracterizar o tipo de resposta, o tipo de questões, o formato, o uso de ilustrações, etc., significam determinar as características do programa.

Observe o trecho de programa intrínseco da figura 3.

CEDINFOR

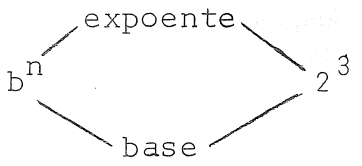
Um exemplo de programa ramificado.

PAGINA 1

Define-se o símbolo b^n como "o produto que obtem-se quando usa-se o número b como fator n vezes". Assim, por exemplo:

2^3 = 2x2x2 = 8
3^2 = 3x3 = 9
b^2 = bxb
etc.

Aprende-se também que numa expressão da forma b^n o número b é donominado BASE e o número n é denominado EXPOENTE.



Finalmente foi visto que uma expressão numérica como 2^3 é denominada "a 3ª potência de 2" ou "2 elevado a potência 3" e assim por diante.

Obtem-se a seguir uma pergunta de revisão do que acabamos de estudar. Escolha uma resposta e dirija-se à página indicada à frente da resposta que escolheu. A questão é a seguinte:

2^3 = ...

Resposta	Página
8	5
9	9
Não sei	13

Figura 3. (Lysaught, Jerome - Guia de Instrução Programada, - 1974).

ESTÁGIO III: Testagem e Revisão.

É nesta fase que se testa a eficiência do programa. Existem dois tipos de teste: o de processo ou de campo e o teste de critérios.

Teste de Processo (campo) é aplicado durante a elaboração do programa, num grupo pequeno de alunos (de 10 a 15), para avaliar os quadros individualmente. Mede a comunicabilidade e eficácia do programa, verificando se o aluno consegue percorrê-lo todo cometendo poucos erros, se a linguagem é acessível, os exemplos adequados, os exercícios bem dosados. A eficácia do programa refere-se a compreensão ou entendimento do mesmo.

A finalidades deste teste é determinar os quadros de defeituoso e se possível o tipo de defeito. Os alunos em quem se aplica este teste, recebem o programa respondendo-o em folhas adequadas. Pode-se solicitar comentários nesta folha, quanto a compreensão e dificuldades do quadro. Também o programador deve fazer observações quanto a motivação, hesitação,etc. É necessário estabelecer o tempo que cada aluno leva para responder essa amostra. Para isso solicita-se que o aluno anote a hora de inicio e de término do programa. A avaliação é feita através de uma tabela ou grade de correção de dupla entrada.Nas linhas horizontais tem os nomes dos alunos e nas verticais, os números das respostas. Ao ser feita a correção, assinala-se as respostas erradas e na última linha toma-se o total de erros por quadro. Pode-se calcular o total de erros por aluno, na última coluna.

Exemplo da Tabéla de Apuração:

Tabela 1. (Pereira, Helvécio B., Instrução Programada,1970)

Resposta / Aluno	1	2	3	4	5	6	7	8		30	31	32	33	TOTAIS
Aluno A														
Aluno B														
Aluno C														
Aluno D														
Aluno E														
Aluno F														
Aluno G														
Aluno H														
Totais: Erros/quadros														

" A soma do total de erros por quadro deve ser igual a soma dos totais de erros por aluno. A percentagem média de erro, por aluno, indica o grau de eficácia do programa." 7

O teste de critérios mede a eficiência do programa ou seja o quanto o aluno aprendeu. Deve abranger todo o programa , com situações novas e aplicações que possam ser envolvidas, usando-se os elementos fornecidos por ele, sem que as perguntas exijam outras informações. Este teste é alaborado dentro das especificações da Tecnologia de Testes.

TECNOLOGIA DE TESTES

PLANEJAMENTO

O teste de aproveitamento é o instrumento de medida que fornece informações sobre o desempenho de um indivíduo ou grupo de indivíduos.

"Exige cuidadoso planejamento que pode ser resumido nas seguintes fases:

1. Identificação dos Objetivos.
2. Seleção de áreas de conteúdos.
3. Preparo de Tabela de Especificação.
4. Seleção do Tipo de Item.
5. Elaboração de Itens. } Alterações
6. Revisão por um Técnico em Testes. } Alterações
7. Revisão por Especialista em Conteúdo. } Alterações
8. Montagem do Teste.
9. Elaboração das Instruções e Chaves de Correção.
10. Revisão de Provas Datilografadas.
11. Impressão do Teste".[8]

MONTAGEM

Quanto a montagem do teste esta, deve obedecer critérios pré-estabelecidos dependendo das instruções do examinador. De maneira geral a organização dos itens (questões) é feita:

"a. em ordem crescente de dificuldade: para não prejudicar a motivação do aluno ocasionando um desempenho global deficiente;

b. em áreas de conteúdo uniforme: questões sobre o mesmo assunto agrupadas, favorece o desempenho do examinado e facilita ao examinador a caracterização de deficiências do rendimento escolar;

c. segundo o tipo de comportamento exigido: esta disposição permite estabelecer até que ponto os objetivos propostos estão sendo realmente alcançados;

d. segundo apresentação formal: diferentes tipos de itens exigem diferentes procedimentos mentais, dessa forma para não criar inquietações,hã

recomendação de agrupar os itens segundo o seu tipo formal".[12]

A combinação dos vários critérios depende do examinador e para facilitar a tarefa será necessário a elaboração de uma tabela de especificação do tipo que segue:

Comportamento / Conteúdos	Conhecimento	Compreensão	Aplicação	Análise	Síntese	Avaliação	Total dos itens por área de conteúdo
			Número do item do teste				
Total de itens por comportamento							Total de itens do teste

Tabela 2. (Santarosa, Lucila M.C. - Instrução Modular em Medidas Educacionais, - 1975).

Os tipos de comportamento estão colocados em ordem crescente de complexidade, segundo a Taxionomia de BLOOM

TIPOS DE QUESTÕES

Dois são os tipos de questões: a dissertação é do tipo objetivo sendo que os últimos ainda se dividem em questões que o aluno dá a resposta e em questões que o aluno seleciona a resposta (complementação; V-F, combinação, escolha múltipla).

As avaliações elaboradas no sistema SISCAI utilizam respostas do tipo objetivo.

As questões do tipo objetivo devem aplicar-se a grupos grandes, dão imparcialidade na avaliação, e absoluta honestidade quanto ao critério para a correção, quando há necessidade de rapidez na correção.

APLICAÇÕES E CONCLUSÕES:

O Sistema SISCAI iniciou seus primeiros testes em 1978 quando foi usado para implementar avaliações através de terminais de vídeo. Um teste estatístico aplicado em alunos do pós-graduação da Faculdade de Educação foi a primeira experiência.

Após, implementou-se um sistema de avaliação formativa da disciplina Computação Básica Fortran dirigida a alunos de cursos de graduação, regularmente matriculados. Este sistema ao mesmo tempo que avalia o aluno, possibilita a imediata correção e reforço da resposta, através de feedbacks adequados à necessidade do estudante. Assim, se o aluno acerta a pergunta mas não tem certeza da resposta dada, uma realimentação para elucidar esta dúvida é apresentada. Da mesma forma, se ele acerta e diz que tem certeza um breve reforço lhe é dado: "Excelente sua resposta está correta. Siga Adiante". No caso de erro, com ou sem certeza, dois outros tipos de feedbacks são oferecidos. Este modelo de avaliação formativa é inédito e foi elaborado pela Profa. Lucila Maria Costi Santarosa, do Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Educação desta Universidade.

O impacto causado nos alunos com este sistema de avaliação têm sido muito bom. Uma mudança de comportamento, com maior interesse foi observado.

Atualmente de 300 a 400 alunos de Fortran têm feito suas avaliações usando o computador, semestralmente.

Além das avaliações, cursos têm sido implementados e testados.

A partir de agosto de 80 uma turma de 30 alunos da linguagem Fortran têm recebido os conteúdos da disciplina, pelo computador. Esta atividade que representa o último estágio de um programa de Instrução Programada, têm por apoio a orientação, com elucidação de dúvidas, realização de exercícios, discussões e debates, em sala de aula. A aceitação e entusiasmo dos alunos é grande. Já foram sentidos os primeiros resultados em termos de melhoria nas avaliações, em comparação com os sistemas tradicionais de ensino.

Em fase de implantação, um curso de Work Flow Language dirigido a alunos ingressantes no Pós-Graduação em Ciência da Computação, no Curso de Tecnólogo em Processamento de Dados e também para treinamento dos funcionários ingressantes no CPD. Uma Simulação Clínica para alunos de medicina, encontra-se em fase de testagem e revisão.

Também a técnica de estudo através de fichas está em pesquisa e implementação como reforço a certos conteúdos, considerados mais difíceis, das disciplinas de processamento de dados.

As conclusões das experiências desenvolvidas até agora têm sido possíveis através das estatísticas fornecidas pelo sistema. São elas:

- Estatísticas para o programador, que fornecem tempo de resposta médio por etapa, tempo de desenvolvimento médio do curso ou prova, percentual de acerto por etapa; percentual de utilização de cada etapa, distribuição da utilização das opções de respostas possíveis para cada etapa.

- Estatística para o professor: boletim de aproveitamento de cada aluno, média e desvios padrão do grupo, percentual de acertos de cada item.

BIBLIOGRAFIA:

01. ALMEIDA, Maria Angela Vinagre de. Instrução Programada; teoria e prática. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1970.

02. HILGARD, Ernest R. Teorias da Aprendizagem. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 1973.

03. LYSAUGHT, Jerome P. & WILLIAMS Clarence M. Guia de Instrução Programada. Trad. Samuel Pfromm Netto. São Paulo, Pioneira, 1974.

04. MALPASS, Leslie F. et alii. O Comportamento Humano; manual de instrução programada. Trad. Juracy C. Marques. 2.ed. Rio de Janeiro, Renes, 1970.

05. MARKLE, Susan Meyer. Instrucción programada; análisis de quadros buenos e malos. México/Buenos Aires, Centro Regional de Ayuda Técnican 1971.

06. MEDNICK, Sarnoff A. Aprendizagem. Rio de Janeiro, Zahar, 1969.

07. PEREIRA, Helvécio Botelho. Instrução Programada teoria e prática. Rio de Janeiro, Forense, 1970.

08. SANTAROSA, Lucila Maria Costi. Instrução modular em medidas educacionais. Porto Alegre, Sulina, 1975.

09. SCHIEFELE, Hans. Ensino Programado. Trad. Else Graff Kalmus, rev.por Lourenço Filho. 2.ed. São Paulo, Melhoramentos, 1970.

10. SKINNER, B.F. Tecnologia do ensino. São Paulo, Herder, 1972.

11. TICKTON, Sidney G. La educación en la era tecnologica. Buenos Aires, Bowker, 1974.

12. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Faculdade de Educação. Laboratório de Ensino Superior. Planejamento e organização do ensino; um manual programado para o treinamento do professor universitário. 4. ed. Porto Alegre, Globo, 1978.

13. WIENER, Norbert. Cibernética e sociedade; o uso humano dos seres humanos. Trad. José Paulo Paes. 2. ed. São Paulo, Cultrise, 1968.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

ENSEÑANZA ASISTIDA POR ORDENADOR

Carlos Martín Cinto

Hospital Clínico de San Carlos
Facultad de Medicina
Universidad Complutense
Madrid.

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

Bastaría citar noticias de prensa médica de los años 1972-74 para comprender la importancia y tradición del campo de la Enseñanza Asistida por Ordenador. Si repasamos la estructura de la tercera World Conference on Computers in Education (WCCE 81), o consultamos los libros de la primera, sostenida en Amsterdam en 1970 y de la segunda, en Marsella 1975, queda fuera de duda el número de investigadores dedicados al tema y calidad de sus trabajos. Si visitamos, de la mano del Profesor Hans E. Renschler, la Universidad de Bonn, veremos que el funcionamiento diario de estas aplicaciones es un hecho rutinario.

DEFINICION DEL CAMPO

En segundo lugar me van a permitir leer algunas de las definiciones que figuran en el diccionario Espasa con relación a los conceptos de educar, instruir y Enseñar, para que veamos dónde se ubica el ordenador dentro de estos campos. El propio nombre de Ministerio de Educación y Ciencia podría si no llevarnos a equivocación. Dice el diccionario:

Educar: dirigir, encaminar, doctrinar // Desarrollar o perfeccionar las facultades intelectuales del niño o del joven por medio de preceptos, ejercicios, ejemplos, etc. // Desarrollar las fuerzas físicas por medio del ejercicio, haciéndolas más aptas para su fin. // Perfeccionar, afinar los sentidos (educar el gusto) // Enseñar los buenos usos de urbanidad y cortesía.

Pues bien en ninguna de estas áreas, en ninguna de estas acepciones, vamos a incidir nosotros. Veamos las otras dos definiciones.

Instruir: Enseñar, doctrinar. // Comunicar sistemáticamente conocimientos o doctrinas.

Enseñanza: Acción y efecto de enseñar. // Sistema y método de dar instrucción (enseñanza Socrática).

De la misma manera puedo decir yo frente a enseñanza Socrática, enseñanza asistida por ordenador. Y este es en el sentido en que nos vamos a mover.

Definido el terreno veamos que es enseñar. Gráficamente parece ser que podríamos representarlo diciendo que es copiar desde algo que está lleno en algo que está vacío. Pero la realidad demuestra que no es así. Lo lleno, tiende a borrarse, ha de actualizarse, debe comunicarse y tiene que haber sido previamente llenado. Por su parte, lo vacío tiene una pre-estructura, no recoge todo lo que se le envía sino que selecciona, tiende a olvidar y también ha de comunicarse. En este requisito común tanto de lo lleno como de lo vacío de la necesidad de comunicación, aparece un punto crucial. La comunicación supera el contenido de la instrucción, produce una mutua retroalimentación que ya desfigura por completo la noción de lo lleno y lo vacío. Para subsanar esta variable, para permitir que la comunicación sostenga ese criterio inicial de copiar desde lo lleno a lo vacío, se concluye creando la profesión de enseñar al enseñante. Y así como en sus orígenes teníamos la relación maestro-discípulo, esto se va estructurando en las escuelas de magisterio, el ICE, etc.

Es en ese terreno donde golpea la evidencia de la ventaja que aporta el ordenador cara a esa definición gráfica de la enseñanza. El ordenador no olvida, le pueden estar enseñando muchos simultáneamente, siempre tiene tiempo, carece de un papel social, con sus ambiciones y necesidades, que pueda condicionar su performance en un momento determinado, puede estar enseñando al mismo tiempo que aprende, perfecciona constantemente su comunicación y cada perfeccionamiento que adquiere en este sentido no lo olvida tampoco, se concentra sólo en el tema, no recibiendo por su parte ninguna otra retroalimentación. Como síntesis, y como conclusión, ES UN INSTRUMENTO DE INSTRUCCION IDONEO PARA EL EDUCADOR.

PAPELES DEL ORDENADOR EN EL PROCESO EDUCATIVO

Cuáles son los papeles que tiene el ordenador dentro del proceso educativo? En grandes rasgos podemos hablar del ordenador como procesador de información, como ayuda a la organización escolar, como laboratorio de experimentación, como presentador de información (no interactivo) o bien como instructor (interactivo). De todos son conocidos los papeles que ejerce en la gestión administrativa de los procesos de matriculación, las gestiones en las búsquedas bibliográficas, los procesos de simulación, etc., etc., etc. Pero nos vamos a concentrar sólamente en el último aspecto, es decir, en el ordenador como instructor. Para ello vamos a detenernos brevemente en la descripción de la secuencia de la docencia, tal cual la sistematizó el grupo UNITEL. La secuencia de la docencia tendría seis fases, a saber: elaboración de la información, almacenamiento de la información, tipo de difusión, soporte de difusión, presentación de la información y destino de la información (estudiante). La elaboración de la información es responsabilidad de los profesores, pedagogos, psicólogos e incluso de los programadores. El almacenamiento de la información puede ser por escrito, en cinta o cassette Audio, en cinta o cassette Video, en disco, en película, en diapositiva, etcétera. El tipo de difusión en función del medio elegido de almacenamiento será o bien postal o bien electrónica. El soporte de la difusión podrá ser entonces, o por correo, o por radiodifusión, o por filodifusión de radio, o por televisión, o por cablevisión, etcétera. La presentación de la información la hará, también en función de esta naturaleza, o bien un reproductor o bien un receptor, y finalmente el destino será el estudiante. Si estamos hablando del ordenador, tendremos que pensar en la red telefónica.

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

Es evidente que según hayamos elegido una u otra de estas disposiciones así habremos condicionado el área de cobertura. El área de cobertura podrá ser nacional, regional o zonal, local o urbana o bien intramural, dentro de los propios edificios de enseñanza. Esta última posibilidad es la única que asegura una autonomía acomodada a los propios presupuestos. Las demás han de utilizar instalaciones ya existentes, de otras entidades, creadas con otros propósitos y en régimen de competición con otros usuarios.

En cuanto a la elección de los medios (servicios o facilidades), viene condicionada por una variedad de causas. En primer lugar, por la naturaleza de la información que el medio acepta transmitir. En segundo lugar, por el método de operación. En tercer lugar, por el control que pueda hacerse por el usuario y que sea el que nosotros deseemos. En cuarto lugar, por la direccionalidad del servicio.

Por lo que se refiere a la naturaleza de la información que acepta transmitir, en función de que nosotros queramos transmitir sonido, escritos, imágen o datos o todos ellos o combinaciones de ellos, estaremos ya prefigurando la naturaleza de nuestro medio. Por lo que se refiere al método de operación hay que tener presente las características de la conmutación, de la difusión y del método de operación punto a punto cara a la influencia que va a ejercer sobre nuestros deseos. Así, la conmutación permite al usuario elegir la información y el momento en que él desea ponerse en contacto con dicha información. Proporciona al usuario una amplia gama de elección de fuentes informativas. Permite la creación de sistemas interactivos. Y hay un control más o menos exacto de la actividad del usuario. Por lo que respecta a la difusión, el usuario no puede prácticamente intervenir ni en el tipo de información que se le presenta ni en el momento en que él desea verla. El usuario tiene una escasa gama por tanto de elección de fuentes informativas. La difusión no permite la interacción y al mismo tiempo no se puede controlar al usuario, el cual sólo necesita disponer de un receptor. En el método punto punto, la conexión es permanente, con acceso a una sola fuente informativa y puede permitir la interactividad.

En relación al control que pueda ejercer sobre el usuario, nuestro sistema podrá ser abierto, en el cual no se controla el número de usuarios, o cerrado en el cual sí se controla el número de usuarios admitidos.

Finalmente, en cuanto a la direccionalidad del servicio ésta puede ser unisentido, bisentido, semiduplex (permite una interacción secuencial) y duplex (permite la interacción de una manera coexistente).

La construcción de cursos conlleva el desarrollo de lenguajes especiales, de rango superior, que permitan a usuarios no versados en informática construir sus propios cursos de las disciplinas que imparten en los distintos centros. Cualquiera de los clásicos lenguajes que genéricamente reciben impropiamente el apelativo de lenguaje CAI, resuelven el tema a base de los objetos lingüísticos (las palabras, las sílabas) las operaciones aritméticas (la suma, resta, producto, cociente, etc.), las funciones, los procedimientos, y un largo etcétera que conlleva todos los recursos de la programación. Todo ello permite al profesor escribir sus cursos en un ordenador de una manera similar a como lo haría a la hora de hacerlo en un libro de texto. A su vez, pretende aportarle algunas ventajas. E inevitablemente, conlleva algunos inconvenientes nuevos. El entrar ya a este nivel de detalle en la construcción de un lenguaje CAI se sale del marco en el que nos estamos moviendo, pero aunque como usuarios no es más que un instrumento importante, como informáticos es uno de los proyectos que sigue desafiándonos, a saber, la construcción de un lenguaje CAI cada vez más flexible y más potente. Y esta necesidad se ve incrementada, estimulada, con la aparición de esos potentísimos microordenadores que ya están obligando a redefinir los oficios de analista y programador.

DESARROLLO DEL HOSPITAL CLINICO DE SAN CARLOS DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

Dentro de este contexto vamos a presentar aquí un programa de Educación Obstétrica que tenemos desarrollado en el Hospital Clínico de San Carlos cuyo mérito principal es que funciona. Es decir, que está incorporado a la rutina de la marcha del hospital. Este programa, que abreviadamente denominamos EDUCA, fue creado en 1973 para presentarlo en una demostración dentro de nuestro hospital con instalaciones cedidas a tal efecto. Por tanto, la lógica interna de la resolución del problema, es decir, su estructura informática, es coherente con el año de su creación. Hoy en día estamos involucrados en el desarrollo de un CAI mucho más universal, pero creo que estamos ya en un momento que sólo se pueden presentar en el mercado productos con la famosa etiqueta americana del Available Now.

En qué consiste este programa? Para responder a esta pregunta tendremos que contestar antes a qué es un parto informáticamente hablando. Y para nosotros, informáticamente hablando, un parto es un conjunto de mediciones que expresan un curso o un accidente en el mismo. Y ahora sí podemos pasar a ver cómo funciona nuestro programa EDUCA. En la figura 1 vemos que tiene:

- Posibilidad de entroncarse en un Sistema Educativo.
- Posibilidad de repasar la materia sin ejecutar como una práctica que cuente para la evaluación.
- Solicitar: instrucciones de manejo
  relación de indicaciones total que contiene el sistema
  resumen de lo que llevamos contestado hasta el momento.
- Recibir un aviso de que hay que tomar una acción obstétrica.
- Evaluación de la acción obstétrica que ha recibido el alumno.
- Registro permanente en papel del conjunto de toda la ejecución.

En la segunda figura podemos ver la primera página de preguntas, con distinción de las que tienen peso diagnóstico. Estas, es decir, las que entran en alguna de las combinaciones que constituyen un diagnóstico, vienen señaladas por un asterisco antes del número de la pregunta.

En la tercera figura podemos ver la misma aplicación pero con una utilización distinta. Es decir, siendo utilizada como un instrumento de ayuda en la clínica, como un soporte de recogida de la información en tiempo real en un paritorio.

En cuanto a la información que contiene el programa podemos distinguir su estructura, su tratamiento y su naturaleza.

En cuanto a la estructura de la información, vemos en la cuarta diapositiva, que está dividida en tres grandes apartados que son la anamnesis, el examen obstétrico al ingreso de la parturienta y el examen obstétrico actual. (Las listas que aparecen dentro de cada uno de estos apartados no pretenden ser exhaustivas de lo que ofrece el programa).

Por lo que se refiere al tratamiento de la información tiene dos modalidades: a) (en las preguntas sin peso diagnóstico): se procede a la depuración de la respuesta en cuanto a rango permisible y en cuanto a coherencia con respuestas anteriores.

b) (con peso diagnóstico): además de proceder de la misma manera que en las anteriores se hace una consulta a la tabla de decisión para ver si ya se ha constituido algun diagnóstico.

Por lo que se refiere a la naturaleza de la información, hay que dividirla en dos grandes grupos: A) preguntas; B) actitudes obstétricas.

A) Preguntas: En ellas distinguimos a) el texto, como son las instrucciones, los mensajes, etc. b) el tipo, que queda ilustrado en la quinta diapositiva, donde vemos que pueden ser de tipo 1, es decir datos de medida, de tipo 2, es decir respuestas codificadas que sólo admiten una respuesta y de tipo 3, es decir respuestas codificadas que admiten múltiples respuestas. c) la secuencia que puede ser de tipo 1, es decir, lineal, de tipo 2, es decir de salto condicional y sus encadenamientos arborescentes, de tipo 3 que es el salto controlado por el usuario y de tipo 4 que es el salto obligatorio (que se produce al llegar a un diagnóstico). d) el caracter que puede ser de tipo 1, decisorio, con consulta a las 35 actitudes obstétricas, de tipo 2, no decisorio. e) los límites en las numéricas que constituyen los máximos y los mínimos permitidos.

En la siguiente figura vemos un ejemplo de los tres tipos de preguntas en un solo pantallazo, de secuencia lineal, caracter no decisorio y límites fijados (en el caso de la edad de la madre entre los 12 y los 60 años).

En la siguiente figura vemos la tabla de claves de actitudes obstétricas: cada renglón es una regla o regleta con todos los parámetros que tienen peso diagnóstico.

B) Actitudes obstétricas: La composición de un vector diagnóstico obedece en cada parámetro a cuatro códigos. Con esos cuatro códigos decimos para cada parámetro el peso que esa definición concreta de ese diagnóstico concreto tiene. Esos cuatro códigos son los siguientes: el 9, no es relevante, es decir que da igual la información que contenga en este parámetro para llegar a este diagnóstico de este vector. El 1, es necesario que esté excitada esta condición. El 2, es necesario que esté exci-

tada dos veces o más, puesto que este parámetro su caracter positivo lo deriva de su prolongación en el tiempo. El 0, no debe estar presente, no debe estar excitada esta condición.

Cómo se relaciona esta codificación con la tabla de Actitudes Obstétricas? Si comparamos en la figura anterior con la tabla de actitudes y nos fijamos en la línea 15 donde está presente un 2 y en la penúltima donde está presente un 1 podremos entenderlo al compararlo con la siguiente figura donde nos encontramos con la fiebre intraparto que se mantiene (de ahí la excitación del 2) y la incidencia del primer parámetro, que es la edad de la parturienta, en este caso una primípara añosa.

Veamos algunos ejemplos de los desarrollos del programa:

En la figura siguiente tenemos un ejemplo de Secuencia de Salto Condicional donde en la misma fotografía tenemos recogido el pantallazo que ha dado lugar al salto y el resultado del salto en la mitad inferior de la pantalla. En la figura siguiente tenemos un ejemplo de Secuencia de Salto Controlado, puesto que vemos que ha solicitado PREGUNTAS. En cuanto al diagnóstico, veamos finalmente como se suscita una Alarma, o lo que es lo mismo, una solicitud de actitud obstétrica por parte del alumno. En la siguiente diapositiva vemos que se presentan la pregunta 78, la 124, la 125 y la 83 (en la cual va a pesar decididamente el factor tiempo). Llegado este momento, en el que el alumno ha contestado que la altura de la presentación es en tercer plano, que la situación del segmento es de menos de dos dedos por debajo del ombligo, que los ligamentos redondos están tensos y que la dilatación del cuello uterino sigue siendo de 3 centímetros, el Sistema presenta un salto obligatorio como el que vemos en la siguiente figura puesto que hay una propuesta de una cesárea por amenaza de rotura uterina.

Finalmente, la lista de las Actitudes Obstétricas está compuesta por un número variable de SINTOMAS cuya combinación en el tiempo produce una indicación. Y por un número de CONDICIONES que limitan la aplicación de una técnica obstétrica o de otra.

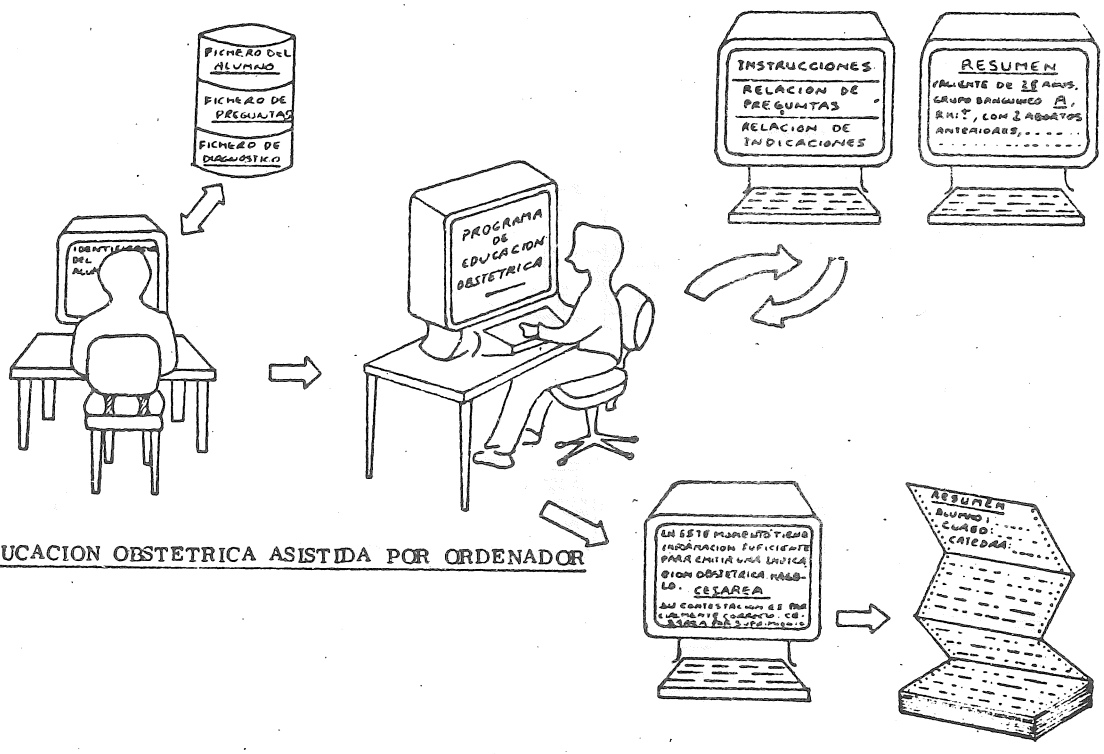
CONCLUSIONES

Las conclusiones que nosotros hemos sacado con la explotación de este programa son el tener una gran flexibilidad horaria, una capacidad de evaluar automáticamente a los alumnos, un crecimiento casi indefinido dada la baja utilización de memoria y una multiplicidad de usos, puesto que igual sirve al profesor para enseñar casos concretos, que al alumno para generar partos aleatoriamente, que a la función clínica como recordatorio de situaciones obstétricas que se presentan y a la misma clínica como recogida de la historia en el paritorio. Y finalmente, parece obvio la posibilidad de utilizarlo en conexión con desarrollos de telemática.

Hemos visto la tradición que tiene el campo
las expectativas que despierta
los resultados prácticos que maneja
la coordinación de los esfuerzos que supone la WCCE.

No obstante me atrevo a decir hoy aquí que: en el mundo del Ordenador hemos pasado del papiro al papel: hoy en día caen los costos, baja la magia de la "Máquina Sagrada", y se está entrando en su fase profunda de popularización.

En el mundo de su aplicación a la enseñanza de la Medicina estamos rozando el invento de la imprenta: cuando sumemos cosas que existen en campos diversos habremos logrado pasar a esa fase. Estamos rondando el Scanner de la docencia, que no hizo otra cosa que sumar lo ya existente. Con esto quiero decir que es cierto que el Ordenador no tiene voz, ni bellas fotos. Pero sí puede ser el eje de un sistema de enseñanza que maneje películas, voz, diapositivas, sonido, señales, terminales, impresoras, libros, etc., etc., etc., y por tanto produzca una auténtica revolución en las técnicas de la enseñanza.



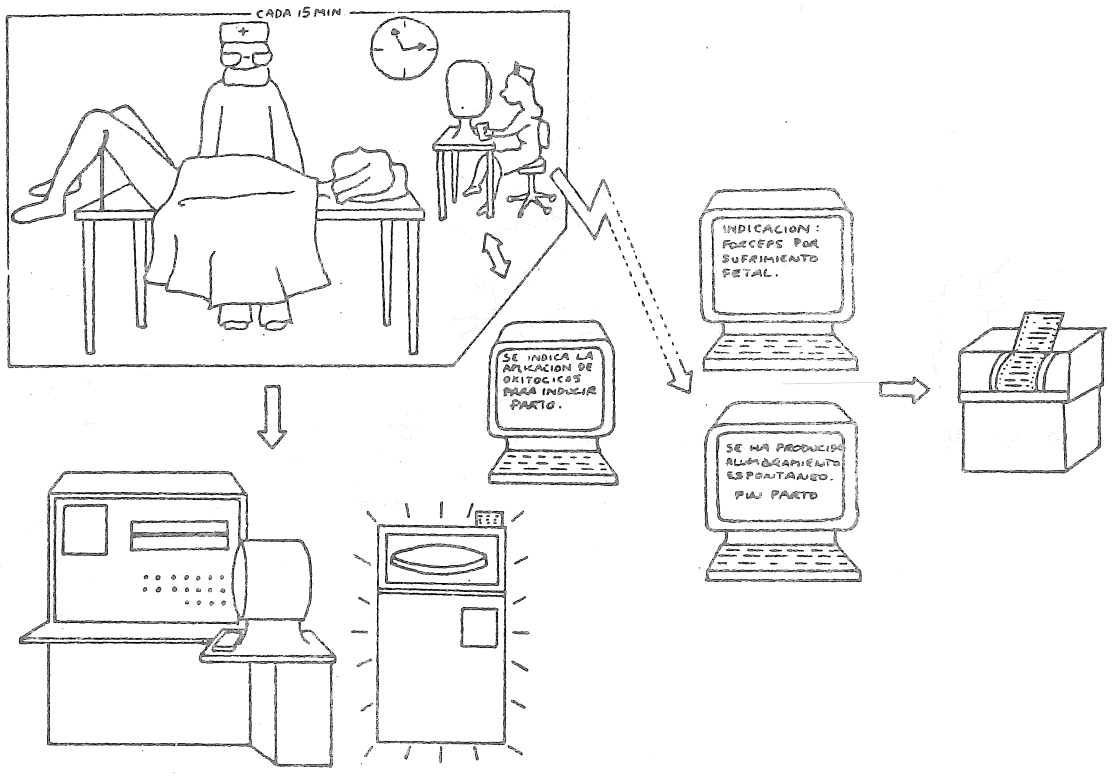
EDUCACION OBSTETRICA ASISTIDA POR ORDENADOR

PREGUNTAS

PARA CONTINUAR PULSE LA TECLA ** INTRO **

1-EDAD DE LA MADRE
2-PROFESION DE LA MADRE
3-ANTECEDENTES FAMILIARES
4-EDAD DEL PADRE
5-GRUPO SANGUINEO DEL PADRE
6-RH DEL PADRE
7-SEROLOGIA DEL PADRE
8-GRUPO SANGUINEO DE LA MADRE
9-RH DE LA MADRE
10-WASSERMAN
11-NELSON
12-WEINIKE
13-OTRO TEST COMPLEMENTARIO
14-COOMBS
15-AGLUTININAS
*16-OPERACIONES ANTERIORES
17-CIGARRILLOS POR DIA
18-CONSUMICION DE BEBIDAS ALCOHOLICAS
19-BEBIDAS ALCOHOLICAS ALTA GRADUACION
20-BEBIDAS ALCOHOLICAS BAJA GRADUACION
21-DEPENDENCIA DE PSICOFARMACOS
22-ENFERMEDADES ANTES DEL EMBARAZO
23-INMUNIZACION RH
* 24-ENFERMEDADES DURANTE EL EMBARAZO
25-CARDIOPATIAS
* 26-ENFERMEDADES PULMONARES
* 27-ENFERMEDADES HEPATICAS
28-N. DE GESTACIONES
29-N. DE ABORTOS
* 30-N. DE CESAREAS ANTERIORES
* 31-N. PARTOS ANT. AYUDADOS CON FORCEPS
* 32-N. PARTOS ANT. AYUDADOS CON VENTOSA
* 33-N. DE PARTOS EUTOCICOS
34-AÑOS DE CASADA
35-TRATADA DE ESTERILIDAD
36-DURACION DE LA MENSTRUACION
37-DURACION DEL PERIODO INTERMENSTRUAL
38-FECHA PROBABLE DE PARTO
39-FECHA DE INGRESO
40-

(LOS ASTERISCOS INDICAN LAS PREGUNTAS CON PESO DIAGNOSTICO)



EDUCACION OBSTETRICA ASISTIDA POR ORDENADOR

ESTRUCTURA DE LA INFORMACION

- ANAMNESIS
  - EDAD DE LA MADRE
  - PROFESION DE LA MADRE
  - EDAD DEL PADRE
  - HABITOS PERSONALES
  - ENFERMEDADES ANTES DEL EMBARAZO
  - HISTORIA OBSTETRICA ANTERIOR
- EXAMEN OBSTETRICO AL INGRESO
  - TIPO PULSO
  - CONVULSIONES
  - VARICES
  - EDEMAS
  - METRORRAGIAS
  - EVALUACION DE LA PELVIS
  - ESTADO DEL CUELLO UTERINO
  - PRESENTACION DEL FETO
- EXAMEN OBSTETRICO ACTUAL
  - DILATACION DEL CUELLO UTERINO
  - CONSISTENCIA DEL CUELLO UTERINO
  - ESTADO DE LA BOLSA DE AGUAS
  - CONTRACCIONES CADA 10 MINUTOS
  - ESTADO DEL SEGMENTO
  - METRORRAGIAS

EDUCACION OBSTETRICA ASISTIDA POR ORDENADOR

PREGUNTA TIPO 1
(MEDIBLES) DILATACION DEL CUELLO UTERINO EN CENTIMETROS:_

PREGUNTA TIPO 2
(CODIFICADA DE - RESPUESTA UNICA) PRESENTACION FETAL :

1-CEFALICA 2-PODALICA
3-CARA 4-FRENTE
5-SINCIPUCIO 6-HOMBRO

TECLEE EL CODIGO QUE CORRESPONDA:_

PREGUNTA TIPO 3
(CODIFICADA DE RESPUESTA MULTIPLE) ANOMALIAS DEL CUELLO UTERINO. INDIQUE CUALES SON ESTAS ANOMALIAS

CUELLO DOBLE _ CONGLUTINADO _
SINEQUIA DE CUELLO _ CANCER _
OTRAS _

PROGRAMA DE ENSEÑANZA OBSTETRICA

MENSAJE 1 - PREGUNTAS 1 A 3

EDAD DE LA MADRE EN AÑOS :__. SI NO LA CONOCE TECLEE LA EDAD ESTIMADA

PROFESION DE LA MADRE :

1-ALTAMENTE CUALIFICADA 2-EMPLEADA U OBRERA ESPECIALIZADA
3-EMPLEADA U OBRERA SIN ESPECIALIZAR 4-ESTUDIANTE
5-HOGAR 6-DESCONOCIDA

TECLEE EL CODIGO QUE CORRESPONDA :

ANTECEDENTES FAMILIARES :

NINGUNO - NO CONSTA -
DIABETES DE LOS PADRES - ALCOHOLISMO EN LOS PADRES -
ENFERMEDADES VENEREAS EN PADRES - MALFORMACIONES EN LOS PADRES -
OTRAS ENFERMEDADES EN PADRES - DIABETES EN HERMANOS -
MALFORMACIONES EN HERMANOS -

TABLA DE CLAVES DE ACTITUDES OBSTETRICAS VIGENTE EN EL PROGRAMA

"EDUCACION OBSTETRICA"

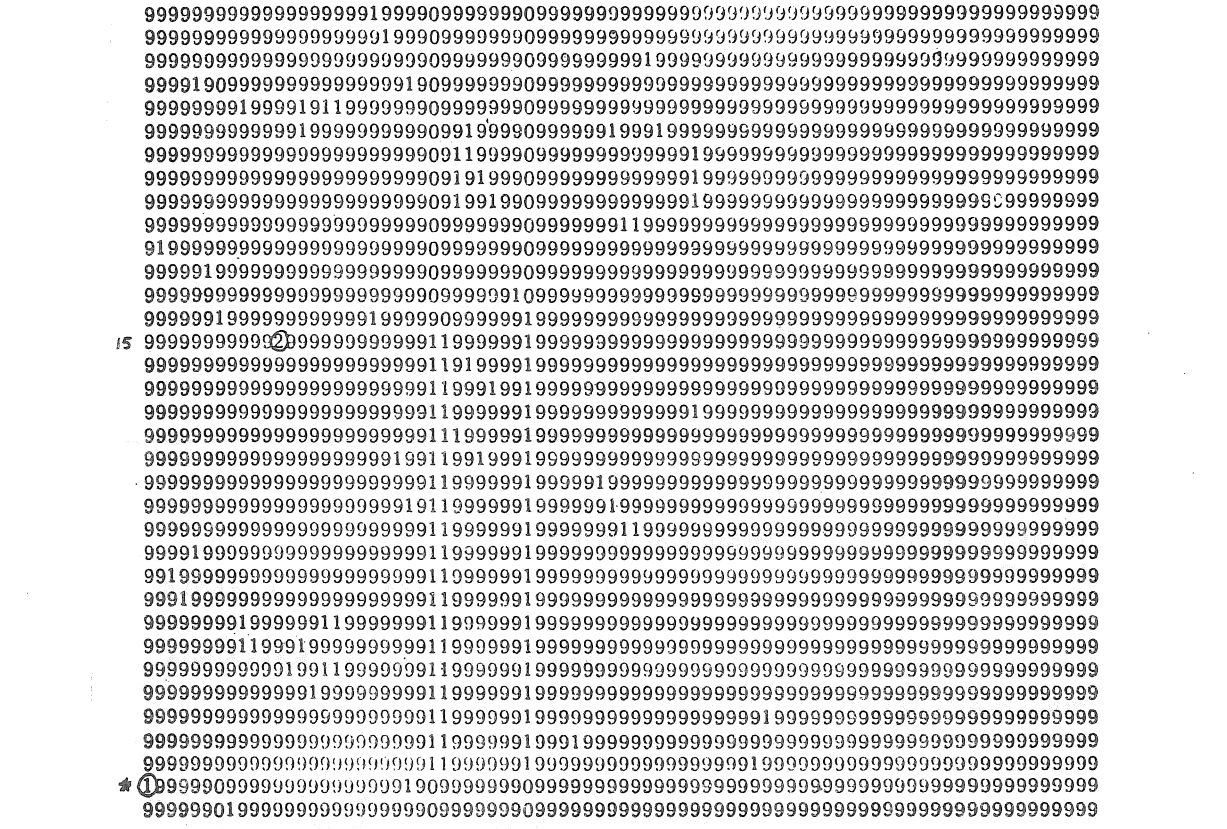


TABLA DE TEXTOS DE ACTITUDES OBSTETRICAS VIGENTE EN EL PROGRAMA
"EDUCACION OBSTETRICA"

CESAREA POR SITUACION TRANSVERSA
CESAREA POR PRESENTACION DE CARA EN MENTO POSTERIOR
CESAREA POR METRORRAGIA GRAVE
CESAREA EN PRIMIPARA CON CESAREA ANTERIOR Y PRESENTACION DE NALGAS
CESAREA POR PREECLAMPSIA
CESAREA POR ABRUPTIO PLACENTAE
CESAREA POR SUFRIMIENTO FETAL
CESAREA POR SUFRIMIENTO FETAL
CESAREA POR SUFRIMIENTO FETAL
CESAREA POR AMENAZA DE ROTURA UTERINA
CESAREA POR HABER SIDO OPERADA DE FISTULA O PROLAPSO GENITAL
CESAREA POR CESAREA ITERATIVA
CESAREA POR DESPROPORCION PELVICOCEFALICA
VERSION GRAN EXTRACCION POR TRANSVERSA, MULTIPARA, COMPLETA Y BOLSA INTEGRA
FORCEPS POR FIEBRE INTRAPARTO
FORCEPS POR SUFRIMIENTO FETAL
FORCEPS POR SUFRIMIENTO FETAL
FORCEPS POR SUFRIMIENTO FETAL
FORCEPS POR SUFRIMIENTO FETAL
FORCEPS POR SUFRIMIENTO FETAL
FORCEPS POR HIPERDINAMIA
FORCEPS POR TETANIA UTERINA
FORCEPS POR AMENAZA DE ROTURA UTERINA
FORCEPS O VENTOSA PROFILACTICO POR CESAREA ANTERIOR
FORCEPS O VENTOSA POR CARDIOPATIA
FORCEPS O VENTOSA POR ENFERMEDAD MATERNA
FORCEPS O VENTOSA POR GESTOSIS
FORCEPS O VENTOSA POR ANOXIA UTERO-PLACENTARIA
FORCEPS O VENTOSA POR GESTOSIS
FORCEPS O VENTOSA POR AGITACION Y/O AGOTAMIENTO MATERNO
FORCEPS O VENTOAS POR MALA COLABORACION MATERNA
FORCEPS O VENTOSA POR HIPODINAMIA
FORCEPS O VENTOSA POR CARDIOPATIA DESCOMPENSADA
CESAREA POR PRESENTACION PODALICA EN PRIMIPARA DE MAS DE 35 AÑOS
CESAREA EN PRIMIPARA ESTERIL TRATADA

MENSAJE 22 - PREGUNTA 71 -

PRESENTACION FETAL

1-CEFALICA 2-PODALICA
3-CARA 4-FRENTE
5-SINCIPUCIO 6-HOMBRO

TECLEE EL CODIGO QUE CORRESPONDA : 1

POSICION :

1-ØII ANTERIOR 2-ØII TRANSVERSA
3-ØII POSTERIOR 4-ØID ANTERIOR
5-ØID TRANSVERSA 6-ØID POSTERIOR
7-Ø PUBICA 8-Ø SACRA

TECLEE EL CODIGO QUE CORRESPONDA : 3

MENSAJE 41 - PREGUNTAS 97 A 101 -

*** ESTUDIO DE LA PELVIS ***

PELVIMETRIA EXTERNA

DIAMETRO BIESPINOSO EN CENTIMETROS __.

DIAMETRO BICRESTAL EN CENTIMETROS __.

DIAMETRO BITROCANTEREO EN CENTIMETROS __.

CONJUGADO EXTERNO EN CENTIMETROS __.

ROMBO DE MICHAELIS : 1-NORMAL
2-APLANADO 3-ASIMETRICO

TECLEE EL CODIGO QUE CORRESPONDA

PREGUNTAS

MECANICA DE EMISION DE UNA INDICACION OBSTETRICA

SINTOMA

25 Altura mayor del tercer plano
33 Dilatación completa
41 Estado del segmento menor o igual a 2 dedos
42 Ligamentos redondos tensos

- . -

99999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999

78 ALTURA DE LA PRESENTACION ? - Tercer plano

99999999999999999999999099999999999999999999999999999999999999999999999999999999

124 SITUACION DEL SEGMENTO ? - Menos de 2 dedos debajo del ombligo

99999999999999999999999099999999999999199999999999999999999999999999999999999999

125 LIGAMENTOS REDONDOS ? - Tensos

99999999999999999999999099999999999999119999999999999999999999999999999999999999

83 DILATACION DEL CUELLO UTERINO ?
- 3 cm.

99999999999999999999999099999999099999991199999999999999999999999999999999999999

CESAREA POR AMENAZA DE ROTURA UTERINA

EN ESTE MOMENTO TIENE INFORMACION SUFICIENTE PARA EMITIR UNA ACTITUD OBSTETRICA. HAGALO.

CESAREA

SU CONTESTACION ES PARCIALMENTE CORRECTA

LA RESPUESTA COMPLETA ES :

CESAREA POR SITUACION TRANSVERSA

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

"LDSC - UMA LINGUAGEM PARA A DESCRIÇÃO E SIMULAÇÃO DE COMPUTADORES"

Caetano Traina Junior
Edson Luiz Recchia
Fernao Stella De Rodrigues Germano

Instituto de Ciências Matemáticas de Sao Carlos - USP
Departamento de Ciências de Computaçao e Estatística
Av. Dr. Carlos Botelho 1465, Sao Carlos - Brasil.

RESUMO

Foi desenvolvido um sistema de auxílio ao estudo de organização de Computadores, apoiado por computador. Esse sistema aceita a descrição da arquitetura de um computador, de seu conjunto de instruções e programas para serem executados nesse computador, e simula a execução desses programas. Estão disponíveis nove micro-instruções para a definição do conjunto de instruções que pode ter até 32 instruções. Para a descrição da arquitetura, podem ser usados 4 diferentes tipos de circuitos,num máximo de 40 circuitos. Esse sistema foi inicialmente desenvolvido num computador IBM 1130 e posteriormente transladado para um PDP 11/45. Usando esse sistema, alunos do curso de organização de computadores se tornam aptos a verificar praticamente as consequências das diferentes alternativas de projeto, tanto na arquitetura quanto no conjunto de instruções.

I. INTRODUÇÃO

O objetivo da Linguagem para a Descrição e Simulação de Computadores (LDSC) é fornecer a oportunidade de se verificar as alterações que ocorrem no software quando é alterado o hardware da máquina.

Foi desenvolvido um sistema capaz de receber do usuário a descrição da máquina que ele quer estudar, de um conjunto de instruções que essa máquina pode ter, e de executar por simu

lação programas escritos nessa linguagem de máquina.

A Linguagem LDSC é estruturada em 4 seções, cada uma destinada a descrever ou controlar as várias atividades do sistema:

Descrever a arquitetura do computador (Computador);

Descrever as instruções a serem simuladas (Instruções);

Especificar o programa a ser executado (Montagem);

Executar o programa (Run).

Essas seções serão consecutivas, no sentido de que não é possível passar a uma dada seção sem antes haver especificado as anteriores. Porém, pode-se voltar a seções anteriores a qualquer instante, e recomeçar as especificações a partir da seção à qual se voltou. Assim, por exemplo, pode-se descrever a arquitetura de um computador (seção Computador), estabelecer para ele um conjunto de instruções (seção Instruções), especificar um programa com essas instruções (seção Montagem) e executar esse programa (seção Run) para vários conjuntos de dados (seção Run repetida várias vezes); a seguir pode-se modificar o programa (seção Montagem) e executá-lo novamente (seção Run); pode-se então desejar modificar alguma das instruções (seção Instruções), reescrever o programa (seção Montagem) e testá-lo (seção Run).

II. CARACTERÍSTICAS DOS COMPUTADORES SIMULADOS PELO SISTEMA

São detalhadas a seguir, as restrições que são impostas pelo LDSC às características dos computadores que podem ser simulados pelo sistema.

MEMÓRIA: A memória é sempre endereçada através do conteúdo de um registrador específico, definido na seção Computador como Registrador de Endereço, e os dados são sempre transferidos de/para um Registrador de Dados, também definido na seção Computador. Seu tamanho pode variar em incrementos de 256 palavras, atingindo um máximo de 1024 palavras. Cada palavra tem sempre o comprimento de um byte (8 bits).

REGISTRADORES: Todos os registradores devem ser especificados na seção Computador, compostos de blocos de 8 bits cada bloco. Um registrador pode ser composto de um ou vários blocos concatenados.

OPERAÇÕES: Todas as operações simuladas são especificadas através de micro-instruções a nível de registradores e desempenham as seguintes funções: transferência de dados entre registradores via uma barra de dados, operações na unidade-lógico-aritmética, operações nos registradores (deslocamentos) e acesso à memória. Os operandos são sempre registradores, e cada operação é definida para um bloco de 8 bits, podendo ser extendida para os blocos subsequentes dos registradores envolvidos. Assim é possível manipular individualmente partes (1 bloco) de um dado registrador. Se uma operação envolve registradores de com

primentos diferentes, ela é continuada apenas até o número de blocos do menor dos registradores envolvidos. Os blocos a mais no registrador maior não são alterados.

UNIDADE LÓGICO-ARITMÉTICA (ULA): A ULA simula as operações soma, subtração E-Lógico e OU-Lógico. Todas as operações são sempre efetuadas com 2 operandos. Assim, caso se queira simular por exemplo a operação Complemento-2 em um operando, outro operando deve ser um zero fornecido à ULA por uma outra unidade da arquitetura. O sistema simulador restringe à existência de exatamente uma ULA em cada computador Simulado.

REGISTRADOR DE INSTRUÇÕES: Todo computador simulado deve ter um registrador especial chamado RI (Registrador de Instruções) que o simulador usa para executar o programa, especificado na seção Montagem. Esse registrador deve ser constituído de apenas 1 bloco, sendo portanto sempre de 8 bits dos quais se utiliza apenas os 5 bits de mais baixa ordem, para reconhecer a instrução que deve ser executada. Isso significa que apenas 32 instruções podem ser simuladas de cada vez. Os três bits mais significativos não são utilizados e assim não é possível simular instruções que indicam operandos na mesma palavra de instrução (apesar de ser possível simular instruções cuja indicação de operandos esteja em palavras consecutivas na memória).

MICRO-INSTRUÇÕES: O simulador pode executar apenas uma micro-instrução por vez, impedindo assim simulação de micro-instruções micro-concorrentes. Apesar disso, durante a especificação das instruções é feita uma verificação das disponibilidades de circuitos da arquitetura, segundo as especificações feitas na seção Computador. A execução das micro-instruções de uma instrução é sempre sequencial, somente sendo alterada a sequência quando da mudança do conteúdo do registrador RI. Micro-instruções podem ter sua execução inibida, dependendo de condições descritas adiante.

ENTRADA/SAÍDA: Nenhuma operação de entrada e saída pode ser especificada diretamente em forma de uma micro-instrução. Para isso existem 2 registradores especiais que quando ativados transferem dados de registradores especificados na seção Computador para dispositivos de entrada ou saída. Existe 1 registrador especial para entrada e outro para saída, limitando assim a 2 o número de dispositivos periféricos que se pode considerar na simulação. O usuário da Linguagem pode escolher como dispositivo de entrada uma leitora de cartões ou um terminal e como dispositivo de saída uma impressora ou um terminal.

Alguns aspectos dos computadores reais não podem ser simulados, na LDSC. Esses são aspectos que em geral envolvem a variável tempo:

TEMPORIZAÇÃO: Não se pode, no modelo simulado, especificar nem medir o tempo requerido pela execução de qualquer operação. Em todas as micro-instruções é considerado que se leva o menor tempo para processá-las. Parâmetros como sincronismo, e tempo de acesso não são considerados pelo simulador.

INTERRUPÇÃO: Não foi previsto nenhum tipo de alteração

na sequência normal de execução de programa simulado, através da ocorrência de eventos assíncronos externos do sistema. A única forma de comunicação desse programa com os dispositivos periféricos considerados na simulação é através dos registradores especiais de controle de Entrada/Saída. Armadilhas (traps) para detectar eventos assíncronos internos podem contudo ser simulados.

III. DESCRIÇÃO DAS SEÇÕES DA LINGUAGEM

Descreve-se aqui o que deve ser especificado e o que pode ser obtido em cada uma das seções da LDSC. O exemplo das figuras 1, 2, 3 e 4 ilustra essas várias seções.

III.1. SEÇÃO COMPUTADOR

Nesta seção é descrita a arquitetura do computador que será simulado. Para isso considera-se que todo computador é constituído de vários circuitos padrões interligados de diferentes maneiras. A figura 1a mostra uma arquitetura simples, e a figura 1b a forma como ela pode ser descrita na LDSC.

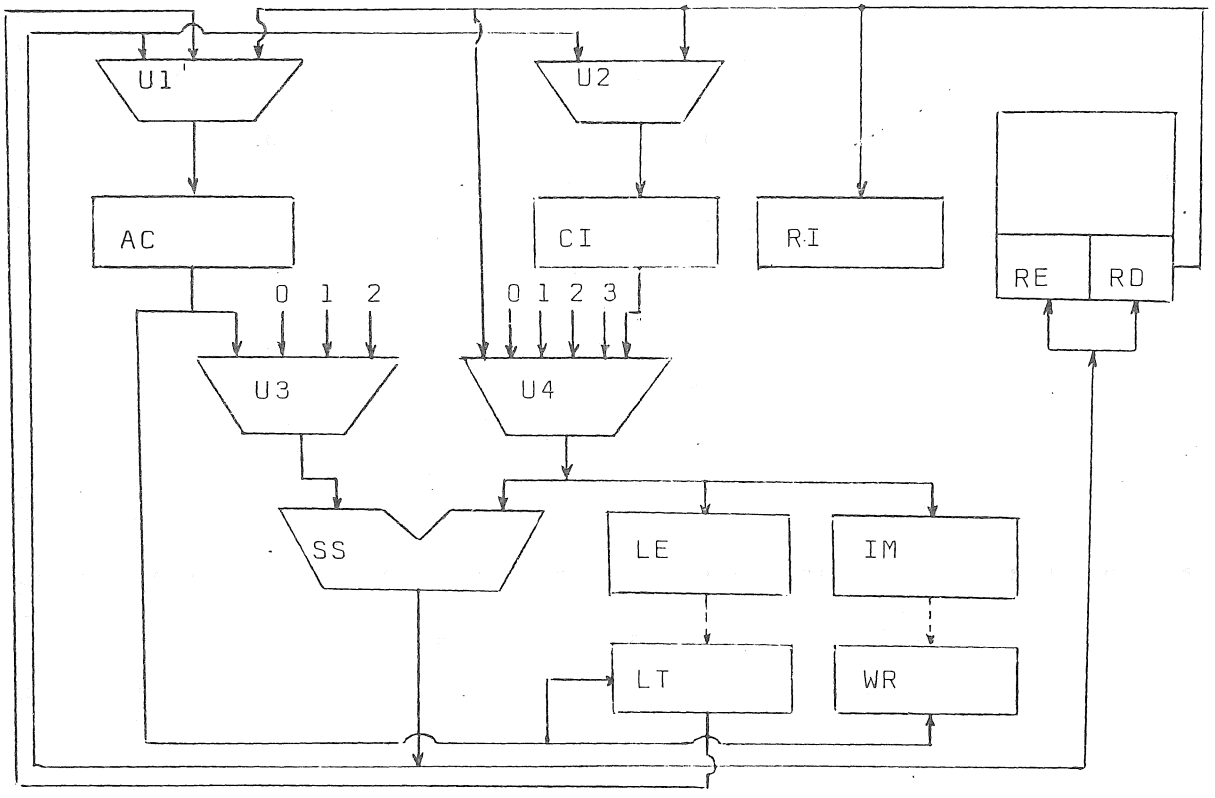


Figura 1a

```
/*COMP

 1   MEMORIA      RE RD
 2   S/S          SS U3 U4
 3   RI           RI RD
 4   CONSTANTE     0
 5   CONSTANTE     1
 6   CONSTANTE     2
 7   CONSTANTE     3
 8   REGISTRADOR  RE SS
 9   REGISTRADOR  RD SS
10   REGISTRADOR  LT AC
11   REGISTRADOR  WR AC
12   REGISTRADOR  AC U1
13   REGISTRADOR  CI U2
14   REG-CONTR-E  LE U4 LT
15   REG-CONTR-S  LM U4 WR
16   ULM          U1   3
          000 LT
          001 SS
          010 RD
17   ULM          U2   2
          000 RD
          001 SS
18   ULM          U3   4
          000 AC
          001  0
          010  1
          011  2
19   ULM          U4   6
          000 RD
          001 CI
          010  0
          011  1
          100  2
          101  3

/*FIM
```

Figura 1b

Os circuitos que são reconhecidos pelo simulador são os seguintes:

MEMÓRIA: É representada por dois registradores que sempre são associados a ela, chamados Registrador de Endereços e Registrador de Dados. É sempre o primeiro circuito que deve ser definido nesta seção, e pode haver apenas uma Memória em cada computador simulado.

UNIDADE LÓGICO-ARITMÉTICA (S/S): Circuito que executa as operações Soma, Subtração, E-Lógico e OU-Lógico. Recebe duas barras de dados e gera uma barra de dados. Deve existir um circuito desses em cada computador simulado.

REGISTRADOR DE INSTRUÇÕES (RI): Representado por um registrador, é no entanto um registrador especial na seção Montagem, pois indica qual a instrução que está sendo executada.

REGISTRADOR: É um circuito que pode memorizar um dado com um número de bits múltiplo de oito. Recebe uma barra de dados e gera uma barra de dados, por exemplo, na linha 8 da figura 1b, RE é especificado como um registrador que recebe dados do circuito SS.

MULTIPLEXADOR: É um circuito que pode escolher uma dentre várias barras de dados. Recebe um número de barras de dados que pode variar de 2 a 8, e gera uma barra de dados.

CONSTANTE: É um circuito que gera uma barra de dados com um dado sempre constante.

REGISTRADOR DE CONTROLE DE ENTRADA: É representado por um registrador. Sempre que este registrador receber um dado, o conteúdo de um registrador a ele associado será o dado lido do dispositivo de entrada. A forma com que o dado fornecido é interpretado depende do dado recebido pelo Registrador de Controle de Entrada:

1. É lido um caracter;
2. É lido um dado em octal;
3. Passar para um novo registro de entrada (novo cartão ou linha).

O dado presente na barra de saída deste registrador é sempre zero.

REGISTRADOR DE CONTROLE DE SAÍDA: É representado por um registrador. Sempre que este registrador receber um dado, o conteúdo de um outro registrador a ele associado, será enviado ao dispositivo de saída. A forma com que o dado será impresso, depende do dado recebido pelo Registrador de Controle de Saída:

1. O conteúdo do registrador associado é tomado como Caracter;
2. O conteúdo do registrador associado é impresso em octal;
3. Avançar uma linha.

A arquitetura de um computador deve ter no máximo 40 circuitos. A interligação dos vários circuitos é feita através de barras de dados. Toda barra de dados é gerada por apenas um circuito, mas pode ser recebida por qualquer número de circuitos.

Todo circuito é identificado por um código de duas letras. A interligação dos vários circuitos é especificada através da indicação, para cada circuito, de qual é o circuito que gera cada barra de dados que ele recebe.

O controle dos circuitos é simulado estabelecendo-se li

nhas de controle em cada circuito. Essas linhas, de um bit cada, simulam as que são geradas pela Unidade de Controle nos computadores reais.

III.2. SEÇÃO INSTRUÇÕES

Nesta seção são descritas as instruções do computador. A figura 2a mostra um exemplo das instruções mencionadas na figura 2b.

```
INSTRUCOES DEFINIDAS

1    SM
2    SR
3    CA
4    AA
5    DI
6    DC
7    ES
8    LE

/*FIM
```

Figura 2b

Uma Micro-instrução pode especificar uma das seguintes operações:

Leitura na memória: exemplo na linha 2

Armazenagem na memória: exemplo na linha 35

Transferência de um registrador para outro: exemplo na linha 3

Somar o conteúdo de 2 registradores e armazenar o resultado em outro registrador: exemplo na linha 1

Subtrair o conteúdo de 2 registradores e armazenar o resultado em outro registrador: exemplo na linha 17

Fazer a operação E-Lógico de 2 registradores e armazenar o resultado em outro registrador: exemplo análogo à linha 1 onde o sinal "+" é substituído pelo "E"

Fazer a operação OU-Lógico de 2 registradores e armazenar o resultado em outro registrador: exemplo análogo à linha 1 onde o sinal "+" é substituído pelo "O"

Deslocar o conteúdo de um registrador de um bit para a direita: por exemplo (AC) D

Deslocar o conteúdo de um registrado de um bit para a esquerda: por exemplo (AC) E.

Para cada instrução especificada, deve ser especificado um código de duas letras que passa a ser o mnemônico da instrução, usado na seção Montagem. A cada instrução é então asso

```
/*INSTRUCOES QUE DEFINEM A LINGUAGEM DE MAQUINA DO COMPUTADOR SIMULADO
                                                        *
                                                        PARRRLMACLIUUUU
                                                        MSIFDTHCIFM1234


      INSTRUCAO NUM.  1                                   .   V   .   V   .   V
 1  1  DEFINE SM  (RE) = / 0/ +(CI)                      000100000000011
 2  2             (RD) =((RF))                           200010000000011
 3  3             (RI) = (RD)                            001000000000011
 4  4             (RE) = / 1/ +(CI)                      000100000000021
 5  5             (RD) =((RF))                           200010000000021
 6  6             (RE) = / 0/ +(RD)                      000100000000010
 7  7             (RD) =((RF))                           200010000000010
 8  8             (AC) = (AC) +(RD)                      000000010001000
 9  9             (CI) = / 2/ +(CI)                      000000001001131

      INSTRUCAO NUM.  2                                   .   V   .   V   .   V
10  1  DEFINE SR  (RE) = / 0/ +(CI)                      000100000000011
11  2             (RD) =((RF))                           200010000000011
12  3             (RI) = (RD)                            001000000000011
13  4             (RE) = / 1/ +(CI)                      000100000000021
14  5             (RD) =((RF))                           200010000000021
15  6             (RE) = / 0/ +(RD)                      000100000000010
16  7             (RD) =((RF))                           200010000000010
17  8             (AC) = (AC) -(RD)                      010000010001000
18  9             (CI) = / 2/ +(CI)                      000000001001131

      INSTRUCAO NUM.  3                                   .   V   .   V   .   V
19  1  DEFINE CA  (RE) = / 0/ +(CI)                      000100000000011
20  2             (RD) =((RF))                           200010000000011
21  3             (RI) = (RD)                            001000000000011
22  4             (RE) = / 1/ +(CI)                      000100000000021
23  5             (RD) =((RF))                           200010000000021
24  6             (RE) = / 0/ +(RD)                      000100000000010
25  7             (RD) =((RF))                           200010000000010
26  8             (AC) = (RD)                            000000010002010
27  9             (CI) = / 2/ +(CI)                      000000001002131

      INSTRUCAO NUM.  4                                   .   V   .   V   .   V
28  1  DEFINE AA  (RE) = / 0/ +(CI)                      000100000000011
29  2             (RD) =((RF))                           200010000000011
30  3             (RI) = (RD)                            001000000000011
31  4             (RE) = / 1/ +(CI)                      000100000000021
32  5             (RD) =((RF))                           200010000000021
33  6             (RE) = / 0/ +(RD)                      000100000000010
34  7             (RD) = (AC) +/ 0/                      000010000000002
35  8            ((RF))= (RD)                            100000000000002
36  9             (CI) = / 2/ +(CI)                      000000001000131

      INSTRUCAO NUM.  5                                   .   V   .   V   .   V
37  1  DEFINE OI  (RE) = / 0/ +(CI)                      000100000000011
38  2             (RD) =((RF))                           200010000000011
39  3             (RI) = (RD)                            001000000000011
40  4             (RE) = / 1/ +(CI)                      000100000000021
41  5             (RD) =((RF))                           200010000000021
42  6             (CI) = (RD)                            000000001000021
43  7             (CI) = / 0/ +(CI)                      000000001000111

      INSTRUCAO NUM.  6                                   .   V   .   V   .   V
44  1  DEFINE DC  (RE) = / 0/ +(CI)                      000100000000011
45  2             (RD) =((RF))                           200010000000011
46  3             (RI) = (RD)                            001000000000011
47  4             (RE) = / 1/ +(CI)                      000100000000021
48  5             (RD) =((RF))                           200010000000021
49  6             (CI) = (RD)          2 (AC)            000000001000021
50  7             (CI) = / 2/ +(CI) 6 (AC)               000000001000131

      INSTRUCAO NUM.  7                                   .   V   .   V   .   V
51  1  DEFINE ES  (RE) = / 0/ +(CI)                      000100000000011
52  2             (RD) =((RF))                           200010000000011
53  3             (RI) = (RD)                            001000000000011
54  4             (RE) = / 1/ +(CI)                      000100000000021
55  5             (RD) =((RF))                           200010000000021
56  6             (RE) = / 0/ +(RD)                      000100000000010
57  7             (RD) =((RF))                           200010000000010
58  8             (AC) = (RD)                            000000010002010
59  9             (RE) = (AC)                            000000100007010
60 10             (IM) = / 2/                            000000000012014
61 11             (CI) = / 2/ +(CI)                      000000001002131

      INSTRUCAO NUM.  8                                   .   V   .   V   .   V
62  1  DEFINE LE  (RE) = / 0/ +(CI)                      000100000000011
63  2             (RD) =((RF))                           200010000000011
64  3             (RI) = (RD)                            001000000000011
65  4             (LE) = / 2/                            000001000100014
66  5             (RE) = / 1/ +(CI)                      000100000000021
67  6             (RD) =((RF))                           200010000000021
68  7             (RE) = / 0/ +(RD)                      000100000000010
69  8             (AC) = (LE)                            000000010000010
70  9             (RD) = (AC) +/ 0/                      000010000000002
71 10            ((RF))= (RD)                            100000000000002
72 11             (CI) = / 2/ +(CI)                      000000001000131
```

Figura 2a

ciado um código de 5 bits, através do qual a instrução será reconhecida na seção Run. Esse código é o número binário correspondente à ordem em que cada instrução foi especificada. Assim por exemplo, a primeira instrução recebe o código 00001, a segunda o código 00010, e a trigésima segunda o código 00000.

Independente da descrição da arquitetura do computador efetuada na seção Computador, pode-se considerar que existe um Circuito Biestável associado à Unidade Lógico-Aritmética, que armazena uma indicação sobre a última operação executada por esse circuito: houve um Transporte de Vai-Um do bit mais significativo ou não. Além desse biestável, considera-se que associados a cada registrador existam mais 3 biestáveis, indicando respectivamente se o conteúdo do registrador é: negativo; par; zero.

Qualquer um desses biestáveis pode ser testado para permitir ou inibir a execução de qualquer micro-instrução. Sempre que uma micro-instrução estiver associada a uma condição, antes de sua execução a condição é testada, e caso ela não seja satisfeita, a micro-instrução é saltada.

Nesta seção o usuário pode requisitar do sistema o cordão de bits que deve ser gerado para controlar os circuitos especificados na seção Computador. O cordão de bits gerado contém uma especificação binária para cada uma das linhas de controle de cada circuito. Não é feita nenhuma multiplexagem das linhas, a não ser das linhas de controle de um mesmo multiplexador. As linhas de controle que não são usadas em uma dada micro-instrução são mantidas no mesmo nível do cordão de bits da micro-instrução anterior.

III.3. SEÇÃO MONTAGEM

Nesta seção, usando as instruções com os mnemônicos especificados na seção Instruções; o usuário pode especificar um programa para ser executado pelo computador descrito nas 2 seções anteriores. A figura 3 mostra um exemplo de um programa para a determinação do mínimo múltiplo comum de 2 números que pode ser executado no computador especificado nas figuras 1 e 2.

Qualquer valor numérico especificado nesta seção é interpretado como um número em octal. As instruções lidas são convertidas para o código de 5 bits estabelecido na seção anterior, e armazenadas na memória, uma instrução ou um número por byte de memória, começando pelo endereço um. Assim, dependendo do número de operandos fornecidos em cada instrução, o número de palavras gastas em cada instrução é variável.

III.4. SEÇÃO RUN

Nesta seção o simulador simplesmente executa o programa especificado na seção Montagem. Como exemplo, o resultado da simulação da execução do programa da figura 3 é mostrado na figura 4.

```
/*MONT

0001    LE 100
0003    ES 100
0005    LF 101
0007    ES 101
0011    CA 100
0013    SB 101
0015    DC 31
0017    CA 101
0021    SB 100
0023    DC 41
0025    ES 100
0027    DI 51
0031    CA 101
0033    SB 100
0035    AA 101
0037    DI 11
0041    CA 100
0043    SB 101
0045    AA 100
0047    DI 11
0051

/*FIM
```

Figura 3

```
/*RUN

** LR **  0030
** WR **  0004
** WR **  0004

/*FIM
```

Figura 4

O usuário toma contato com o resultado dessa execução de duas maneiras: através dos dados enviados pelo programa para o dispositivo de saída e, através dos valores assumidos por registradores escolhidos, quando tais registradores têm seu conteúdo modificado.

V. CONCLUSÕES

A LDSC foi preparada para ser usada na disciplina Organização de Computadores ministrada pelo Departamento de Ciências de Computação e Estatística do Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos - USP. Trata-se de disciplina obrigatória do Curso de Bacharelado em Computação e optativa para os demais cursos ministrados no campus de São Carlos da USP. Muitos alunos de Engenharia Elétrica/Eletrônica cursam essa disciplina com bastante interêsse.

Anteriormente à adoção da LDSC, as aulas dessa disciplina eram puramente teóricas, e os alunos tinham dificuldade em visualizar todas as operações e circuitos envolvidos na execução de uma única instrução em um computador.

Depois de adotada a LDSC, os alunos passaram a contar com um instrumento com o qual podem expressar suas idéias a respeito da arquitetura de computadores, verificar como a máquina por eles projetada se comporta e verificar como alterações nos vários níveis de especificação da máquina se refletem no resultado final. O aproveitamento durante o curso aumentou bastante, e muitos alunos inclusive têm desenvolvido trabalhos baseados nessa linguagem mesmo depois de terem sido aprovados na disciplina.

BIBLIOGRAFIA:

HAYS, G. - Computer-aided design - Simulation of Digital Design Logic. IEEE Trans. on Computers, Vol. C18, nº 1, Janeiro 1969.

JAYAKUMAR, M.S. & Mc CALLA, I.M. - Simulation of Microprocessor Emulation Using GASP-PL/I. IEEE Computer. Abril 1977.

RECCHIA, E.L. - Manual de Uso da Linguagem LDSC - SCE Documento do Trabalho nº 4, Março 1979.

STEWART, S.H. - LOGAL - A CHDL for Logic Design and Synthesis of Computers. IEEE Computer. June 1977.

Esse trabalho foi em parte desenvolvido dentro de um plano de trabalho de bolsa de iniciação científica concedida pelo CNPq ao estudante Edson Luiz Recchia, sob a orientação do professor Fernão Stella de Rodrigues Germano.

A concepção da LDSC, o projeto do Sistema de Simulação e sua aplicação ao ensino da disciplina Organização de Computadores foram feitos pelo engenheiro Caetano Traina Junior e contaram com o auxílio da FINEP e da FAPESP.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

CAPITULO N

EDUCACION EN COMPUTACION

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

TENDENCIAS METODOLOGICAS EN LA FORMACION DE LOS RECURSOS HUMANOS EN INFORMATICA

Carlos Cortés Amador

Facultad de Ingeniería, Postgrado Sistemas
Universidad Nacional de Colombia - Bogotá.

PRESENTACION.

El presente trabajo es un estudio sobre los problemas metodológicos que plantea la academia actual, en la formación de los Recursos Humanos en la Informática. Las evidencias empíricas para la región andina no son analizadas en este trabajo.

No está demás mencionar que así como existe una comunidad científica alrededor de la INFORMATICA, existe también movimientos sobre las investigaciones de Sistemas, la Cibernética y afines. Todos estos movimientos manifiestan su preocupación y sus realizaciones para aclarar lo que está ocurriendo en la actual EDAD DE LOS AUTOMATAS.

Posiblemente Latinoamérica en su conjunto no está en situación de generar autónomamente las más avanzadas tecnologías en el campo de la Informática. Pero esto de ninguna manera significa que deba estar por fuera de la discusión sobre los tópicos metodológicos, conceptuales, teóricos, epistemológicos e incluso técnicos que se tejen alrededor de la ya mencionada Informática.

Este trabajo pretende llamar la atención sobre algunos problemas metodológicos, que deben ser analizados en los planes de estudio de las Carreras de Computadores, Sistemas y similares, en cuanto a las implicaciones prácticas de tales problemas. El trabajo está organizado en la siguiente forma :

Inicialmente un planteamiento descriptivo de lo que es el Método las tendencias interpretativas de la edad automática. Luego un análisis sucinto de las formulaciones y perspectivas teóricas, con una inquietud final acerca de la importancia del estudio y análisis crítico de los llamados " paradigmas de Sistemas ".

QUE ES EL METODO ?

- Antes que una definición intentemos una descripción del método. En toda investigación se suponen :

- Un nivel teórico (ideológico)

- Un nivel epistemológico

- Un nivel de Métodos

- Un nivel de Técnicas

El Método está directamente relacionado con los procedimientos y las operaciones. Indirectamente con el nivel técnico mediante la experimentación y la medición. También indirectamente con el nivel teórico mediante la axiomatización.

Se dice una metodología cuando :

a) Hay un concenso de una Comunidad Científica acerca del conjunto de procedimientos y operaciones.

b) Cuando hay una validación determinada por la Lógica y la forma normalizada de la observación.

Una vez definida la Metodología, esta se presenta como el conjunto de operaciones y procedimientos, para atacar el objeto de investigación.

-Es en este momento donde el investigador debe diseñar su investigación,

lo cual conlleva :

- Observación

- Descripción

- Explicación

- Predicción

LA METODOLOGIA INFORMATICA

- No es posible una metodología informática sin matemáticas. Para un mejor entendimiento se divide dicha metodología en tres partes :

- Los Sistemas Generales

- La Investigación de Operaciones

- La Ingeniería de la Computación y el Control.

- Claro que el énfasis en uno u otro nivel de la investigación científica permite presentar la tradicional diferencia entre Ciencia pura y Ciencia aplicada.

LA RUPTURA EPISTEMOLOGICA EN LA EDAD DE LOS AUTOMATAS

- Hoy en día se ha convertido en evidencia teórica, el cambio de la concepción del mundo al estilo de la mecánica newtoniana,por una concepción cuántica.

- La gestación de esta ruptura presenta los siguientes ingredientes :

El primero es el cambio de concepción de la Física en cuanto tal .
El segundo tiene que ver con las investigaciones Lógicas, tanto en el terreno de la Lógica Matemática (Frege,Wittgenstein, Russell etc.), como en el terreno del Algebra y sus aplicaciones a la Física (Boole, De Morgan etc.). El tercero es la conceptualización de la Información y la Máquina.

- Dicha conceptualización se ha logrado merced, entre otros, a los trabajos de Shannon- Weaver, Ross Ashby , Wiener, Kolmogorov etc.

- Estos ingredientes permiten hablar de la conformación de nuevos paradigmas- Segun analiza Khun-.

DOS ESCUELAS SOBRE METODOLOGIA INFORMATICA

- Actualmente hay dos escuelas alrededor de la Metodología Informática:
i. La de los prácticos (muy en boga en Latinoamérica)

ii. La de los Cientistas

- Así :

i. La de los prácticos

- Para estos el método:
  1. De inmediato es reductible al mundo de los negocios y de los clientes. Algo asi como un " short- catalogue " que sea tan eficiente que sirva para solucionar cualquier problema práctico.
  2. Es un producto en el cual se acentúan las herramientas y las técnicas, los procedimientos, los manuales, los modelos en cuanto su empleo inmediato.

ii. La de los Cientistas

- Para estos el método :
1. Es una consecuencia de la naturaleza del mundo, pues este es un continuum y esto permite una visión integral. De manera que el mundo tiene una morfología que permite abstraer diferentes SISTEMAS, según órdenes, estructuras, niveles y funciones de la realidad.
2. Lo anterior permite, de un lado construír modelos según los isomorfismos matemáticos, y de otro, afirmar una epistemología única y relacional según el esquema emisor- receptor- canal.
3. El método queda apuntalado en una ontología que posibilita la construcción de modelos como parte de la producción simbólica dentro de la invención de las " formas de invención" en aras de una pragmática.

TENDENCIAS INTERPRETATIVAS DE LA EDAD AUTOMATICA

- Los investigadores informáticos, llámense teóricos de los Sistemas, estructuralistas, cibernéticos etc., se agrupan en tres tendencias interpretativas :
i. La tendencia técnica y tecnológica

ii. La tendencia matemática

iii. La tendencia filosófica

- Así :
i. La tendencia técnica y tecnológica.

- Para estos lo importante de la informática está en :

- Las técnicas de Computación (para los Sistemas Operacionales o para la programación de los negocios). Las espectacularidades de las técnicas recientes (teleprocesamiento, sistemas distribuídos, tiempo real etc.). El énfasis de esta tendencia se observa en los planes de estudio, en los temas de investigación, en las aplicaciones , etc.

ii. La tendencia matemática

- Para estos lo importante de la informática radica en las aplicaciones matemáticas (Investigación Operacional, teoría de juegos y la decisión, descripción matemática mediante ecuaciones diferenciales, estudio de la estabilidad etc.)

iii. La tendencia filosófica

-Para estos la informática está ubicada dentro de un largo proceso del pensamiento occidental. Esta tendencia reflexiona sobre esta tradición y plantea algunos problemas alrededor de :
1. Cuál es la demarcación entre Ciencia y Filosofía (Ver Popper, Bunge, James etc.). 2. Cuáles son los paradigmas de la informática. 3. Cuál es el cambio ontológico que propone la informática. Y en este último punto:

- Pretensiones de una ontología para teorizar sobre la administración.

- Toma de decisiones en el sentido de la optimalidad.

- La evaluación de la administración y la ejecución según consideraciones éticas.

- Realización ontológica para resolver problemas de gobierno o dirección

- La construcción de modelos mediante lenguajes apropiados.

UNA NUEVA FORMULACION TEORICA

- Dentro de la"atmósfera de los tiempos" se pretende la formulación de teorías que recogan la discusión esquematizada brevemente en este trabajo. Esta formulación es posible por :

1. La realización de posibles generalizaciones por encima de inducciones y singularidades. Esta realización es teóricamente posible al concebir el mundo como un continuo.

2. Una exposición sistemática de la complejidad que presenta el universo.

3. Un espacio pragmático de ese continuo complejo en la edad de los autómatas es factible observar en :

- El análisis social y político

- El análisis económico

- El análisis ético y religioso

- La aplicación de las computadoras en las telecomunicaciones, la educación, la planeación etc.

4. Una nueva dimensión de las cuestiones sicológicas y sociales :

- Las relaciones entre sicoanálisis, conductismo, cibernética

- La relación de los modelos parsonianos- estructural/ funcionalistas- y los nuevos modelos informáticos.

5. La discusión de los elementos cibernéticos en esta nueva formulación teórica presenta :

- El asunto de la dirección en cuanto a la toma de decisiones, según

los conceptos anexos a la maximización.

- La formulación del concepto de máquina, tanto para los autómatas propiamente tales, como para los organismos vivos y las organizaciones sociales (cuestiones atinentes a la pluralidad del continuo)

- Los problemas de la administración y la política desde la perspectiva cibernética.

- En cuanto a la teoría general de Sistemas llama la atención que esta teoría busca recoger la discusión acerca del Método, la Epistemología, la Filosofía en general, la presentación matemática y tecnológica.

-Aquella teoría se presenta como una aproximación " holística " según una nueva epistemología y una teorización dentro de una"nueva visión del mundo ". Los investigadores de sistemas la destacan como :

1. La intersección de una concepción y de una práctica aglutinadas estas y aquellas alrededor de unos cuantos paradigmas según los lenguajes rigurosos.

2. Una teoría que es la vez descripción e interpretación, que subsume las teorías anteriores.

3. Como una construcción de gran generalización cuyos modelos especializados están dirigidos a la práctica.

4. Como una construcción fundamental para el manejo y administración de sistemas complejos.

LAS PERSPECTIVAS TEORICAS ACTUALES

- Además de las ya mencionadas (teoría de juegos, decisiones etc), están las perspectivas teóricas relacionadas con diferentes áreas del conocimiento.

1. Investigaciones en estudios cognoscitivos.

- Heurística conversacional. Investigaciones de tipo sicológico y linguístico .

- Modelos de inteligencias artificiales (modelos de percepción visual, auditivos etc.)

- Diseño de programación y representación de lenguajes.

2. Investigaciones sobre usos del computador, Por ejemplo en las diferentes técnicas educativas.

3. Investigaciones en sistemas complejos.

- Teoría de Sistemas con incertidumbre, sistemas de " fuzzy" , teoría " net ",=análisis etc .

- Modelos aplicados a las diferentes industrias, administración de negocios,manejos - management - y aspectos relacionados.

4. Investigaciones en Sistemas Sociales. Ilustrativos son los modelos del mundo apoyados en las técnicas de Forrester y demás .

5. Investigaciones varias sobre teoría General de Sistemas.

6. Investigaciones en cuestiones filosóficas.

- No está de más hacer hincapié en la importancia del estudio y análisis crítico de estas tendencias cobijadas por el peyoratívamente llamado " paradigma de los Sistemas ".

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

PROPUESTA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN DE ACCION DE INFORMATICA Y SISTEMAS

Enrique S. Draier
Rodolfo J. Naveiro

Universidad Argentina "John F. Kennedy"
Bartolomé Mitre 1411
1037 Buenos Aires - Argentina

1. OBJETIVO DEL TRABAJO

Los autores proponen, a partir del análisis de la situación del país en materia de enseñanza universitaria en el campo de la Informática, una modificación de fondo del esquema actual.

Ello consiste en reconocer el hecho que los cambios tecnológicos hacen posible y a la vez necesario que los profesionales de distintas disciplinas se especialicen en el desarrollo de sistemas de información para cada disciplina en particular.

Sin embargo, se reconoce también la necesidad de una carrera totalmente orientada a la explotación de los recursos del procesamiento electrónico de la información. A los efectos de la implementación del plan propuesto se prevé una etapa de reconversión profesional y de actualización permanente por medio del nivel de post-grado.

2. ANTECEDENTES

A comienzos de la década del 80 puede observarse una multiplicidad de planes de estudio correspondiente a la formación de técnicos y profesionales en Informática en la República Argentina.

Son conocidos diversos informes que describen exhaustivamente esta situación, en particular el estudio del Ing. I. Marín "Las carreras de Ingeniería y la Enseñanza de la Informática y Sistemas en Argentina".

A criterio de los autores esta situación puede esquematizarse por:

a) Diversidad de títulos profesionales.
b) Diversidad de planes de estudio.
c) Excesiva diferencia de niveles académicos entre los centros de enseñanza.
d) Tradicional tendencia a formar un profesional en Informática, como actividad genérica.
e) Existencia de gran número de profesionales graduados en otras disciplinas (Ingeniería, Ciencias Económicas) que actúan en el área de informática.
f) Permanente discusión sobre las incumbencias profesionales de esta actividad y su correlato de matriculación en Consejos Profesionales.
g) Total ausencia de planes de investigación organizada en las Universidades.
h) Demanda de profesionales continuamente creciente.
i) Verificación de la escasa incidencia de los títulos profesionales en la selección de los recursos humanos en el área de Informática.
j) Multiplicidad y confusión de términos indentificatorios de la especialidad y sus tareas.
k) Considerable retraso en la adaptación de la política educativa a los cambios tecnológicos, que se extiende también al ejercicio profesional.
l) Amplio consenso sobre la inconveniencia de prolongar esta situación, y la necesidad de adpotar medidas correctivas de fondo.

Lo anterior se refiere a la República Argentina, aunque problemas similares existen en muchos otros países, aún en los precursores de esta actividad.

3. PROPUESTA

3.1 AMBITOS E INCUMBENCIAS PROFESIONALES

Esta generación asiste a lo que algunos denominan "La Revolución Informática". Es decir la popularización del uso de los medios de procesamiento electrónico de datos.

En muy poco tiempo, menos de 25 años, hemos pasado, gracias a la tecnología, de un uso restringido, costoso y de prolongada implementación al aprovechamiento generalizado de procesadores, en tareas de toda índole, cada vez más económicamente.

Esta situación planteó originalmente la necesidad de especialistas en Informática que, además de conocer profundamente el hardware y el software a su disposición, debían interpretar las necesidades de los usuarios y desarrollar sistemas de información fuertemente acotados por las limitaciones de los recursos.

Hoy la potencia disponible a costos accesibles permite enfocar el problema de un modo totalmente nuevo.

No caben dudas que gracias a los sistemas interactivos y los lenguajes conversacionales (Query), entre otros, la Informática se ha acercado notablemente a los usuarios y ya no es necesario por parte de estos obtener un prolongado entrenamiento.

Es así, como resulta evidente la conveniencia de disponer la especialización en Informática de los profesionales en las diversas disciplinas tradicionales (Ciencias Económicas, Ingeniería, Medicina, Derecho, Arquitectura, etc.), en lugar de formar un profesional en Informática que se vea obligado a aplicar técnicas cada vez menos específicas a áreas de complejidad y diversidad creciente. La progresiva reducción de la demanda de estos profesionales verifica lo citado.

Por otro lado esta evolución tecnológica requiere de especialistas calificados, idóneos en la generación, adaptación, normalización, entrenamiento y soporte técnico de los recursos de Hardware y Software. Los conocimientos necesarios para esta formación profesional son las llamadas "Ciencias de la Computación".

Por la ya mencionada, amplia, generalizada y multidisciplinaria utilización del procesamiento electrónico de datos, ya no es posible definir una incumbencia profesional ya que ésta queda totalmente absorbida por las incumbencias propias del área a la cual se aplique.

3.2 CARRERAS DE GRADO

Desde el punto de vista de las carreras de grado los autores de este trabajo proponen:

a) Incluir materias de Informática en todos los planes de estudio de carreras universitarias, que implique la utilización de las computadoras para la resolución de problemas específicos de dicha carrera, a nivel de usuario final.

b) Incorporar una especialización en Informática para todas y cada una de las carreras universitarias actuales.

   Este profesional será el responsable del diseño, implementación y/o explotación de sistemas de información aplicados a su rama profesional.

c) Concentrar en una única carrera específica, Informática o Ciencias de la Computación, la formación de graduados profundamente especializados en el tema.

   Su ámbito profesional será la investigación y desarrollo de todo lo atinente a los sitemas electrónicos de procesamiento de datos, sin entrar en aplicaciones particulares.

   Este profesional deberá estar capacitado en arquitectura de sistemas, sistemas operativos, monitores de teleprocesamiento, administradores de bases de datos, lenguajes y traductores, entre otros.

Para ilustrar lo propuesto anteriormente se citan los siguientes ejemplos:

SISTEMA DE INFORMACION JURIDICA

a) Todo abogado deberá estar en condiciones de extraer (retrieve), información sobre legislación y jurisprudencia a través de una terminal de computadora utilizando para ello un lenguaje de consulta especializada (Query Language).

b) Algunos abogados especilizados en sistemas de Informática jurídica habrán sido los responsables del desarrollo, implementación y mantenimiento del sistema mencionado en el párrafo anterior.

c) A su vez, el profesional en Informática habrá sido el responsable por el dimensionamiento y selección del hardware y del software del sistema. Esto incluye determinación de características de los procesadores, dispositivos de almacenamiento, equipos de comunicaciones, sistema operativo, monitor de TP, DBMS, estructura del lenguaje de consulta, etc.

SISTEMA DE INFORMACION ADMINISTRATIVA

a) Todo profesional en Ciencias Económicas o de Administración podrá acceder al sistema de Información por medio de una terminal a los efectos de conocer los saldos de cuentas corrientes, incorporar cuentas a su contabilidad general o extraer determinados datos y efectuar relaciones o cálculos con ellos

b) Como en el caso anterior el sistema mencionado habrá sido desarrollado por profesionales en Ciencias Económicas especializados en Sistemas de Informática Administrativa.

c) Las tareas a cargo del profesional en Informática son similares a las indicadas en el caso anterior.

SISTEMA DE INFORMACION DE INGENIERIA

a) Todo ingeniero deberá estar en condiciones de usar una terminal, mini-computadora o computadora para obtener datos sobre tecnología, organización, mercado para su producción, etc. y para procesar cálculos y análisis estadísticos sobre estos temas. Esto incluye por ejemplo, cálculos estructurales, diseños, gráficos, lay-outs, planes de trabajo, controles de producción, sistemas de administración de fábricas, etc.

b) Como en los casos anteriores los sistemas mencionados serán diseñados, implementados, mantenidos, y en algunos casos operados por ingenieros especializados en sistemas de Informática aplicada a la ingeniería.

c) Los profesionales de Informática tendrán el mismo rol que en los ejemplos anteriores, de acuerdo con las necesidades específicas de cada caso.

Obviamente, se pueden pensar ejemplos similares para muchas otras actividades profesionales: medicina, arquitectura, y así sucesivamente.

3.3 ESTUDIOS DE POST-GRADO

Sin duda es necesario prever soluciones permanentes para el problema de la actualidad de los conocimientos y experiencias profesionales, así como brindar la posibilidad de especialización profunda en determinados temas. Por otra parte es a este nivel donde deben incluirse los planes de reconversión profesional para el período de transición e inclusive considerar seriamente la posibilidad de su permanencia posterior.

Es deseable que los futuros docentes e investigadores posean esta formación para asegurar el más alto nivel académico en nuestras universidades.

4. PLAN DE ACCION

Es necesario comenzar de inmediato a tomar medidas para poner en práctica estas ideas, para poder tener dentro de 5 a 8 años, profesionales con formación acorde con ellas. Pero además, es necesario tener en cuenta dos consideraciones aún no mencionadas.

a) Durante algún tiempo parte del mercado seguirá requiriendo analistas de sistemas del tipo tradicional, para servir a aquellos profesionales de otras áreas que aún no están familiarizados con la Informática, y a los que seguirán de otras carreras, mientras no se incluya en ellas, la formación básica en Informática mencionada en el punto 3.2.a).

b) Es necesario reconvertir aquellos profesionales o egresados de las carreras actuales, incluso las de informática, sistemas, computación, etc. de modo que puedan seguir actuando eficientemente dentro del nuevo esquema.

4.1 LANZAMIENTO DEL PLAN

Los planes de estudio mencionados en, 3.2.a) y, 3.2.b) pueden y deben comenzar de inmediato, con la inclusión de materias de Informática en todas las carreras básicas, y creación

de la orientación en Informática en cada una de ellas.

El plan actual de estudios de las carreras de Informática, sistemas, computación, etc., deberá ser modificado con el doble objeto de seguir proveyendo profesionales generales para la época de transición, e irse adecuando paulatinamente a las nuevas necesidades. Es decir, comenzar con un plan de estudios similar al actual pero en el cual se irán introduciendo modificaciones de modo que dentro de 4 o 5 años sus egresados respondan al perfil de Informática propiamente dicha, tal como se define en el punto 3.2.c). Al mismo tiempo debe permitirse que los profesionales egresados durante este tiempo, puedan irse orientando según su vocación, hacia el campo estrictamente informático o hacia el de la profesión usuaria de sus servicios.

Los autores opinan, en el caso particular de la Universidad Argentina John F. Kennedy, que la mayoría de los estudiantes se dirigirán, o bien al área de Informática propiamente dicha, o bien a la de Administración de Empresas. Esto último, reconoce el hecho de que la mayoría de nuestros actuales estudiantes están interesados en las aplicaciones de la Informática a este campo particular. Esta transición debe facilitarse con un adecuado acercamiento entre los planes de estudio de ambas carreras.

4.2 RECONVERSION PROFESIONAL

Esta necesidad ha sido contemplada en el punto anterior, al prever desde el comienzo, profesionales reconvertibles para el período de transición. Pero, es necesario prever además la reconversión de los que actúan hoy en el campo de la Informática aplicada, que deberían orientarse hacia el campo de la Informática propiamente dicha o, hacia el de la profesión usuaria en cuyo ámbito están actuando. Para ello son necesarios, tanto cursos adicionales para completar la formación Informática de los que así lo deseen, como, otros destinados a completar la formación en el área de aplicación.

4.3 ESPECIALIZACION Y ACTUALIZACION PERMANENTE

Este es el ámbito tradicional de las carreras y cursos de post-grado, especialmente necesarios en esta área debido a que:

a) Son el vehículo más idóneo para afrontar la reconversión y transición mencionadas en los puntos 4.1 y 4.2.

b) Es necesario mantenerse al día con el cambio tecnológico, siendo ello válido para todos los profesionales, sean de las carreras que tengan sólo una formación básica en Informática, como, para los especializados en aplicar la Informática dentro de cada profesión, y más aún los especialistas en Informática propiamente dicha.

5. CONCLUSIONES

Resumiendo, los autores proponen tres niveles de formación universitaria en Informática, a saber:

** Formación básica para profesionales de todas las ramas como usuarios finales.

** Formación especializada para profesionales de todas las actividades cuya responsabilidad sea el diseño e implementación de Sistemas de Información de su rama profesional.

** Formación específica en Tecnología Informática que cubra los espectos de Arquitectura de Sistemas y Software general, fundamentalmente.

El plan de acción propuesto incluye la reconversión y actualización permanente de los profesionales durante y posteriormente al período de transición.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

NECESIDADES DE RECURSOS HUMANOS ESPECIALIZADOS EN COMPUTACION E INFORMATICA Y SU SOLUCION A TRAVES DE UN PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITACION

UNA EXPERIENCIA CHILENA: EL PLAN NACIONAL DE CAPACITACION INTENSIVA EN PROCESAMIENTO DE DATOS

José Duran Reyes

Centro de Computación (CECUTE)
Universidad Técnica del Estado
Matucana 28-D, Santiago de Chile

Juan Melgarejo Melgarejo

Centro de Computación (CECOM)
Facultad Medicina Stgo. Norte
Universidad de Chile
Independencia 1027, Santiago de Chile

INTRODUCCION.

La necesidad de contar con recursos humanos calificados en el área de computación e informática representa una situación crítica en el mundo actual. La justificación para dar solución a este problema a un nivel nacional es evidente, en especial considerando :

- La elevada dinámica que experimenta el desarrollo de computación e informática en los países altamente industrializados.
- El impacto persistente de nuevos equipos de computación, métodos y técnicas que optimizan la solución de problemas de información.
- La limitación de recursos económicos y humanos calificados disponibles para el desarrollo de programas de enseñanza.
- La presencia cada vez más cercana del uso del computador a la persona en el acontecer socio-cultural.

- La relación cada vez más estrecha entre el desarrollo económico de los países y la utilización del computador.
- La imperiosa necesidad de mejorar la eficiencia de las aplicaciones y el uso de computadores instalados.
- El carácter multidisciplinario que ha adquirido la utilización de las técnicas de computación e informática en el medio social.

Son éstas, entre otras razones, las que obligan a preparar un plan integral que resuelva adecuadamente esta necesidad y que, además, requiere la formulación de un estudio de diagnóstico que tenga presente la interrelación de entidades formativas y de especialización de recursos humanos (Universidades, Institutos, Escuelas, Empresas Proveedoras de Equipos Computacionales, etc.).

A medida que se observa un crecimiento del volumen de requerimientos de informática, y por otra parte aumenta el parque de computadores y se incorporan nuevas tecnologías y técnicas, se crea la necesidad, cada vez más sistemática, de formar, capacitar y especializar recursos humanos en el área.

Esta formación de recursos humanos se resuelve a través de actividades de educación, capacitación y entrenamiento, que debe considerar los siguientes niveles :

i) Formación en Enseñanza Media.

ii) Formación básica, profesional y de postgrado en las Universidades.

iii) Capacitación y entrenamiento.

La actividad de formación en Enseñanza Media en Chile se inició a fines de la década del 60, con la incorporación oficial de la Unidad Programática de Computación en el plan respectivo de la Asignatura de Matemáticas. Sin embargo, el grado de implementación a nivel nacional se ha desarrollado en forma paulatina, pero sin la celeridad recomendable.

La capacitación se entiende como el conjunto de actividades de enseñanza orientada a proporcionar nuevos conocimientos y técnicas en forma no regular, a corto plazo, a través de cursos, seminarios y otros ciclos de especialización.

El entrenamiento se considera como el conjunto de actividades que incluyen el aprendizaje y uso de técnicas con el fin de facilitar el manejo, operación y aprovechamiento de los recursos computacionales disponibles. Constituyen, por lo general, actividades orientadas hacia instituciones específicas, y en nuestro país básicamente llevadas a cabo por los proveedores de equipos computacionales.

La formación básica-profesional y de postgrado se efectúa a través de las universidades existentes en Chile.

UNA EXPERIENCIA CHILENA : EL PLAN NACIONAL DE CAPACITACION INTENSIVA EN PROCESAMIENTO DE DATOS.

En especial, este trabajo se abocará fundamentalmente a describir una experiencia respecto al rol de la capacitación y entrenamiento en Chile realizado a través del Plan Nacional de Capacitación Intensiva en Procesamiento de Datos, PLANACAP, organismo creado el 22 de Mayo de 1975 a través de un convenio suscrito por la Universidad de Chile, la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad Técnica del Estado y la Empresa Nacional de Computación e Informática Limitada (ECOM).

Es importante destacar que algunas de las consideraciones básicas para iniciar el programa fueron :

- El incremento en Chile del número de computadores proyectado para el año 1975 significaba un aumento de la capacidad instalada estimada en más de un 200 por ciento.
- El crecimiento de la demanda de especialistas en los diversos niveles no podía ser atendido mediante la formación regular uni

versitaria, puesto que la duración de las carreras para este tipo de profesionales fluctuaban entre seis y doce semestres.

- Los computadores adquiridos, o en vías de serlo, significaban una gran inversión para el país, que sin el suficiente personal calificado sería mal aprovechada durante varios años.

Al inicio de las actividades de la primera etapa se dejó claramente establecido que el nivel de formación proporcionado sería el de capacitación, y en ningún caso existiría equivalencia con los planes regulares de las carreras universitarias.

La responsabilidad y coordinación general del Plan correspondería a un Comité Directivo Central integrado por cinco personas.

La elaboración de los programas de enseñanza, textos de estudio, preparación de casos prácticos, ejercicios, problemas y otros estudios que fuesen necesarios, serían elaborados por Comisiones Técnicas, estructuradas con especialistas designados por las instituciones participantes.

Desde el punto de vista económico, no existirían fines de lucro y las actividades que se realizaran deberían autofinanciarse.

Con el objeto de dar flexibilidad y dinamismo a la coordinación y ejecución de tareas administrativas, se delegó la administración general del Plan a la Empresa Nacional de Computación e Informática Ltda..

PUESTA EN MARCHA DEL PLAN NACIONAL.

Luego de un intenso esfuerzo realizado por dichas instituciones se logró, en un corto plazo, implementar los programas de enseñanza y preparar los textos de estudios, ejercicios, casos prácticos, etc., requeridos para las cuatro especialidades que se definieron como prioritorias en dicho convenio, es decir,

Operación de Computadores, Programación-Codificación COBOL, Diseño Computacional y Análisis de Sistemas.

EXTENSION A NIVEL REGIONAL.

Con el fin de atender a nivel nacional los requerimientos importantes en capacitación, PLANACAP ha difundido su acción en aquellas regiones del país en que efectivamente existen Centros de Computación y necesidades de recursos humanos calificados. Desde su puesta en marcha han adherido al Convenio las siguientes instituciones :

II	Región	Universidad del Norte de Antofagasta.
V	Región	Universidad Técnica Federico Santa María de Valparaíso.
VIII	Región	Universidad de Concepción. Centro Regional de Computación e Informática de Concepción CRECIC.
X	Región	Universidad Austral de Valdivia.

PLANIFICACION DE LAS ACTIVIDADES.

La orientación de la planificación y administración general del Plan es llevada a cabo por el Comité Directivo y ocasionalmente ampliado con la presencia de representantes de Planacap en las Regiones (II, V, VIII y X).

Es importante destacar que superadas las necesidades más críticas de recursos humanos en las distintas especialidades, el Comité Directivo ha tenido cuidado en no producir un superávit de especialistas y ha requerido los esfuerzos de las entidades en las siguientes líneas de acción :

i) Intensificar la formación de especialistas en ejercicio, a través de cursos especiales de reciclaje.

ii) Organizar seminarios para la difusión y motivación de técnicas y métodos computacionales en otros sectores de la actividad social. (Salud, Ingeniería, Sector Bancario, Previsional, Minería).

iii) Reestudiar los programas definidos inicialmente revisando y redactando el material docente, conforme a consideraciones debidamente estudiadas por Grupos Técnicos y sancionados por el Comité Directivo.

ADMINISTRACION DEL PLAN.

La administración del Plan, incluye las actividades de apoyo necesarias para que las labores académicas puedan realizarse apropiadamente, comprende : Administración docente, financiera y general.

COORDINACION DE CURSOS Y SEMINARIOS.

Cada curso, seminario o conferencia es coordinado por una persona o comisión organizadora que es responsable de la planificación y desarrollo de la actividad específica.

El coordinador de cada curso o la comisión organizadora de Seminario o Conferencia, etc., propone al Comité Directivo la programación de actividades incluyendo Fechas, Relatores o Instructores, Presupuesto de Gastos e Ingresos.

REQUISITOS Y OBJETIVOS DE CURSOS DE PLANACAP

CURSO	REQUISITOS	OBJETIVOS
Análisis de Sistemas.	- Ser egresado de Carrera Universitaria de 5 o más años. - Aprobar test de conocimientos computacionales. - Aprobar test de aptitudes.	Este curso tiene por objetivo preparar especialistas, que trabajan en el desarrollo de Sistemas de Información para la gestión.
Diseño Computacional.	- Licencia Secundaria. - Conocer un lenguaje de Programación. - Test de Aptitudes y Conocimientos Computacionales.	Capacitación en el Diseño de Sistemas Computacionales, para desempeñarse como vínculo entre Analista de Sistemas y el Programador.
Programador de Sistemas	- Dos años de experiencia como programador de Aplicaciones.	Preparar especialistas, cuya labor esté orientada hacia el equipo, con la formación necesaria de Sistemas Operativos, y que puede colaborar en el desarrollo, mantención y explotación de Software, especialmente diseñado para especialistas en el área de Sistemas Operativos.

CURSO	REQUISITOS	OBJETIVOS
Programadores Codificadores	- Licencia Secundaria - Test de Aptitudes	Capacitar especialistas en programación y codificación de programas en determinados lenguajes, para aplicaciones típicas de procesamiento de datos.
Operación de Computadores	- Licencia Secundaria - Test de Aptitudes	Formar especialistas capacitados para realizar las funciones necesarias en el procesamiento de trabajos, en un determinado computador o línea de computadores.

ESTADISTICA DE CURSOS DESARROLLADOS POR PLANACAP EN LA REGION METROPOLITANA

(PERIODO: 1975 - 1980)

AÑO		OPERACION	PROGRAMACION	DISEÑO	ANALISIS SISTEMAS	PROG. DE SISTEMAS	T O T A L CURSOS	MATRIC.	EGRES.
1975	Nº Cursos	3	7	1	3		4		
	Matric.	125	350	41	126			642	
	Egres.	98	207	28	83				416
1976	Nº Cursos	1	3	1	4	1	10		
	Matric.	49	150	24	155	17		395	
	Egres.	42	73	17	102	11			245
1977	Nº Cursos	2	4	1	4		11		
	Matric.	99	169	38	166			472	
	Egres.	70	82	33	132				317
1978	Nº Cursos	4	6	1	2		13		
	Matric.	148	263	25	91			527	
	Egres.	119	151	22	70				362
1979	Nº Cursos	3	2	1	2		8		
	Matric.	120	85	46	57			308	
	Egres.	94	66	34	70(*)				264
1980	Nº Cursos	4	3	1	5		13		
	Matric.	184	147	54	218			603	
	Egres.	137	96(**)	43	164(**)				440(***)
TOTAL	Nº Cursos	17	25	6	20	1	69		
	Matric.	725	1164	228	813	17		2947	
	Egres.	560	675(***)	177	621(***)				2044(***)

(*) Egreso superior al ingreso a raíz de incorporación de alumnos remanentes a mediados del curso.

(**) Egresos estimados, por cuanto los cursos aún están en desarrollo al momento de imprimirse este trabajo.

(***) Incluye los egresos estimados de 1980.

RESUMEN TOTAL DE CURSOS EFECTUADOS EN LA REGION METROPOLITANA

(PERIODO 1975 - 1980)

CURSOS	69	
MATRICULA	2947	Alumnos
EGRESO	2044	Alumnos (*)

(*) Incluye los egresos estimados de 1980.

SEMINARIOS REALIZADOS POR PLANACAP EN LA REGION METROPOLITANA (SANTIAGO)

(PERIODO : 1976 - 1980)

AÑO 1976

EVENTO	CANTIDAD	OBJETIVO
Aplicación de Computación de la Industria de Minas y Metalurgia.	1	Difundir aplicaciones de Computación e Informática en dicha área, intercambiar ideas sobre realizaciones concretas.
Aplicación de Computación a la Ingeniería Eléctrica.	1	Difundir aplicaciones de Computación e Informática en dicha área, intercambiar ideas sobre realizaciones concretas.
Administración de Centros de Procesamiento de Datos.	1	Presentar los elementos necesarios para la conducción de un Centro de Procesamiento de Datos, considerando la experiencia de otras empresas.
Informática y Computación en la Gestión Administrativa.	2	Orientado a ejecutivos que tienen la responsabilidad de decidir y/o controlar la implantación y desarrollo de la Informática y Computación.
Aplicaciones de Teleproceso.	1	Difundir las técnicas básicas de Teleprocesamiento y la importancia del empleo de Bases de Datos.

AÑO 1977

EVENTO	CANTIDAD	OBJETIVO
Administración de Bases de Datos.	1	Entregar a los especialistas del área una visión distinta a la tradicional en el enfrentamiento de problemas de computarización de sistemas de información administrativas, proporcionando para ello, conocimientos del enfoque teórico de los sistemas de administración de Bases de Datos, y entregando además, una visión integrada de las principales experiencias recogidas en nuestro país.
Seminario para Ejecutivos del Banco Central de Chile.	2	Orientado a ejecutivos del Banco Central de Chile, que tiene la responsabilidad de decidir y/o controlar la implantación y desarrollo de la informática y computación en las distintas Gerencias.
Informática y Computación en la Gestión Administrativa	1	Mostrar el estado actual de estas técnicas, aplicadas a la administración de empresas e instituciones, y los beneficios y costos involucrados en su aplicación.

EVENTO	CANTIDAD	OBJETIVO
Bases de Computación aplicada al área Bio médica y de Salud.	2	Proporcionar conceptos básicos, como así también dar instrucción elemental respecto a métodos de tratamiento de información que permita comprender, valorar y estimular la aplicación de estas materias en el campo asistencial, docente y de investigación.
Técnicas de Diseño Computacional.	2	Proporcionar herramientas y antecedentes sobre técnicas de Análisis de Sistemas y Diseño de procesos computacionales.
Informática y Computación para medios de Comunicación Social.	2	Proporcionar una visión general de informática y computación, con el fin de incrementar el conocimiento y comprensión de los participantes en torno a estas disciplinas, orientado de tal manera, que puedan identificar y manejar en forma eficiente noticias e informaciones sobre computación e informática, procurando además, motivarle acerca de la importancia y alcance de la utilización de la tecnología computacional en la sociedad actual.

EVENTO	CANTIDAD	OBJETIVO
Segundo Seminario de Administración de Centros de Procesa - miento de Datos.	1	Orientado a presentar los elementos necesarios para la conducción de un Centro de Procesamiento Electróni co de Datos (CPD). Consi- derando las caracterísi - cas que presenta la admi- nistración de un CPD, y planificado de tal manera que permita integrar ele - mentos teóricos de adminis tración de éste con la ex- periencia recogida en di- versas empresas.

AÑO 1978

EVENTO	CANTIDAD	OBJETIVO
Seminario Internacio nal de Invierno so - bre desarrollo de Software confiable.	1	Difundir el conocimiento de las metodologías de de- sarrollo de software y es- tablecer una forma de transferencia de tecnolo - gía, basada en la experien cia de Brasil aportada por relatores extranjeros.
Bases de Computación aplicada al área Bio médica y de Salud.	2	Proporcionar conceptos bá- sicos, como así también dar instrucción elemental respecto a métodos de tra- tamiento de información que permita comprender, va lorar y estimular la apli- cación de esta materia en el campo asistencial, do - cente y de investigación.

EVENTO	CANTIDAD	OBJETIVO
Primera Conferencia Internacional sobre Aplicaciones de la Computación e Informática al área de la Salud.	1	Mostrar, a través de la participación de expertos nacionales y extranjeros, el estado de desarrollo y las aplicaciones de la computación e informática en el área de la salud. Y dar acceso a la presentación de trabajos, de manera de posibilitar el intercambio de ideas, la discusión y la motivación de los problemas tratados.
Introducción y Diseño de Bases de Datos.	2	Orientado a entregar herramientas y conceptos a especialistas en sistemas de información, con el fin de que desarrollen sus sistemas bajo el enfoque de Bases de Datos.
Programación Estructurada.	1	Proporcionar antecedentes y herramientas a un nuevo enfoque sobre programación.

AÑO 1979

EVENTO	CANTIDAD	OBJETIVO
Análisis de Perfo - mance.	1	Dar a conocer las técnicas y herramientas del análi - sis de desempeño de equi - pos computacionales a los ejecutivos, planificadores y administradores de insti tuciones y empresas que tienen o piensan adquirir computadores.
Bases de Datos.	1	Entregar a los especialis- tas del área una visión distinta a la tradicional en el enfrentamiento de problemas de computariza - ción de sistemas de infor- mación administrativos, proporcionando para ello, conocimientos del enfoque teórico de los sistemas de administración de bases de datos.
Teleprocesamiento de Datos.	1	
Ingeniería de Soft ware.	1	

CEDINFOR

AÑO 1980

EVENTO	CANTIDAD	OBJETIVO
Segunda Conferencia Internacional sobre aplicaciones de Computación e Informática al Area de Salud.	1	Mostrar a través de la participación de profesionales y expertos extranjeros y nacionales, el estado de desarrollo y las aplicaciones de la computación e informática en el área de la salud.
Bases de Datos.	2	Entregar a los especialistas del área una visión distinta a la tradicional en el enfrentamiento de problemas de computarización de sistemas de información administrativos, proporcionando para ello, conocimientos del enfoque teórico de los sistemas de administración de bases de datos.
Auditoría Computacional.	1	Presentar el problema de Auditoría Computacional, a fin de identificar los diversos planteamientos que existen, motivando a los participantes (ejecutivos de áreas financieras, planificación, sistemas de información, contralores, auditores y otros profesionales del área) acerca de la importancia de la Auditoría y el control computacional.

EVENTO	CANTIDAD	OBJETIVO
		Recoger experiencias acerca de la formación y entrenamiento del personal dedicado a la función Auditoría y control computacional, estableciendo líneas generales para un programa de formación de recursos humanos en esta área.
Administración de Proyectos de Sistemas de Información.	1	Presentar una metodología actual para una eficaz planificación, dirección y control de proyectos de informática.
Informática para Bibliotecas.	1	Dar a conocer nociones básicas de computación e informática a responsables de la gestión de Bibliotecas, recalcando en especial las herramientas computacionales utilizadas en la administración moderna de Centros Bibliográficos.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

EXPERIENCIA EDUCACIONAL DE UN LABORATORIO DE COMPUTACION

Jaime Cazenave P.
Arturo Salinas C.

Departamento de Matemática y Ciencia de la Computación
Facultad de Ciencia
Universidad Técnica del Estado
Chile

El impacto que ha producido la Computación en la Sociedad en la última década ha determinado la necesidad de que la enseñanza contemple la incorporación de algunos elementos básicos de esta Ciencia.

Para dar respuesta a esta inquietud nuestra Universidad, con la Asesoría Académica de Profesores de la Universidad de Columbia y bajo el auspicio de la Organización de los Estados Americanos, desarrolla desde 1976 un Proyecto Experimental que contempla la creación de la Carrera "Licenciatura en Educación Matemática y Computación". En ella se prepara profesionales capaces de desempeñarse como Profesores de Enseñanza Media y es la única carrera de este tipo existente en Latinoamérica.

Este programa Experimental, ha hecho necesaria la creación de un Laboratorio de Computación utilizadando para ello Microcomputadores, los que han permitido que, algunos alumnos memoristas, profesores e investigadores diseñan e implementen diferentes programas de aplicación en los campos de la Educación, Biología, Administración y Comercio.

Por otra parte, el Laboratorio de Computación ha elaborado un programa de acercamiento hacia los alumnos de la Enseñanza Media, con el objeto de incentivar y promover la Computación y demás actividades de nuestro Departamento diseñando material audiovisual además de preparar programas de demostración para tal objetivo.

Este trabajo, tiene por finalidad dar a conocer la estructura del Laboratorio de Computación y la experiencia ganada en él hasta el momento.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

CAPITULO 0

TEORIA DE SISTEMAS Y CIBERNETICA

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

DEFINICION DE UN SISTEMA INFORMATICO PARA LA SIMULACION DE MODELOS DE ADAPTACION CRONOBIOLOGICA

F. del Pozo
A. Sendra
C. F. Baizán
L. Pérez
R. Portaencasa

Departamento de Cibernética
Facultad de Informática
Carretera de Valencia Km. 7 - Madrid.

INTRODUCCION.

La influencia sobre el estado general de los seres humanos de las rutinas diarias impuestas y fundamentalmente de los regímenes de trabajo, es un hecho patente. Sin embargo, nunca ha sido analizada (objetivada - científicamente) con la profundidad debida para permitir la definición de modelos cuantitativos; única via para la toma de decisiones y optimización de los horarios de trabajo (y de otras secuencias como comida y sueño) en los parámetros: Salud, productividad y seguridad en el trabajo (en general, parámetros de adaptación al medio temporal impuesto).

En ciertos casos, además, como son: 1) El trabajo de turnos cambiantes o rotativos y 2) Vuelos transmeridionales frecuentes con grandes cambios horarios; las perturbaciones psicofisiológicas ocasionables extienden de una forma clara la importancia (en algunas situaciones crítica) del problema genérico indicado; planteándonos nuevas preguntas como: - ¿Cual son las secuencias de cambios de turnos o de vuelos extremas, manteniendo los índices de salud, seguridad y productividad en márgenes aceptables? ¿Existe la posibilidad de compensar los traumas producidos en - los casos indicados mediante una adecuada selección de algunas rutinas - de comportamiento: comida, sueño, actividades sociales, etc. ? ¿Las in- - fluencias trumáticas pueden ser inadmisibles para ciertos colectivos de -

individuos (P. ej. a partir de ciertas edades)?.

La importancia sociológica, médica y económica de esta investigación es patente y de esta manera hemos pretendido introducir los objetivos perseguidos.

El escaso avance del conocimiento sobre la materia, no obstante la gran abundancia de trabajos publicados en las últimas décadas sobre - Cronobiología (Ciencia que estudia los procesos de adaptación de los seres vivos al medio cíclico externo), solo puede explicarse por el caracter eminentemente descriptivo de la gran mayoría de las aportaciones; lejanas a una apróximación de modelado matemático, ineludible, a nuestro parecer, ante cualquier problema complejo donde un abordamiento físico o estructural es difícil de implementar en la actualidad y como apoyo a la actividad empírica exclusiva.

Una consecuencia natural de este enfoque es la utilización de medios informáticos, inevitables, mas aún, en este caso donde ha de esperarse siempre una gran complejidad de los diseños experimentales, de la adquisición de datos y del control de los procesos involucrados a la necesidad de implementar sistemas de realimentación en tiempo real. Aspectos que serán considerados mas adelante.

El próposito específico de este trabajo es presentar esquemáticamente un sistema informático desarrollado para la simulación experimental de los modelos de adaptación de partida, en relación con los objetivos definidos. Previamente se hace una breve exposición del modelo para la comprensión de los criterios de simulación que se exponen a continuación y como paso anterior a la implementación del sistema informático.

MODELO DE ADAPTACION.

El problema de la interacción temporal del mundo periódico externo y los seres vivos es en realidad aislable como: La interacción entre un sistema oscilante endógeno presente en los seres vivientes y el mundo oscilante externo. Esto es, las secuencias conductuales y funciones de los seres vivos están dirigidas en el tiempo por un sistema oscilante circadiano (denominado asi, et. del lat. circa-die, porque su periodo no es exactamente 24 horas) que es a su vez el que sincroniza con los agentes cíclicos externos. En otras palabras, nuestras secuencias de conductas no son la respuesta directa a los agentes externos sincronizantes, sino a un sistema endógeno, con canales de información con el medio externo cuya razón teleológica es la consecución de un estado de sincronización estable y óptimamente rentable.

El modelo matemático de partida, cuya exposición detallada puede

verse en del Pozo (1979), considera el sistema endógeno definible mediante una ecuación diferencial de 2º grado del tipo Van der Pol. Su capacidad de reproducir cualitativamente los resultados experimentales existentes (no hay en realidad una sistematización en los resultados de la literatura que permitan conclusiones cuantitativas) ha sido comprobada; y su comportamiento, presencia de círculos límites estables, margenes de estabilidad y sensibilidad en función de los parámetros, evaluado exhaustivamente. A título de ejemplo presentamos en la figura 1. algunas evaluaciones efectuadas del modelo de cara a su simulación experimental. En las figuras 1A, B y C se determinan los tiempos de recuperación a la trayectoria periódica estable como respuesta a distintos transitorios (perturbaciones iniciales), para distintos periodos de la oscilación endógena. En las figuras 1B y C se valora la dependencia del periodo de oscilación con los parámetros de las ecuaciones dinámicas del sistema (búsqueda de la condición de iso-periodicidad). Y finalmente, en la figura 1D se muestra la posibilidad de tener comportamientos anómalos (ausencia de círculos - límites) de pérdida del caracter oscilante, con el objeto de definir márgegenes de variación permitidos de los parámetros.

CRITERIOS DE SIMULACION . DISEÑOS EXPERIMENTALES.

Se incluye en este apartado una revisión de los aspectos experimentales mas relevantes en la literatura, de cara a la definición de la - gama de experimentos a realizar o equivalentemente de los criterios de simulación a implementar con el sistema informático.

Secuencias sincronizantes cambiantes y ritmos circadianos. Existe una amplia evidencia de que los ritmos circadianos del organismo ante cualquier cambio brusco de los agentes sincronizantes (rutinas de trabajo, sueño, comida, relaciones sociales en humanos) responden de una forma siempre gradual; esto es, solo alcanzan el nuevo equilibrio (si ese nuevo equilibrio es posible-dentro de un margen de adaptación estable) transcurrido un cierto tiempo de adaptación. Hemos de tener presente que el estado de equilibrio es en si mismo un concepto a investigar y que en principio corresponderá, bajo cada secuencia sincronizante, no solo a una relación de fases entre ambas oscilaciones estable (e iguales periodos) sino a una secuencia de las conductas de interacción con el medio resultante ventajosa y del máximo rendimiento. Consecuentemente, un organismo sometido a ciertas secuencias o a cambios en las mismas puede exibir a lo largo del dia intervalos desventajosos o lo contrario en los parámetros: productividad, seguridad y salud, respecto de aquellos otros individuos no perturbados (Levine y Halberg, 1974; Nelson y Halberg, 1973). La valoración de las relaciones de fase entre las variables psico-fisiológicas y los agentes sincronizantes durante el régimen estacionario y el régimen de readaptación en la respuesta a cambios, constituye la primera serie de experimentos a realizar.

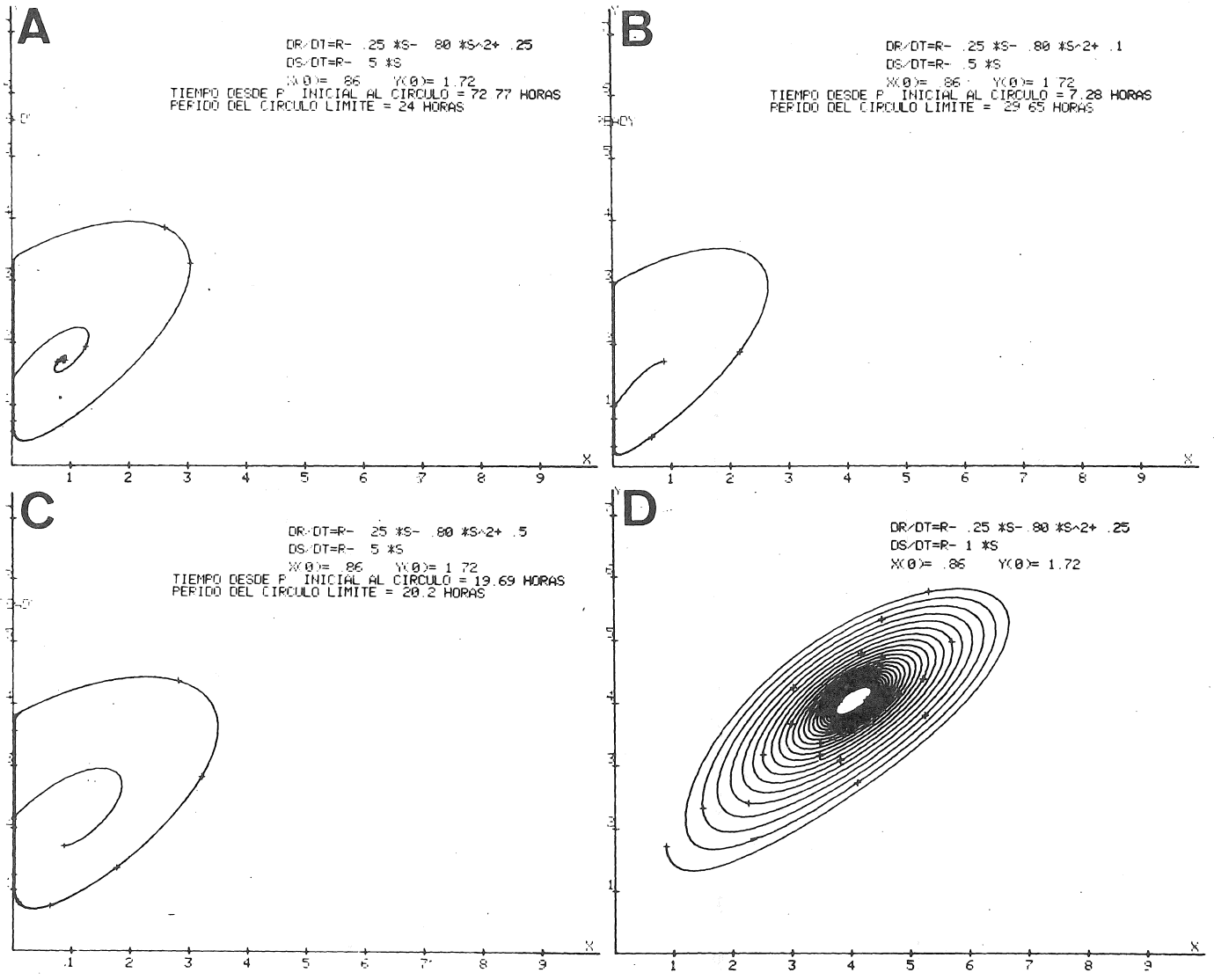

A
DR/DT=R- .25 *S- .80 *S^2+ .25
DS/DT=R- 5 *S
X(0)= .86 Y(0)= 1.72
TIEMPO DESDE P. INICIAL AL CIRCULO = 72.77 HORAS
PERIDO DEL CIRCULO LIMITE = 24 HORAS
B
DR/DT=R- .25 *S- .80 *S^2+ .1
DS/DT=R- .5 *S
X(0)= .86 Y(0)= 1.72
TIEMPO DESDE P. INICIAL AL CIRCULO = 7.28 HORAS
PERIDO DEL CIRCULO LIMITE = 29.65 HORAS
C
DR/DT=R- .25 *S- .80 *S^2+ .5
DS/DT=R- 5 *S
X(0)= .86 Y(0)= 1.72
TIEMPO DESDE P. INICIAL AL CIRCULO = 19.69 HORAS
PERIDO DEL CIRCULO LIMITE = 20.2 HORAS
D
DR/DT=R- .25 *S- .80 *S^2+ .25
DS/DT=R- 1 *S
X(0)= .86 Y(0)= 1.72
X
Y

FIGURA 1.

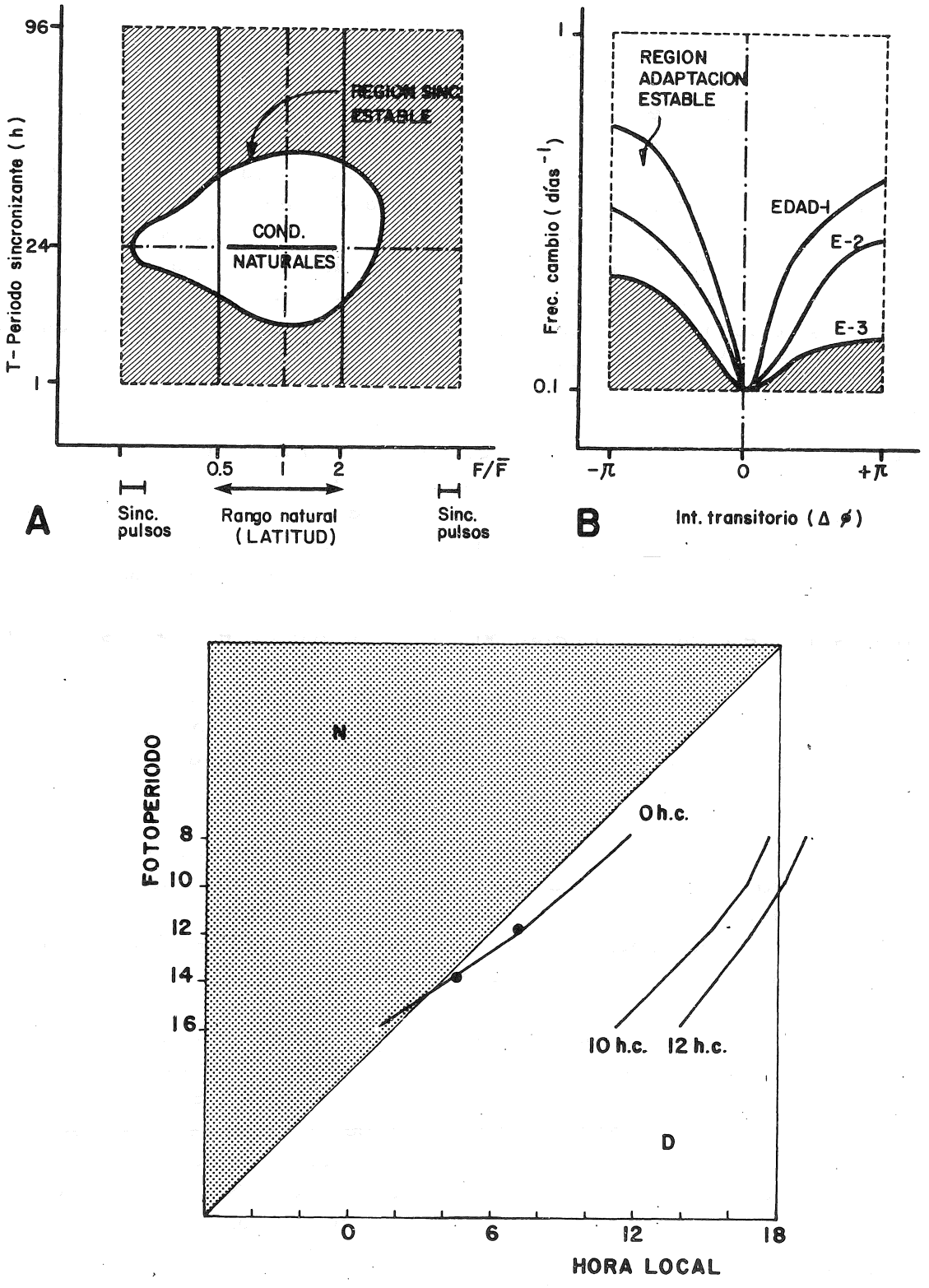
Para la definición de las variables del proceso a controlar por el sistema informático consideremos lo siguiente. En la bibliografía existente, la magnitud velocidad de readaptación y la condición de sincronización estable parece depender de (ver figura 3C): 1) El periodo de autooscilación endógena (T) (en ausencia de sincronizantes externos); 2) La intensidad del estímulo o amplitud de la secuencia sincronizante; 3) La relación temporal entre los semiciclos de la secuencia sincronizante ($F/\bar{F}$). En el caso de cambios de secuencias: 4) La dirección del desplazamiento; esto es, si se trata de adelantos o retrasos en el tiempo (Aschoff et al, 1975)(Mañana-tarde-noche versus noche-tarde-mañana en el caso de trabajos de turnos o dirección O-E versus E-O en el de vuelos transmeridionales) y 5) La magnitud del cambio.

En la figura 2A se presenta el espacio experimental para las situaciones de sincronización estable que se implementará, obviamente, con animales. En este caso el agente sincronizante será la luz (una secuencia típica puede verse en figura 3C). Se simularan las condiciones naturales, donde el rango de la relación de semiciclos dependerá de la latitud del hábitat de la especie considerada. Sin embargo, se extenderán las condiciones de simulación a un amplio margen artificial tanto en el periodo del agente oscilante como en la relación $F/\bar{F}$; incluyéndose, además, experimentos de sincronización por pulsos (donde los semiciclos de luz o de oscuridad son substituidos por "flashes" de luz o de oscuridad muy cortos). Con todo ello se valorarán: 1) La región de sincronización estable y 2) Las relaciones de fase entre oscilaciones para cada situación del sistema sincronizado.

En la figura 2B se muestra el espacio experimental para las situaciones de cambios transitorios en la secuencia sincronizante; para el margen de intensidad del transitorio y de la frecuencia del cambio (número de cambios por dia) indicados, se determinarán los límites de sincronización estable y relación de fase entre osciladores.

Finalmente en la figura 2C se incluye un caso (extraido de la figura 2A) para la evaluación de los parámetros indicados cuando se utiliza un periódo sincronizante de 24 horas y todo valor de $F/\bar{F}$. En la figura se muestran los lugares geométricos (salidas del modelo) de tres fases específicas de la oscilación endógena (0, 10, 12 h. c.) y su relación de fase con la impuesta de luz (Dia-D) y oscuridad (Noche-N) y los margenes de sincronización estable en $F/\bar{F}$ (0,5; 2). Los puntos oscuros son simulaciones experimentales.

Secuencias sincronizantes cambiantes y edad. A menudo consideraciones fisiológicas o psico-sociológicas sin gran fundamento cuantitativo sugieren que los individuos en edad avanzada no debieran ser empleados en trabajos de turnos porque su capacidad de adaptación disminuye con la edad y eventualmente se reduce su productividad y su salud puede ser afectada. La -


96
24
1
T- Periodo sincronizante (h)
REGION SINC. ESTABLE
COND. NATURALES
0.5
1
2
F/F̄
Sinc. pulsos
Rango natural (LATITUD)
Sinc. pulsos
A
1
0.1
Frec. cambio (días⁻¹)
REGION ADAPTACION ESTABLE
EDAD-1
E-2
E-3
-π
0
+π
Int. transitorio (Δ φ)
B
FOTOPERIODO
8
10
12
14
16
N
0 h.c.
10 h.c.
12 h.c.
D
0
6
12
18
HORA LOCAL
C

FUGURA 2.

dependencia con la edad de la velocidad de readaptación ante cambios bruscos de las secuencias de luz-oscuridad ha sido demostrada en modelos animales: En ratones, para la variable temperatura corporal, se ha observado como la readaptación de la relación de fase entre el agente sincronizante y la variable medida requiere mas dias a medida que aumenta la edad (Yunis et al, 1973). Además, aquellos sujetos sometidos a cambios repetidos de las secuencias sincronizantes durante su edad madura mostraron un acortamiento significativo de la vida junto al colectivo igualmente tratado de ratones jóvenes. Mas específicamente, trabajos realizados durante la década pasada en varias generaciones de ratones mostraron que el efecto de acortamiento de la vida no se produce cuando los cambios repetidos de la secuencia sincronizante (saltos de 12 horas en el régimen de luz-oscuridad) se aplican desde las primeras semanas de vida y si cuando se ejecutan a partir de un año de edad (Halberg et al, 1978; Halberg y Lee, 1974). Resultados no publicados obtenidos por Franz Halberg, (comunicación personal) muestran que tales cambios son mejor tolerados cuando se ejecutan dos veces por semana en vez de una sola vez. Lo que coincide con la práctica habitual en ciertos paises de rotar turnos cada 3 o 4 dias, basados en apreciaciones psicológicas y sociales subjetivas. Podemos considerar, pues, que cambios frecuentes e iniciados en una edad temprana parecen menos costosos en términos de salud y longevidad.

De lo indicado suge la segunda gama de experimentos: La repetición de los diseños anteriores para la definición de: 1) Edades críticas de la primera exposición y 2) Valoración de la modificación de los márgenes de adaptación estables con la edad (figura 2B) y 3) Variación de la duración de vida media en función de la secuencia de cambios.

Otro agente sincronizante: Horarios de comida. Dos cuestiones iniciales: 1) ¿Son las secuencias de ingestión alimenticia agentes sincronizantes? y 2) ¿Cual es su grado de interdependencia con el agente: horario de trabajo? Y unas consecuencias evidentes ¿Será posible mediante la adecuada planificación de los horarios de comida la manipulación de ciertos ritmos endógenos? y ¿ Los efectos traumáticos de los cambios de horarios de trabajo podrán compensarse con adecuados horarios de comidas?. En concreto se ha comprobado en modelos animales (ratones) que el acceso a la comida controlado puede aumentar o disminuir los efectos de sincronización por el ágente luz/oscuridad de los ritmos circadianos (Nelson et al, 1975). En otras situaciones, con monos, no se ha podido observar cambios importantes en el comportamiento rítmico como consecuencia de régimenes de comida diferentes(del Pozo, 1979).

La tercera gama de experimentos estará pues encaminada a responder esas preguntas planteadas. En concreto, mediante el sistema informático se simularán secuencias sincronizantes alimenticias (en la figura 3C los segmentos C indican los intervalos de disponibilidad de alimento) con los criterios siguientes: 1) En ausencia de cualquier otro agente sincroni-

zante y con un espacio experimental del tipo indicado en la figura 2A y 2) En competencia con otro agente sincronizante (luz para la experimentación animal) con fases mutuas diferentes. En todas estas circunstancias se valorarán los parámetros indicados (rango de sincronización estable, relación de fase entre osciladores y comportamiento ante transitorios) y además, se buscarán las condiciones óptimas de adaptabilidad en situaciones de competencia entre agentes sincronizantes.

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA INFORMATICO.

Para la ejecución de los distintos espacios experimentales indicados en el apartado anterior, se ha implementado un sistema informático - cuyo esquema general se indica en la figura 3A.

Dado que la única forma de cubrir los espacios experimentales - propuestos, de proporcionar el debido control experimental y de estimar ciertas variables (p. ej. la duración de vida media) es mediante modelos animales; se han seleccionado ratas como sujetos de estudio. La extrapolación del modelo, depurado en esta linea, a humanos constituirá una etapa subsiguiente de réplica de aquellos experimentos susceptibles de ser realizados con humanos.

Los animales experimentales serán alojados en cámaras con aislamiento acústico, luminoso y vibratorio para evitar la obtención de información sobre las secuencias diarias naturales por los sujetos bajo estudio. En realidad se utiliza un doble aislamiento pues las cámaras están situadas (en un total de 6) en una habitación insonorizada y con aislamiento luminoso. El intercambio de información entre las cámaras de experimentación y el sistema informático comporta los dos canales siguientes: 1) Control del proceso. Esto es, simulación de las secuencias sincronizantes en los parámetros y rangos indicados. En concreto, las variables ambientales a controlar serán: Intensidad luminosa, temperatura y disponibilidad de comida. 2) Adquisición de datos. La variable medida, dadas las necesidades de adquirir series temporales largas (siempre superiores a una semana de duración) será la actividad motora, obtenida mediante plataformas electromagnéticas (del Pozo, 1979) sobre las que se situan las jaulas de experimentación. Además, se adquirieran variables experimentales y muy - específicamente la temperatura para implementar distintos sistemas de controles de esa magnitud.

En la figura 3C puede verse una secuencia típica con los agentes sincronizantes: Luz y disponibilidad de comida. Los parámetros programables de acuerdo con los criterios de simulación indicados son: a) Periodo T de la secuencia sincronizante; b) Relación de los semiperiodos de luz (F) y oscuridad (F); c) Intensidades luminosas durante ambos semiperiodos; d) Forma de onda de los tránsitos para la simulación de los mismos a distintas latitudes; e) Duración del intervalo de disponibilidad de comida

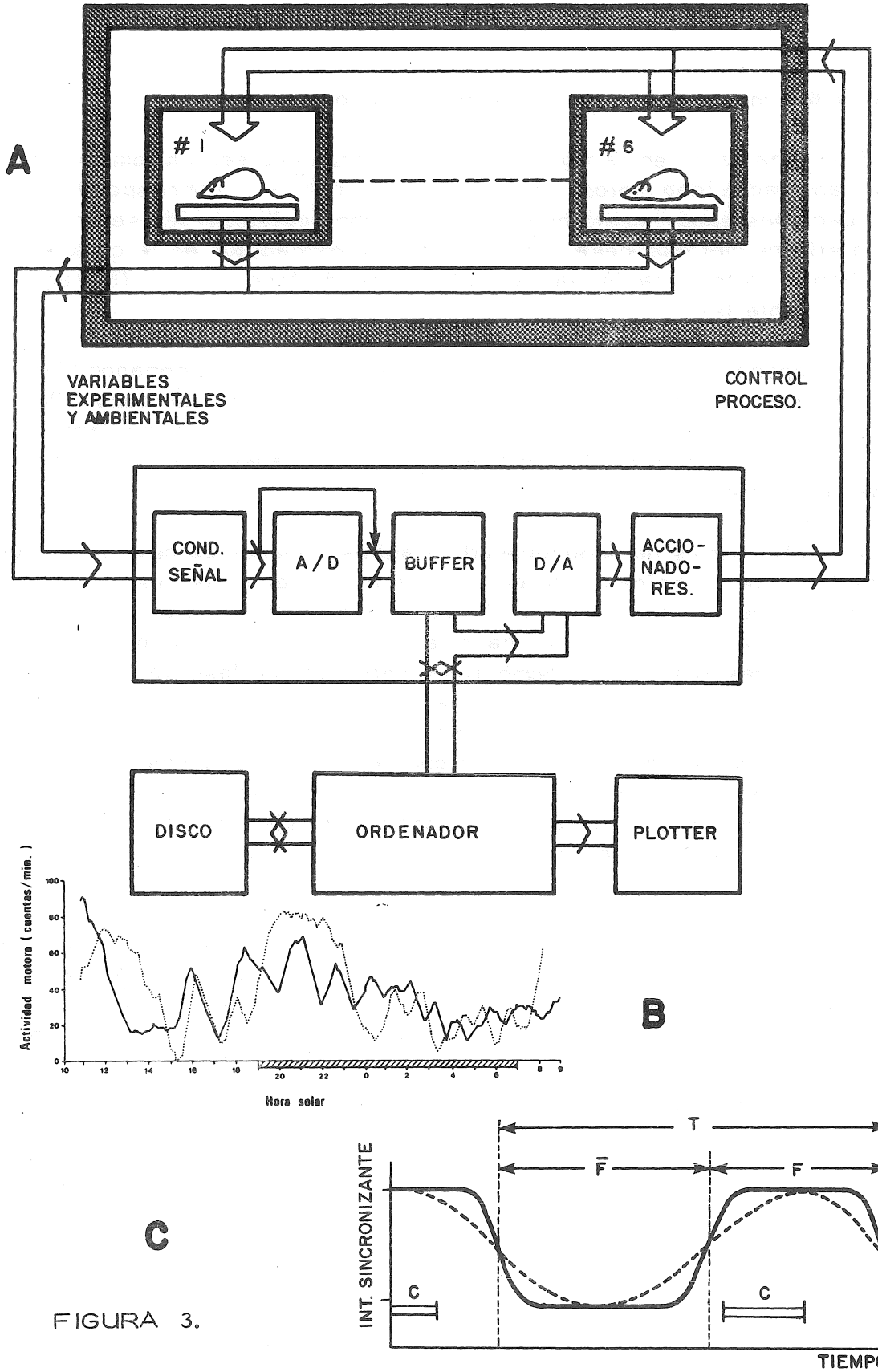

A
#1
#6
VARIABLES
EXPERIMENTALES
Y AMBIENTALES
CONTROL
PROCESO.
COND.
SEÑAL
A/D
BUFFER
D/A
ACCIO-
NADO-
RES.
DISCO
ORDENADOR
PLOTTER
Actividad motora (cuentas/min.)
Hora solar
B
C
T
F
F
INT. SINCRONIZANTE
C
C
TIEMPO

FIGURA 3.

(c) y (f) Fase mutua entre ambos agentes sincronizantes.

Por otra parte en la figura 3B se muestran dos series temporales de la variable actividad motora para $T = 24$ y $F/\bar{F} = 1$ correspondientes a dos situaciones experimentales distintas. Sobre estas series se aplicarán los distintos métodos desarrollados para la extracción de la componente circadiana y determinación de las relaciones de fase con el (los) agente (s) sincronizante (s).

Las operaciones indicadas se implementan con un ordenador HP sistema 45B con unidad de "disquete" y salida "hard-copy" térmico y "plotter" incremental. La interface con el experimento se realiza mediante un periférico con microprocesador HP6242A cuyas unidades se explican por si mismas en la figura 3A.

Los algoritmos de preprocesado y análisis de los datos tranferidos al ordenador, son principalmente para la caracterización del espectro y detección de fase de la componente circadiana instantánea. Se implementaran métodos de filtrado adaptativo para la determinación del espectro por la FFT de los pesos del filtro numérico y detección de fase por técnicas PLL. La elección de esta metodología ha sido fundamentalmente condicionada por la necesidad de efectuar determinaciones instantáneas de fase - (Para mas detalles ver del Pozo, 1979) que permitan la implementación de programas de control del proceso concominante con estados (fases o comportamientos específicos concretos detectados) del sistema analizado (creacción de vias de realimentación artificiales y controladas del sistema).

AGRADECIMIENTOS. Queremos hacer presente nuestro agradecimiento al Profesor F. Halberg de los Cronobiology Labs. University of Minnesota y al Departamento de Investigación del Centro "Ramón y Cajal" dirigido por el Profesor J. M. R. Delgado por su apoyo y sugerencias en este campo de la Cronobiología.

BIBLIOGRAFIA.

1. ASCHOFF, J. ;K. HOFFMANN; H. POHL AND R. WEVWE (1975) Re-Entrainment of Circadian Rhythms after Phase-shifts of the Zeitgeber. Chronobiologia, Vol. 2, N. 1.

2. DEL POZO F. (1979). Modelo Matemático de las Oscilaciones Biológicas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación.

3. HALBERG, F. and J. K. LEE (1974). Chronobiologic Glossary. In: Chronobiology . F. Halberg y J. E. Puly (Eds). G. Thieme, Publ. Stuttgart.

4. HALBERG, F; D. K. HAYES; E. HALBERG; F. CARANDENTE; J. HALBERG; R. B. SOTHERN and D. DUBRY (1978). Shift schedules in relation to ulcerogenesis, carcinogenesis and lifespan modelled in the laboratory with and without shift-modifying drugs. Enviada publicación.

5. LEVINE, H; F. HALBERG; F. C. BARTTER; W. J. MEYER and C. S. DELEA (1974). Phase shifting of human rhythms in biorhythms and human reproduction. In: Biorhythms and human Reproduction. F. Halberg; R. M. Richart and R. V. Wiele (Eds). J. Wiley and Sons, Inc., New York.

6. NELSON, W. and F. HALBERG (1973). An evaluation of time-dependent changes in susceptibility of mice to pentobarbital injection. Neuropharmacology 12.

7. YUNIS, E. J. ; F. HALBERG; A. McMULLEN; B. ROITMAN and G. FERNANDES (1973). Model studies of aging, genetics and stable changing - living routines - simulated by lighting regimen manipulation on the mouse. Int. J. Chronobiol. 1.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

SEMIOTICA DE LA INFORMACION

Francisco Puleo P.

Departamento de Computación, Escuela de Ingeniería de Sistemas
Facultad de Ingeniería - Universidad de Los Andes
Mérida - Venezuela.

"Si la lengua que hablas no es inteligible, ¿Cómo se sabrá lo que dices?. No hablarás sino al aire. En efecto, hay en el mundo muchas diferentes lenguas y no hay pueblo que no tenga la suya. Si yo, pués ignoro lo que significan las palabras, seré bárbaro o extranjero para aquél a quien hablo y el que me hable, será un bárbaro para mí, y por lo mismo, el que hable una lengua, pida el don para interpretarla o explicar lo que dice".

Corintos I: XIV, 9:13

1.- INTRODUCCION.

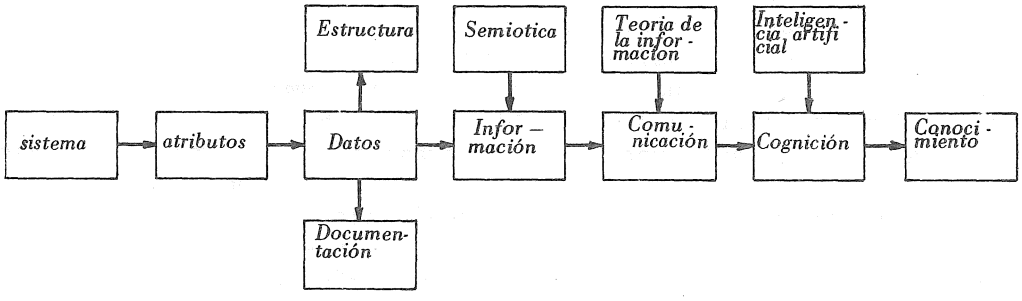
El hombre moderno está inmerso en un mundo de percepciones imágenes, vibraciones, ritmos, etc. y está representado por el hombre civilizado, devorador de datos donde se utiliza con mucha frecuencia dos conceptos: la comunicación y la información.

La comunicación es la transmisión de significados de una entidad o persona llamado emisor a otra llamada perceptor, por medio de símbolos u otra expresión de ideas, emociones o habilidades.

La información es el conjunto de datos analizados y organizados para un fin específico y el agrupamiento de estos datos con un orden determinado en un contexto adquieren un significado real. Esos mismos datos colocados en otro orden, pueden generar una información distinta. Por ejemplo: Hombre Pobre y Pobre Hombre.

Por lo tanto la información es el contenido de la comunicación. Una es un medio y la otra es un contenido de la primera. La información son palabras, números, dibujos, etc, en fin símbolos de la realidad que nos proporcionan conocimiento sobre ella. Este tipo de conocimiento de lo particular ha sido denominado recientemente cognición para diferenciarlo del verdadero conocimiento que es de lo general. Mediante la cognición se llega al conocimiento.

Entonces se podrá tener la siguiente cadena conceptual sobre una realidad o sistema:



La representación de la información implica el estudio y análisis de los datos, o sea su estructura y representa a su vez al nivel de descripción de los atributos de un sistema. Esta representación tiene especial interés en nuestra época debido a la complejidad que tienen los sistemas y al advenimiento de las computadoras, máquinas capaces de procesar y almacenar datos en cantidades jamás soñadas.

El estudio de los datos ha dado como resultado dos campos científicos nuevos. La Teoría de Información de SHANNON y WIENER y la Semiótica de SAUSSURE, MORRIS y PEIRCE, los cuales analizaremos brevemente en este trabajo.

La Teoría de Información estudia todo lo relacionado con la comunicación, no considerando el valor semántico del mensaje, es decir, se ocupa tan sólo del aspecto formal de la conversión de códigos o expresiones simbólicas cuantificadas y de su transmisión. Es por ello que la misma es también llamada Teoría Matemática de la Información.

La Semiótica es la teoría lógica de los sistemas de signos, cuyo objeto es explorar las posibilidades teóricas y las funciones sociales de un estudio unificado de cualquier fenómeno de significación y/o de comunicación, lo cual incluye una teoría de los códigos y una teoría de la producción de signos que la relacionan directamente con el concepto de información.

Según FUENMAYOR, (1977) el conocimiento para el hombre occidental tiene dos funciones esenciales: una que se cumple en si mismo, esto es, el conocer por conocer, por satisfacer esa curiosidad que lo caracteriza como hombre. La otra función es la de control, al proporcionar libertad de escogencia para determinar las posibilidades de las actividades o decisiones que se deben tomar. La "buena" toma de decisiones depende del grado de información que se posee sobre la realidad o sistema que se desea controlar.

La Inteligencia Artificial se relaciona con la capacidad que pueda tener un mecanismo o máquina para realizar funciones que son asociadas normalmente con la inteligencia humana, tales como el razonamiento, el aprendizaje, la memoria y el auto-desarrollo. Esta área incluye el estudio de las técnicas y métodos mediante las cuales una computadora pueda aumentar o facilitar las capacidades intelectuales del hombre. El Campo de la Inteligencia Artificial incluye el estudio de las técnicas que hacen más efectivo el uso de las computadoras mediante una mejor programación y diferentes formas de percepción tanto oral como visual para la identificación y reconocimiento de símbolos; también incluye formas de aprendizaje artificial, auto-organización, sistemas adaptativos que pueden auto-repararse o detectar fallas, con sus correspondientes correcciones. En su forma más general la Inteligencia Artificial incluye el estudio de la programación más adecuada para la solución de problemas que requieren la utilización de la lógica y el razonamiento con el requisito adicional de que su comportamiento debe mejorarse con la "experiencia" u operación de dichos programas, tal como sucede con la simulación de cualquier juego, donde la computadora "aprende" en base a los errores cometidos y los éxitos alcanzados. Relacionado con estos conceptos se utiliza también la denominación de INTELECTRONICA, a la aplicación de la electrónica en la extensión del intelecto del hombre con el fin de recordar, almacenar, aplicar lógica y determinar nuevas conclusiones, tal como se hace en una computadora.

2.- DATOS.

Se define a un dato como el conjunto de símbolos que representan el nivel de descripción de atributo. Un símbolo es la forma de representar un concepto por alguna semejanza o correspondencia que el entendimiento percibe entre este concepto y su representación simbólica. Un símbolo puede ser un signo o una señal.

Un signo indica o significa claramente un atributo. Estos pueden ser orales (Fonemas), escritos (Monemas, Sintagmas, Morfemas, Semantemas) gráficos, (Grafemas) expresivos, etc. El concepto de signo tiene varios significados semánticos según su utilización: Por ejemplo en Astronomía (partes del Zodíaco), Matemáticas (operaciones y relaciones), Medicina (Manifestación objetiva de una enfermedad), Música (caracteres musicales). Teología - (los sacramentos), etc. En nuestro caso utilizaremos el signo en su concepción más amplia como es la de representar en forma escrita el nivel de descripción de un atributo.

Una señal representa un conjunto de datos del mismo atributo en función de otro atributo que generalmente es el tiempo. Las señales pueden ser discretas, lo cual conforma una serie y continua que conforma una función.

Los niveles de descripción de un atributo corresponden a los valores que se le puede asignar, sea este cuantitativo (dimensional) o cualitativo (adimensional). Si el valor es cuantitativo se debe especificar su Dimensión , que identifica dicho atributo y su Magnitud, que determina la intensidad del atributo en un instante de tiempo dado. Por ejemplo:

ATRIBUTO: Peso DIMENSION: Kilogramos MAGNITUD: 30

3.- ESTRUCTURA DE DATOS.

La estructura de datos se refiere a la relación existente entre los valores de los atributos de una entidad. Hay dos estructuras básicas: El Contexto y el Archivo.

a.- El Contexto.

Es un conjunto de símbolos que permiten a un procesador organizar los datos de tal forma que facilite la información. El Contexto es igual para entidades semejantes que tienen diferentes datos. Por ejemplo:

La edad de $\begin{bmatrix} \text{Juan} \\ \text{Pedro} \\ \text{Luis} \end{bmatrix}$ es de $\begin{bmatrix} 31 \\ 10 \\ 45 \end{bmatrix}$ años.

El contexto generalmente consiste de símbolos que ocurren alrededor de determinados datos y tiene influencia sobre su significado, ya que puede perderlo o ser ambiguo si no se le utiliza.

Relacionado con el Contexto se tiene un conjunto de reglas que conforman su Gramática donde se especifican aquellas reglas que son necesarias para obtener información. La Gramática incluye la Ortografía (símbolos

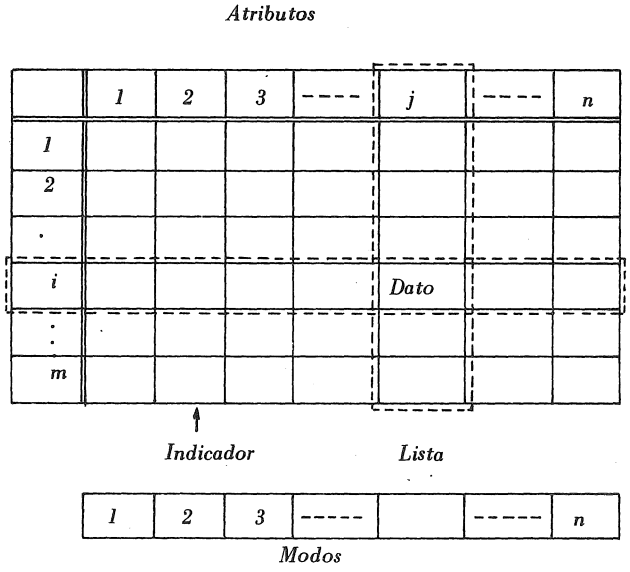
correctos), la Morfología (estructura de los símbolos), la Sintaxis (arreglo de los símbolos, la Fonología (sonido de los símbolos), la Semántica - (significado de los símbolos) y la Etimología (origen de los símbolos).

b.- El Archivo.

El archivo es un conjunto de datos organizados en una forma lógica para su uso eficiente y corresponde a los datos de los atributos de un conjunto de entidades semejantes.

Se diferencian dos conceptos: el archivo lógico y el archivo físico. El primero se refiere a la estructura de los datos organizados y el segundo al soporte donde se registran dichos datos. En este caso se analizará el archivo lógico, dejando para la sección correspondiente a Documentación el archivo físico.

ARCHIVO LOGICO



c.- Estructuras Lógicas.

Corresponde a las relaciones más típicas en la organización de los datos, siendo las más frecuentes: la estructura simple, la estructura jerárquica o en árbol y la estructura mallada.

4.- DOCUMENTACION.

La documentación es el conjunto de actividades relacionadas y necesarias para la presentación, organización y comunicación de la información, con el fín de ofrecer la máxima accesibilidad y utilidad a los datos que contiene:

La documentación se relaciona con dos entidades básicas: los documentos y la información. Los documentos son el medio físico en los cuales se han registrado los datos para la percepción humana o el uso de máquinas.

En el caso de utilizar una computadora se tiene que los datos se guardan en archivos físicos de una cierta magnitud, el cual está dividido a su vez en registros físicos. En este caso se pueden utilizar tarjetas o cintas perforadas, discos o cintas magnéticas o memorias electrónicas, las cuales reciben los datos transformados en pulsos eléctricos o bits codificados en una forma especial.

Generalmente los datos y su contexto se registran en documentos en forma de un impreso, donde se han copiado letras, números, figuras u otros caracteres correspondientes a un solo pliego de papel. De acuerdo a la forma como se agrupan estos impresos se tienen los siguientes documentos: Monografía, Carpeta, Revista, Folleto y Libro.

5.- LA SEMIOTICA.

Ya se definió la Semiótica como la teoría lógica de los sistemas de signos y cuyo objetivo es la de explorar las posibilidades teóricas y las funciones sociales en un estudio unificado de cualquier fenómeno de significación y/o comunicación.

Hay dos tendencias que pueden distinguirse según los autores que las defienden: Una orientada hacia la linguística que sustenta SAUSSURE y que recibe el nombre de Semiología; la otra sustentada por PEIRCE y MORRIS, es más filosófica y recibe el nombre de Semiótica. La Asociación Internacional para los Estudios de la Semiótica, en acta constitutiva de 1969 no hace distinción alguna entre ambos términos y adopta el de Semiótica como equivalente a Semiología.

La Semiótica comprende una teoría de los códigos o Semiótica de la significación y una teoría de la producción de signos o Semiótica de la comunicación.

No es casual que las dos teorías sean distintivas en cuanto a significación y comunicación.

Hay significación, cuando existe una posibilidad establecida por una -

convención tal que permita una correlación entre signo y significado.

Hay comunicación cuando se aprovechan las posibilidades para producir físicamente expresiones mediante un determinado proceso. Por lo tanto se pueden relacionar los conceptos de convención y proceso que permitirán la producción física de los signos tan sólo en la medida en que se hayan codificado previamente.

La Semiótica tiene su sujeto, en el doble sentido de tema y de protagonista, que es la SEMIOSIS. La Semiosis es el proceso por el que los sujetos empíricos se comunican entre sí y en donde los sistemas de significación hacen posibles los procesos de comunicación. Los sujetos empíricos son aquellos que pueden manifestarse e identificarse como resultado del doble aspecto de la Semiosis, sistemático y procesal (significación y comunicación).

PEIRCE (1931) estableció: "puesto que el hombre piensa solo mediante palabras u otros símbolos externos, éstos podrían dirigirse al hombre y decirle: tu no significas nada que nosostros no te hayamos enseñado, y aún así, sólo en la medida en que diriges algunas palabras como interpretantes de tu pensamiento".

Por esta razón, los hombres y las palabras se educan unas con las otras; cualquier aumento de la información humana provoca y es provocado por un aumento correspondiente de la información de las palabras. Es que el signo y la palabra que los hombres utilizan son el propio hombre. Porque el hecho de que cualquier pensamiento sea un signo, prueba que el hombre es un signo. Lo que equivale a decir que el hombre y sus signos son idénticos, en el mismo sentido que son idénticas las palabras "homo" y "man".

La teoría semiótica tiene "límites" o mejor dicho "umbrales" con otras disciplinas que han desarrollado investigaciones sobre temas que el semiólogo no puede dejar de reconocer como propias; por ejemplo, la lógica formal, la lógica de los lenguajes naturales y la semántica filosófica que se ocupan del valor de la verdad de los enunciados y de los diferentes tipos de los llamados actos del habla, mientras que otras corrientes de la antropología cultural como la Etnometodología, se ocupan del mismo problema desde un punto de vista diferente. Hay otras disciplinas que han elaborado teorías o descripciones que se reconocen como típicamente semióticas, tales como la Linguística y la Teoría de la Información, que poseen el concepto de código y la Cinésica y la Proxémica que estudian los diferentes modos de comunicación no verbal.

Eco (1976) ha dicho que "cuando una disciplina define como objeto propio toda clase de cosas y por consiguiente, se considera con derecho a definir mediante sus propios aparatos categoriales el universo entero, el riesgo es indudablemente grande.

La objección más común dirigida al semiólogo imperialista es: Si para ti hasta una manzana es un signo no hay duda que la Semiótica se ocupa también de la compota... La Semiótica se ocupa de cualquier cosa que pueda considerarse como signo y signo es cualquier cosa que pueda considerarse como substituto significante de cualquier otra cosa... En ese sentido, la Semiótica es, en principio, la disciplina que estudia todo lo que puede usarse para mentir. Si una cosa no puede usarse para mentir, en ese caso tampoco pue-

de usarse para decir la verdad; en realidad no puede usarse para decir nada".

La Semiótica estudia todos los procesos culturales como procesos de comunicación, considerando que por debajo de ellos siempre se establece un sistema de significación. Se define un proceso de comunicación el paso de un mensaje desde un emisor o comunicador a través de un transmisor hasta un receptor o perceptor y se realiza tan sólo cuando existe un código. Un código es un sistema de significación que reúne entidades presentes y entidades ausentes.

Siempre que una entidad representa a la percepción de un destinatario a otra entidad a partir de reglas subyacentes, hay significación. Debe quedar claro que el acto perceptivo del destinatario y su conocimiento interpretativo no son condiciones necesarias para la significación, basta que el código establezca una correspondencia entre lo que representa y lo representado, correspondencia que debe ser válida para cualquier destinatario posible. En consecuencia, es posible establecer una Semiótica de la significación que sea independiente de una Semiótica de la comunicación, pero es imposible lo contrario. Sin embargo es necesario reconocer que en los procesos culturales, los dos conceptos están estrechamente ligados.

El límite inferior de la Semiótica es la Zoosemiótica que considera el comportamiento comunicativo de comunidades no humanas y, por tanto, no culturales. El límite superior corresponde al estudio social de las Ideologías.

Aunque sería aventurado afirmar que a nivel animal se den solamente intercambios de mensajes sin que exista significación, ya que según Sebeok (1969) se pone en duda esta creencia exageradamente antropocéntrica.

Entre mundo animal y mundo humano, la Semiótica estudia los sistemas olfativos que revelan la existencia de olores que funcionan como indicios o indicadores proxemicos. La comunicación táctil de algunos comportamientos sociales como el beso y el abrazo y los códigos del gusto representados en las costumbres culinarias son otros aspectos que considera la Semiótica.

La Paralinguística estudia las diferentes formas de entonación, la ruptura del ritmo de elocución, el sollozo, el suspiro, las interjecciones vocales, etc. hasta lenguajes articulados que parecen basarse en puras improvisaciones entonarias o en una sintaxis rítmica desprovista de relaciones semánticas, como los lenguajes tamborileados.

La Semiótica Médica estudia los signos bajo dos aspectos: la primera estudia la relación existente entre las diferentes alteraciones del cuerpo humano (síntomas) y la enfermedad que las produce. La segunda estudia la relación comunicativa entre médico y paciente pudiendo establecer que el Psico-análisis es una rama de Semiótica Médica.

Del ámbito antropológico han surgido la Cinésica y la Proxémica que se han afirmado como disciplinas del comportamiento simbólico que estudian los gestos, las posturas del cuerpo, y la posición recíproca de los cuerpos en el espacio (Arquitectura) que forma un sistema de significaciones de nuestra sociedad actual.

El dominio de la Semiótica abarca los Lenguajes Formalizados (de la

lógica al álgebra) los diferentes alfabetos y sistemas de escritura de los Sistemas Gramatológicos y los lenguajes cifrados o códigos secretos.

Considera también los Sistemas Musicales por poseer un sistema de notación y poseer muchas veces una función semántica explícita, tal como la música militar; pertenecen por naturaleza al dominio de la Semiótica las lenguas naturales que son estudiadas por la Linguística.

El universo de los sistemas visuales de nuestra sociedad actual va desde los sistemas profundamente institucionalizados (señales de circulación, luces, etc) a sectores donde incluso se duda que haya sistemas de significación, como son la fotografía y la pintura, son otro objeto de la Semiótica. Hay sistemas visuales cuyo carácter cultural está reconocido y son campo de la Semiótica como lo son los códigos iconográficos, la sintaxis y léxico de la arquitectura y el llamado lenguaje de los objetos.

En el nivel más complejo se tiene la tipología de las culturas, donde la Semiótica desemboca en la Antropología Cultural y observa los comportamientos sociales, los ritos, las creencias, etc. como elementos de un gran sistema de significación que permite la comunicación social, la sistematización de ideologías, la estética y la comunicación de masas.

En las nuevas investigaciones lógicas, la Semiótica, considerada como teoría de los signos se ha formalizado altamente, distinguiéndose tres ramas fundamentales.

a.- La Pragmática.

Relacionado con el estudio que considera a los sujetos como hablantes y estudia las relaciones entre los signos y aquellos que los utilizan. Por ejemplo: 1.300 en Venezuela indicarían 1.300 unidades, mientras que en Norteamérica sería una unidad con 3 décimas (1.3), otro ejemplo sería H: Campo Magnético en Ingeniería Eléctrica; el Hidrógeno en Química; la Entropía en Informática y Hembra en Sociología.

b.- La Semántica.

En su forma tradicional estudia los cambios históricos del significado de los signos, modernamente se le asigna el estudio de las relaciones entre los signos y los objetos a los cuales dichos signos se aplican, sin referencia alguna al hablante. Sus conceptos básicos son el COMO y el QUE significan los signos. Por ejemplo se tiene: Computador y Ordenador.

La Semántica estudia las Homologías como por ejemplo: Batería (Eléctrica) y Batería (Musical) y los sinónimos, tales como: mostrar y enseñar.

c.- La Sintaxis.

En forma tradicional la Sintaxis estudia las relaciones que se establecen entre las palabras de un lenguaje para constituír una oración. Modernamente se le asigna el estudio de las rela-

ciones entre los signos, estableciendo las normas rectoras de su estructura y las consecuencias de las mismas, con independencia de los hablantes y sus relaciones con las entidades significadas. Por ejemplo: Hombre pobre y Pobre Hombre.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1.- CHOMSKY, N. (1957); "Estructuras Sintácticas"; Siglo XXI, México.

2.- CHOMSKY, N. (1965); "ASpects of the Theory of Syntax"; The M.I.T. Press; Cambridge.

3.- ECO, H. (1976); "Tratado de Semiótica General"; Editorial Nueva Imagen; México.

4.- FUENMAYOR, R. (1977); "Construcción de una Base de Datos para un Modelo de la Población del Estado Mérida"; Trabajo de Ascenso a Profesor Asistente; Escuela Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Mérida.

5.- MORRIS, C. (1946); "Signs, Language and Behavior"; Prentice Hall; New York.

6.- PEIRCE, C. (1931); "Collected Papers"; Harvard University Press; Cambridge.

7.- SAUSSURE, F. de (1916); "Curso de Linguística General"; Editorial Losada; Buenos Aires.

8.- SEBEOK, T.A. (1963); "Semiotics"; Science; New York.

9.- SEBEOK, T. (1969); "Approaches to Animal Communication"; Mouton; La Haya.

10.- SHANNON, C.E. (1948); "A Mathematical Theory of Communication"; Bell System Technical Journal, Nº 27.

11.- WIENER, N. (1949); "The Extrapolation, Interpolation and Smoothing of stationary Time series"; John Wiley; New York.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

ENSAYO DE UN MODELO DINAMICO PARA EL PLANEAMIENTO

Clemente Panzone

Av. Montes de Oca 485
Buenos Aires - Argentina.

OBJETO DEL TRABAJO

En este ensayo* se procede a incorporar en un modelo presentado a las Undécimas Jornadas de la SADIIO (C. Panzone,1979) dos circuitos de retroalimentación (N. Wiener) o sistemas dinámicos de interacciones (L. von Bertalanffy), que de acuerdo a la experiencia de la evolución económica argentina y latinoamericana, estarían representados por: *a)* el circuito de la devaluación o revaluación de los tipos de cambio y *b)* el circuito de financiamiento externo (deuda externa). Ello permitiría ampliar y precisar las posibilidades del citado trabajo, a los fines de mejorar la interpretación de los aspectos descriptivos y analíticos de la economía, o para mejorar -en terminología de Y. Barel - el análisis sistemático cognoscitivo de esta problemática.

Cabe agregar, que las ideas subyacentes de este ensayo, fueron esbozadas en forma casi simultánea con el trabajo "Metodología de análisis... ..." (C.Panzone, 1968). Establecidas inicialmente como hipótesis, consideramos se han visto confirmadas al contrastarlas con los estudios y experiencias de la realidad argentina y latinoamericana.

---

* *Se agradece al Ing. Roque G. Carranza, con quien se han intercambiado opiniones sobre este tema, y por su constante asesoramiento en materia bibliográfica.*

INTRODUCCION

En el trabajo citado en primer lugar, se analizaba un aspecto de la problemática de la teoría económica que vincula los modelos de desarrollo y el comercio internacional. Se consideraba el conjunto de las variables macroeconómicas como un sistema, y se procedía a la apertura -en un modelo ya elaborado- del subsistema o "caja negra" que corresponde a la relación de importaciones-exportaciones, identificando sus componentes, de acuerdo a la información disponible. Pero, para tales fines, la citada información -proveniente de la investigación CONADE-CEPAL (1965)- se elaboró especialmente de tal manera que satisfaciera el enfoque adoptado, estableciendo una interrelación entre las exportaciones (de materias primas y productos intermedios y de bienes de consumo no duradero) y las importaciones (básicas, secundarias y de combustibles y lubricantes).

En otras palabras, se trataba de descubrir las propiedades fundamentales del comportamiento de la "caja negra" citada, bajo el enfoque específico definido, o realizar un análisis sistemático cognoscitivo de la misma.

Se tomaron en cuenta como aportes -en los aspectos económicos- a diferentes autores tales como P.C. Mahalanobis, M.Bronfenbrenner, J. Tinbergen, M. Kalecki, K.N. Raj, A.K. Sen, I. Sachs, así como trabajos de C.Furtado, O.Sunkel, R.Prebisch y otros.

DESARROLLO DEL TRABAJO

I. Tal como se expresaba en trabajos anteriores, se persigue elaborar un esquema o modelo descriptivo-analítico, a los efectos de utilizarlo posteriormente para la evaluación de algunos aspectos de los resultados de la aplicación de medidas de política económica.

En general, los modelos denominados descriptivos tratan -como su nombre lo indica- de describir los hechos como ocurrieron y están ocurriendo, mientras que los analíticos, no se limitan a reflejar hechos, sino que procuran explicarlos (también denominados modelos explicativos) (Véase CEPAL, 1967).

La expresión de modelo descriptivo-analítico significaba -el menos en cierta medida- el intento de describir los hechos como ocurrieron y procurar alguna explicación de los mismos. Para ello se partía de una de las características específicas de las economías periféricas (Véase entre otros, R.Prebisch, 1979 y 1980; O. Rodríguez, 1979 y A. Ferrer, 1971) constituida por su dependencia del sector externo, para lograr los objetivos de desarrollo, que fueran establecidos por los responsables de la política económica (J. Tinbergen, 1961).

Se adoptaba tal actitud, debido que al analizar reflexivamente la realidad argentina y latinoamericana, se observó que a los fines de la evaluación, fijados los objetivos de política económica (J. Tinbergen, 1961 y E. S. Kirschen, 1965) debía disponerse de un esquema o modelo en base al cual se efectuarían las inferencias de las medidas de política económica correspondientes.

Se consideraba que los modelos teóricos disponibles han respondido -en general- a un grado de abstracción posiblemente diferente al necesario para la descripción y análisis de las economías periféricas y/o a un estudio reflexivo de intereses, realidades y expectativas también distintas.

Al elaborar estos esquemas se ha tenido presente el enfoque de la teoría de sistemas, consistente en que "las propiedades y los modos de acción de los niveles superiores no pueden explicarse por la suma de las propiedades y modos de acción que corresponden a sus componentes considerados aisladamente. No obstante, es posible llegar a los niveles más elevados partiendo de los componentes, si se conoce el conjunto de los componentes y las relaciones que existen entre los mismos" (L. von Bertalanffy, 1979).

Por otra parte, la cibernética (N. Wiener) también se opone -como lo hace la teoría de sistemas- a la concepción "mecanicista". Tal concepción se observa cuando se considera al universo basado en la "actuación aleatoria de partículas anónimas" y se hace hincapié en la "búsqueda de nuevos enfoques, de conceptos originales más comprensivos y de métodos que permitan estudiar esas grandes totalidades constituidas por la personalidad y el organismo" (L. von Bertalanffy, 1979).

Estas ideas -también consideradas en la elaboración del trabajo presentado a las Undécimas Jornadas- permiten elaborar los elementos para introducir en la "caja negra" abierta, los circuitos de retroalimentación que "dinamizan" este subsistema. Encuentran su fundamentación subyacente, en que entre las variables o instrumentos de política económica más utilizados en los países latinoamericanos -y generalmente, recomendados- ocupa un lugar preponderante la devaluación de los tipos de cambio, para alentar las exportaciones y el incremento de la deuda externa para la adquisición de bienes de capital, y otros necesarios para el desarrollo. Con respecto a este último, cabe expresar que no es el único ni más importante motivo por el que puede aumentar la deuda externa, pero es el específicamente considerado en este análisis.

En el circuito de retroalimentación de la devaluación de los tipos de cambio, se considera incluída la revaluación que bajo sus distintas formas -p.e. mantener el signo monetario sobrevaluado- implican efectos diferentes y contrarios a la devaluación.

La introducción de tales circuitos, se efectúa, en el esquema o modelo como elementos descriptivo-analíticos. Es por ello que el primer circuito considerado, o sistema dinámico de interacciones, toma en cuenta el hecho de la devaluación, no las características específicas de la misma, como sería el caso de una macro o microdevaluación, una devaluación compensada o no, etc.

El circuito de retroalimentación, identificado como el de la deuda externa, tiende a captar -en forma idéntica al otro circuito- el hecho del incremento de la deuda, que permitiría la incorporación de bienes esenciales para el desarrollo.

II. J.E.Meade (1951), basándose en modelos macroeconómicos de tipo keynesiano y utilizando un método de estática comparativa, analiza la interrelación internacional entre varias economías nacionales, examinando las diversas combinaciones de variables de política económica que pueden servir para conciliar el "balance externo" y el "balance interno". Por balance externo considera el balance de pagos internacionales del país y por balance interno, el pleno empleo y la estabilidad de los precios.

Con posterioridad (J.E.Meade, 1978) considera que de volver a escribir estos aspectos "no haría el análisis básico en términos de la conciliación de los dos objetivos del balance externo y el balance interno, sino en términos de la conciliación de los tres objetivos, del equilibrio en la balanza de pagos, del pleno empleo y de la estabilidad de precios".

Estos aspectos -el estudio de las repercusiones e implicancias de los efectos internos y externos de los circuitos- no están incluidos en la tarea de este ensayo. En el caso de la devaluación, pueden ser p.e. los efectos sobre los precios y la inflación, el ingreso de capitales, la distribución del ingreso, el nivel de ocupación y los costos internos, etc. En el caso del incremento de la deuda externa, pueden ser p.e. los efectos sobre el endeudamiento externo, el movimiento de capitales, la tasa de interés, etc.

Estos aspectos, por sus características, magnitud y significación, requieren una tarea especial que excede los alcances de este ensayo. La bibliografía existente sobre los efectos internos y externos de la devaluación de los tipos de cambio, y la experiencia a nivel nacional y latinoamericano, es amplia y numerosa.**

En cuanto a los efectos internos y externo del otro mecanismo de retroalimentación, que corresponde al financiamiento externo o incremento de la deuda externa -producida por la ad-

---

** *En el orden nacional e internacional, podemos citar -entre otros- a los siguientes autores: S.S. Alexander, J.Robinson, R.Kumar, S.C. Tsiang, C.F. Díaz Alejandro, O.Sunkel, J.H.G.Olivera, R.Prebisch, A.Ferrer, J.C. de Pablo, M.Diamand, M.Sidrauski, A.M.Martirena-Mantel, etc.*

quisición de bienes de capital y otros, necesarios para el desarrollo- es un tema que no presenta una bibliografía tan extensa como la devaluación***.

Es oportuno citar que, la relación importaciones-exportaciones-sector externo-nivel de ingresos, ha sido estudiada en su momento bajo el enfoque del denominado modelo de las dos brechas (brecha exportación-importación y brecha inversión-ahorro) (Véase p.e. Chenery y Strout, 1966; Masson y Theberge, 1967).

III. Los circuitos de retroalimentación o sistemas dinámicos de interacciones, pueden presentar una relación o vinculación. Consideramos que ello ocurre, cuando ante una inminente situación de agotamiento de las reservas de un país, se procede a devaluar. Ello va unido -implícitamente- al posible incremento de la deuda externa del país considerado.

La situación que se plantea en estas circunstancias, puede reflejar situaciones financieras específicas o de índole particular en el orden internacional, y en consecuencia, puede no tratarse de una decisión de incrementar la deuda a los efectos de financiar el ingreso de bienes de capital.

IV. Expresa G. Myrdal (1957 ó 1959) con acierto: "..... la teoría y la investigación que tratan de observar los hechos, deben reajustarse continuamente una a otra, sobre el principio de que, en el análisis final, los hechos son decisivos. Como la teoría es solamente una hipótesis, su verdadero criterio nunca puede ser nada más que el pragmático de su utilidad para introducir las observaciones de los hechos en un sistema significativo y no contradictorio de conocimientos. Así, pues, el progreso científico sólo puede ser el resultado de un proceso de prueba y error".

Además, como se trata de economías periféricas y dependientes, es necesario recalcar que el sector externo desempeña un papel clave, y es fundamental, a los fines del desarrollo, los componentes de las exportaciones e importaciones (Véase p.e. M. Balboa, 1972).

Es por ello, que entre los trabajos empíricos consultados deseamos señalar los de Holland y Gillespie (E.P. Holland 1962 y 1962a, E.P. Holland y R.W. Gillespie, 1963), que utilizan la simulación y han obtenido resultados que consideramos importantes. Estos autores consideran que el uso de este método, permite una clara separación de las técnicas de investigación de la definición de los objetivos de política económica. Ello

---

*** *Podemos citar -entre otros- a los siguientes autores: W.M. Beveragi Allende, Banco Central, J.F. Sommer, W. Hemphill, C. Loser, J.L. Machinea, etc.*

permite, a su vez, observar los efectos de las políticas alternativas antes de formular juicios de valor. Tampoco es necesario disponer de una función formalizada de bienestar.

R.W. Gillespie, usando el modelo de Holland, y bajo condiciones supuestas -valores iniciales de las variables y de los parámetros del modelo- encontró que los determinantes más importantes de la efectividad de la devaluación no eran las elasticidades de demanda, frecuentemente analizadas, sino los efectos inducidos sobre los modelos de asignación de inversiones y la resistencia del sistema a la inflación de precios. En tests efectuados, la resistencia a la inflación probó ser altamente sensible a la velocidad con que los consumidores ajustan sus gastos a los cambios del ingreso.

V. Uno de los aspectos que en forma indirecta ha surgido al elaborar este ensayo, es la conveniencia de hacer una distinción entre el equilibrio y la estabilidad del mercado cambiario (mercado de divisas) y del balance de pagos. Prescindiendo del grado de acierto de cómo se han utilizado corrientemente los términos equilibrio y estabilidad en el análisis económico, desde el punto de vista semántico y conceptual, esta distinción ha sido analizada hace ya unos años (Véase, J.H.G. Olivera, 1962).

Podemos decir que, el tipo de cambio de equilibrio desde el punto de vista del mercado cambiario, es el que iguala la oferta con la demanda de cambio extranjero. El tipo de cambio de equilibrio desde el punto de vista del balance de pagos, es aquel que además de nivelar la oferta con la demanda de divisas, resulta compatible con el equilibrio de precios (incluida la tasa de interés), la producción y la ocupación interna del país. Esta diferencia creemos que es fundamental. No todo tipo de cambio que equilibre el mercado de divisas pondrá a la vez en equilibrio el balance de pagos. Puede agregarse, que desde el enfoque de la teoría del equilibrio, el primero, el del mercado de divisas, es un enfoque de equilibrio parcial; mientras el segundo, el del balance de pagos, es un concepto de equilibrio general.

Por otra parte, el equilibrio puede ser estable para el mercado cambiario y no serlo para el balance de pagos. "El sistema posee estabilidad desde el punto de vista del mercado cambiario si cualquier desigualdad entre la oferta y la demanda de divisas ocasiona variaciones que tienden a eliminar esa diferencia. El sistema posee estabilidad desde el punto de vista del balance de pagos, si el ajuste del mercado cambiario no requiere sacrificar el equilibrio económico interno; particularmente si no implica reducir la actividad económica interna por debajo del nivel de plena ocupación" (J.H. G. Olivera, 1962).

En un trabajo posterior (G. Basevi, 1973), que tiene como uno de sus objetivos enfatizar que en un mundo en el cual la moneda de un país puede ser creada por el sistema bancario de o

otros países, ya no es válida la correspondencia de los libros de texto entre el equilibrio del balance de pagos de un país y el mercado de los tipos de cambio. Considera Basevi que, la condición de equilibrio presupuestario de un sector (el externo) no es identificable con la condición de equilibrio para un mercado (el de los tipos de cambio). El análisis de este autor, está realizado para los países del bloque europeo, donde el sistema bancario de algunos países, pueden producir préstamos y hacer depósitos en otras monedas, p.e. dólares, marcos etc.

Por otra parte, introduce una distinción entre stock y flujo de equilibrio. Esta es una razón -puede no ser la única- de por qué no hay, necesariamente, correspondencia entre el equilibrio del balance de pagos (equilibrio de flujo) y el equilibrio de los tipos de cambio (equilibrio de stock).

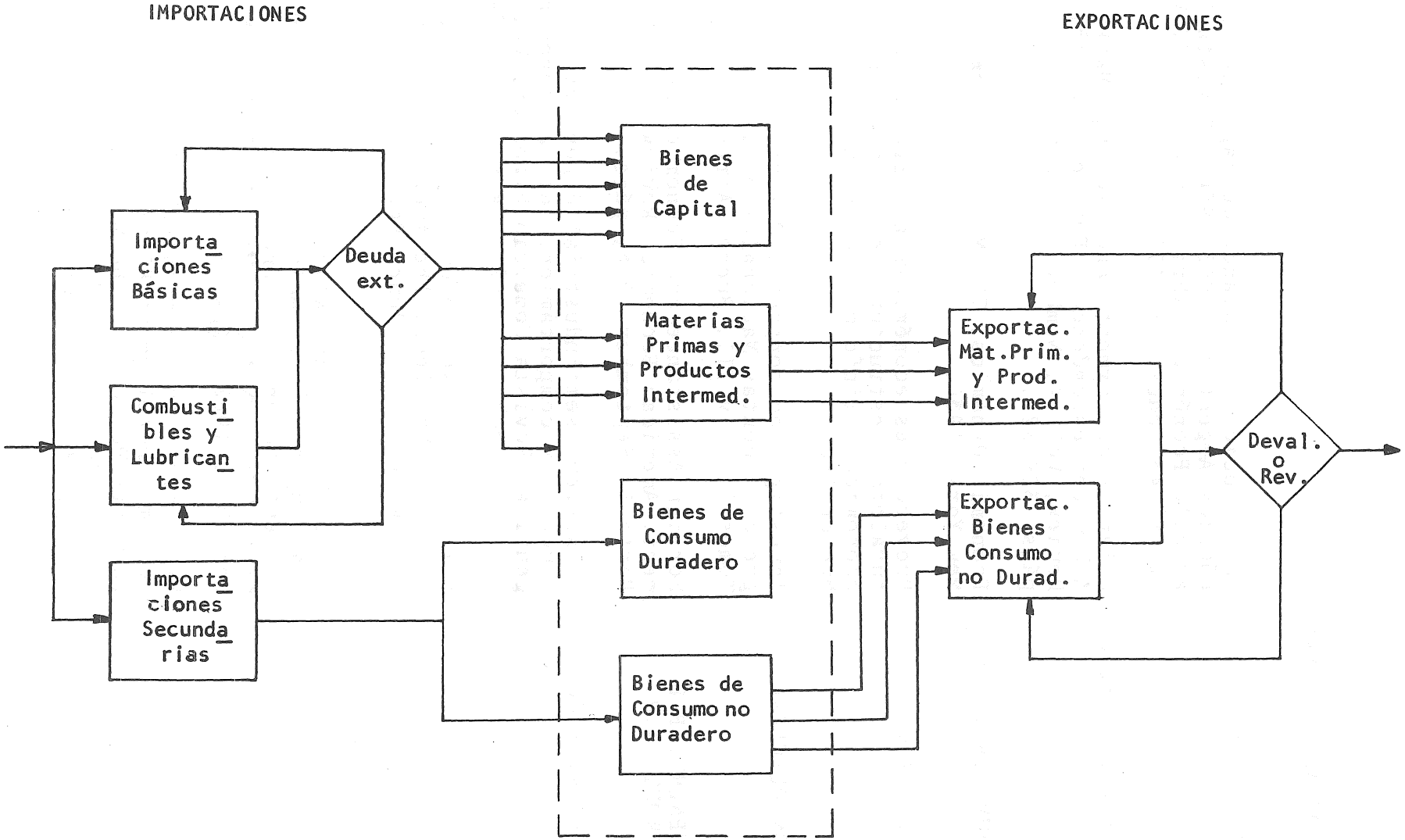
CONSIDERACIONES FINALES

Primero, la incorporación y explicitación de los mecanismos de retroalimentación o sistemas dinámicos de interacciones -devaluación o revaluación de los tipos de cambio e incremento de la deuda externa- permiten incorporar dos mecanismos importantes en la elaboración del modelo descriptivo-analítico y de utilidad, para el análisis de la evolución y crecimiento de las economías periféricas.

Segundo, estos mecanismos permiten la "dinamización" -parcial- de la apertura de la "caja negra" o del subsistema considerado que corresponde a la interrelación exportaciones-importaciones. Incluye implícitamente la variable tiempo (cf.Baumol, 1960).

Tercero, se trata de modelos heurísticos (en el sentido de H.A. Simon 1962 y 1979), o sea de reglas y métodos empíricos, que nos permiten descomponer aproximadamente en componentes simples y significativos, los aspectos complejos captados, y encontrar las relaciones con razonable y aproximada confiabilidad.

Cuarto, los aspectos considerados en este ensayo responden a una descripción "conceptual", pues el realizar directamente estimaciones cuantitativas sobre el tema -además de la complejidad intrínseca del mismo- presenta requerimientos que por sus características corresponden a tareas posteriores.


IMPORTACIONES
EXPORTACIONES
Importa ciones Básicas
Deuda ext.
Combusti bles y Lubrican tes
Importa ciones Secunda rias
Bienes de Capital
Materias Primas y Productos Intermed.
Bienes de Consumo Duradero
Bienes de Consumo no Duradero
Exportac. Mat.Prim. y Prod. Intermed.
Exportac. Bienes Consumo no Durad.
Deval. o Rev.

BIBLIOGRAFIA REFERENCIAL

1. BALBOA, Manuel. "La evolución del balance de pagos de la República Argentina, 1913-1950". Revista Desarrollo Económico, abril-junio de 1972.Vol. 12, N° 45, págs. 151-172.

2. BASEVI, Giorgio. "Balances of Payments and Exchange Markets. A lost correspondence". European Economic Review, Vol. 4, Number 4, December 1973, págs. 309-328.

3. BAUMOL,William J. Economic Dynamics. The Macmillan Company, New York. 1960.

4. C.E.P.A.L. Proyecciones económicas a largo plazo. Naturaleza y estructura de los modelos macroeconómicos. (informe provisional), noviembre de 1967.

5. CONADE-CEPAL Investigación conjunta. Distribución del Ingreso y Cuentas Nacionales en la Argentina. Tomos I, II y III. Buenos Aires, 1965.

6. CHENERY, B.B. y STROUT, A.M. Foreign Assistance and Economica Development. American Economic Review, LVI, N° 4, Parte I, September 1966, págs. 679-733.

7. FERRER, Aldo El sistema semiindustrial dependiente: estructura y comportamiento de la economía argentina. Revista Comercio Exterior, Vol XXI, N° 1, noviembre de 1971, págs. 1017-1024.

8. HOLLAND, Edward Simulation of an Economy with Development and Trade Problems. The American Economic Review, Vol. LII, June 1962, Number 3, pág. 408-430.

9. HOLLAND, Edward P. Principles of Simulation. Organization. Planning and Programming for Economic Development. Science, Technology and Development. United Nations. Vol. VIII. Washington, D.C. 1962, págs. 106-118.

10. HOLLAND, Edward P. with GILLESPIE,Robert Experiments on a Simulated Underdeveloped Economy: Development Plans and Balance-of-Payments Policies. The M.I.T.Press, 1963, Véase especialmente Parte II: The Balance of Payments of a Growing Economy, págs.71-197.

11. KIRSCHEN, E.S. y colaboradores — Política Económica Contemporánea. Vol. I. Teoría General. Ediciones Occidente S.A. Barcelona, España, 1965.

12. MASSON, Francis y THEBERGE, James — Evaluación por dos brechas de los requerimientos de capital externo de la Argentina en 1970 y 1975. Revista de Desarrollo Económico, enero-marzo de 1967, vol. 6, N° 24, págs. 565-614.

13. MEADE, James — The Theory of International Economic Policy. Tomo I. Oxford University Press, London 1951.

14. MEADE, James — El significado de "balance interno". en Los Premios Nobel de Economía, 1969-1977. Lecturas 25. Banco de México S.A. y Fondo de Cultura Económica, México 1978, páginas 375-393.

15. MYRDAL, Gunnar — Teoría económica y regiones subdesarrolladas. Fondo de Cultura Económica, México 1959. La edición inglesa se publicó con el título de: Economic Theory and Underdeveloped Regions". Gerald Duckworth & Co. Ltd., London 1957 y la edición norteamericana con el título de: Rich Lands and Poor. The Road to World Prosperity. Harper & Row, Publishers. New York and Evanston, 1957.

16. OLIVERA, Julio H. — Equilibrio monetario y ajuste internacional. Revista Desarrollo Económico, julio-septiembre 1962. Vol. 2, N° 2, págs. 45-60 y también en la Revista de Ciencias Económicas, Año L, julio a diciembre de 1962, Serie IV, N° 18, págs. 109-122.

17. PANZONE, Clemente — Aspectos teóricos de una política de inversiones para los países subdesarrollados. Buenos Aires, 1963 (Tesis Doctoral UNBA, Facultad de Ciencias Económicas), mimeo.

18. PANZONE, Clemente — Ensayo sobre modelos de planeamiento. Revista El Trimestre Económico, Vol XXXIII, enero-marzo de 1966, N°129, págs.43-56.

19. PANZONE, Clemente — Metodología de análisis de las cuentas nacionales con especial referencia al análisis de la dependencia del sector externo. Buenos Aires, 1968. (Conferencia realizada en el Colegio de Graduados de Ciencias Económicas de Cap.Fed., octubre 1968)Mimeo.

20. PANZONE, Clemente. Ensayo de un modelo descriptivo-analítico de las economías latinoamericanas (enfoque estructuralista) a publicarse en la Revista El Trimestre Económico (s/f).

21. PANZONE, Clemente Modelos para el análisis del desarrollo y el comercio internacional. Anales de las Undécimas Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa.Buenos Aires, Argentina, 1979, págs. C3-1 - C3.25

22. PREBISCH, Raúl Planificación, desarrollo y democracia. Revista Crítica y Utopía, septiembre de 1979, págs. 71-87. Comentarios de Roque G. Carranza en: A Propósito de Planificación, Desarrollo y Democracia, págs. 87-89.

23. PREBISCH, Raúl Introducción al estudio de la crisis del capitalismo periférico. El Trimestre Económico, Vol XLII, julio-septiembre 1980, N° 183, págs. 547-569.

24. RODRIGUEZ, Octavio La teoría del subdesarrollo de la CEPAL. Síntesis y crítica. Revista de Comercio Exterior, Vol. 29, número 11, noviembre de 1979, págs. 1177-1194.

25. SIMON, Herbert A. and ALLEN, Newell Simulation of Human Thinking, in Management and the Computer of the Future.John Wiley and Sons, New York 1962, Martin Greenberger editor.

26. SIMON, Herbert A. Rational Decision Making in Business Organizations". The American Economic Review, September 1979, Vol.69, Number 4, págs. 493-513.

27. THEBAUD, Schiller Analyse des Systemes et Planification du Developpement. I.R.E.P. Février 1972.

28. TINBERGEN, Jan Política Económica. Principios y Formulación. Fondo de Cultura Económica, México, 1961.

29. von BERTALANFFY, Ludwig Perspectivas en la Teoría General de Sistemas. Estudios científico-filosóficos. Alianza Editorial, Madrid 1979, esp.Cap. 12. Historia y Desarrollo de la Teoría General de Sistemas, págs. 137-156.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

CAPITULO P

INVESTIGACION OPERATIVA

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

REPRESENTACION PLANA DE GRAFOS: ALGORITMOS DE COMPUTO

Francisco Javier Diaz (*)

Centro de Técnicas Analógico-Digitales
Facultad de Ingeniería, Univ. Nac. de la Plata
La Plata, Argentina

RESUMEN:

Son muchas las disciplinas en las que se requieren grafos por distintos motivos. Y resulta de suma utilidad para múltiples aplicaciones, como ser diseño de circuitos integrados o de máscaras de híbridos, poder testear la planaridad de un grafo y dar una representación plana del mismo.

El algoritmo presentado además de esto, tiene otros aspectos: por un lado se logra la mayor representación plana de un grafo, esto es, se obtiene una representación plana del grafo original tal que no existe otra que incluya un número mayor de aristas; por otro lado el método nos permite dar le un contorno fijo al grafo de modo de que las otras aristas que se tracen no afecten a dicho contorno, de ser esto posible.

INTRODUCCION:

Se han seguido las líneas generales propuestas por Demoucron, Malgrange y Pertuiset (ver Ref. 3). Los métodos propuestos aquí difieren sustancialmente de la implementación dada por este Centro de Técnicas Analógico-Digitales en la Ref. 2 . Las diferencias atañen tanto a la forma, como al fondo. Entre las primeras debe destacarse que a los fines de mejorar primordialmente el aspecto tiempo de cómputos se ha trabajado con las listas de adyacencia y los contornos de las caras se han guardado en forma de vectores circulares. También se procedió a armar pi

(*) Trabajo realizado bajo la dirección del Ing. Antonio A. Quijano.

El autor agradece la colaboración de la Dra. Lia Oubiña y el asesoramiento del Ing. Armando De Giusti.

las con la información de las caras a las que pertenece cada vértice. Del 2°tipo de diferencias deben destacarse varias mejoras teóricas y agregados que se han hecho al método original de Demoucron. Estas diferencias surgirán claramente de cotejar la versión aquí presentada con la propuesta por Demoucron en Referencia 3.

ALGORITMO UTILIZADO

El método utilizado es un método constructivo y hace uso del concepto fundamental de pieza. Una pieza es una porción del grafo original que aún no figura en el grafo que se está construyendo. Más específicamente, hay dos tipos de piezas. Las piezas Tipo A son las aristas del grafo original que no forman parte del subgrafo que se construyó hasta el momento pero cuyos vértices sí pertenecen a dicho subgrafo. Las piezas Tipo B, son las componentes conexas del grafo original menos las aristas que ya fueron consideradas hasta el momento.Las aristas que tienen como extremo un vértice que pertenece al grafo que se está construyendo se consideran sólo como incidentes. Y a dichos vértices se los denomina pies de la componente a las que pertenece el otro extremo de la arista. Con esta definición resulta claro que una pieza se podrá trazar en una cara dada,sólo si todos sus pies pertenecen al contorno de dicha cara.

Destaquemos que un ciclo determina dos caras o porciones del plano,una interior y otra exterior. De ahora en más nos referiremos a ellas como cara finita y cara infinito.Más precisamente la cara infinito es aquella cara cuyo contorno es tal que en la cara finita que éste determina yacen todos los otros vértices y aristas del grafo.

El método implementado consiste en los siguientes pasos

1) Se entra el grafo en forma de listas de adyacencia.

2) Si se le fija (como dato) una cara infinito, se considera a dicho contorno como delimitando sólo una cara y se va a 6).

3) Se eliminan los vértices de grado 2 (se los reemplaza por una arista).

4) Se ordenan las listas de adyacencia por los grados de los vértices (de menor a mayor) y se procede a buscar un ciclo inicial al cual se lo trata de extender lo más posible. En general este proceso nos lleva a un ciclo hamiltoniano (esto es un ciclo que contiene todos los vértices) si el grafo posee al menos uno.

5) Si el ciclo inicial no es hamiltoniano, ir a 6). En caso contrario construir el grafo auxiliar de incompatibilidad entre piezas. A este grafo auxiliar se le borrarán un número mínimo de vértices (correspondientes a aristas del grafo ori-

ginal de modo de que el grafo de incompatibilidades sea bicoloreable por vértices. Finalmente, se emite un mensaje donde se indica que las aristas correspondientes a vértices a los que se les asignó un mismo color deben trazarse en una misma cara y los correspondientes al otro color en la otra cara. Ir a 11).

6) Se testea que el número de aristas sea menor o igual a 3 veces el número de vértices menos 6. De no ser así se emite un mensaje de no planaridad y se va a 11).

7) Se ve si el número de caras trazadas es igual al número de aristas menos el número de vértices más 2. De ser así imprimir un mensaje de que el grafo original resultó planar, y los contornos de las caras del grafo e ir a 11).

8) Se genera una pieza del grafo. Si ya se generaron todas se traza la última pieza generada y se va a 7).

9) La pieza generada es tipo A. Si no es así ir a 10). Se testea que los extremos de las aristas pertenezcan al menos a dos caras. De ser así se va a 8) a generar una nueva pieza. Si ambos vértices sólo tienen una cara en común se trazará dicha pieza tipo A en esa cara, generando 2 caras nuevas de las cuales 1 tomará el lugar de la vieja. Ir a 7). Si no están ambos en ninguna cara se emite un mensaje de no planaridad e ir a 11).

10) La pieza generada es tipo B. Se debe verificar que todos sus pies pertenezcan al menos a los contornos de dos caras. De ser así se va a 8) a generar una nueva pieza. Si la totalidad de sus pies sólo figuran en una única cara se procede a partirla trazando una cadena de la pieza generando consecuentemente una nueva cara y modificando la vieja. Ir a 7). Si por el contrario no existe ningún contorno de la cara en donde figuran todos los pies de la pieza que se está examinando se emite un mensaje de no planaridad y se va a 11).

11) Fin del proceso.

FIJAR LA CARA INFINITO:

Cuando el problema real requiere que en la cara infinito aparezcan sólo determinados vértices en un orden prefijado, se procede considerando a dicho ciclo inicial como contorno de una sola cara o sea se considera que la cara infinito no posee vértices y por tanto no se puede trazar nada en ella. Luego se continúa según el método común de Demoucron de Ref. 3.

ELIMINACION DE LOS VERTICES DE GRADO 2:

A los fines de testeo de planaridad los vértices de grado 2 se pueden considerar simplemente como aristas partidas o divididas, y en consecuencia es redundante el considerar dichos

vértices. También debe notarse que el considerar aristas múltiples no afecta en nada al testeo de planaridad por tanto se las trabaja como aristas simples.

BUSQUEDA DEL CICLO INICIAL:

Primero se reordenan las listas de adyacencia clasificando a los vértices de menor a mayor grado. Luego se pasa al proceso de búsqueda exhaustiva de un ciclo inicial. Posteriormente se trata de extender dicho ciclo inicial agregándole cadenas de modo de aumentar el número de vértices que lo forman. El proceso se detiene cuando o bien ya se encontró un ciclo que contiene la totalidad de los vértices, o bien todas las cadenas suceptibles de incorporarse no hacen aumentar el número de vértices del ciclo ya obtenido.

OBTENCION DE LA MAYOR REPRESENTACION PLANAR DE UN GRAFO HAMILTONIANO:

Cuando se dispone de un ciclo hamiltoniano se obtiene la mayor representación planar del grafo original. Esto significa que se encuentra una representación plana del grafo donde se omiten un número mínimo de aristas del grafo origen de modo de que el subgrafo dado sea planar y que cualquier otro subgrafo que contenga un número mayor de aristas no lo sea.

La idea del procedimiento utilizado proviene de una sugerencia del artículo de Ref. 3.

Una vez obtenido un ciclo inicial hamiltoniano lo único que falta trazar son aristas. Se genera pues un grafo auxiliar donde los vértices representan las aristas del grafo original que aún faltan trazar. Dos vértices en el grafo auxiliar serán adyacentes sí y sólo sí las piezas correspondientes en el grafo origen son incompatibles, o sea no pueden trazarse ambas en una misma cara.

Luego se procede a la bicoloreación de este grafo auxiliar o de incompatibilidades. Esto es, se trata de asignar uno de dos colores posibles a cada vértice de modo de que a vértices adyacentes no les corresponda un mismo color.

De no ser posible bicolorear al grafo, esto se debe a la existencia de uno o más ciclos de longitud impar y no es posible el trazado en forma planar de las aristas correspondientes del grafo origen. Acto seguido se elimina del análisis a la arista asociada al vértice que más conflictos produjo. Más específicamente sería el vértice que tiene mayor número de adyacentes que tengan asociado el mismo color que él. Se procede pues a una nueva coloración del grafo.

Una vez que se ha bicoloreado el grafo sin que haya producido ningún conflicto, se tiene una partición del conjunto de las aristas del grafo origen en dos conjuntos: uno de estos con

juntos tendrá los vértices correspondientes en el grafo auxiliar de un color y el conjunto restante será el asociado al otro color.

Resulta claro que las aristas pertenecientes a uno de estos conjuntos se trazarán por la cara finita y las del otro conjunto por la cara infinito.

COTAS PARA TESTEO DE PLANARIDAD:

En el método implementado se utilizan 2 números claves. El primero es igual a tres veces el número de vértices menos seis. Este número nos da una cota superior del número de aristas que puede, como máximo, tener un grafo planar. O sea cuando el número de aristas del grafo origen supera esta cota, se tiene que dicho grafo es no planar.

El otro número, conocido como número de Euler, es el número de aristas menos el número de vértices más dos, y es la cantidad de caras que posee un grafo planar biconexo, sin lazos ni aristas múltiples. Nos permite saber si ya terminamos de generar todas las caras del grafo.

BUSQUEDA DE PIEZAS:

Se barren todos los vértices que ya han sido considerados y se ve si de ellos parten aristas qúe aún no hayan sido consideradas. De ser así se genera la pieza correspondiente, ya sea tipo A ó tipo B. Debe destacarse a fin de evitar reiteraciones inútiles una vez generada una pieza tipo B, no se la volverá a generar hasta después de haber trazado alguna pieza.

EXAMEN DE LAS PIEZAS:

Una vez generada una pieza, ya sea tipo A ó tipo B, se toman sus pies y se observa que los mismos formes parte deal menos dos contornos de caras. Esto implica que dicha pieza puede trazarse más adelante (para ver la justificación teórica del método ver Ref. 2 y 3).

Si en cambio los pies de la pieza figuran sólo en el contorno de una cara se determina en la pieza una cadena que tenga origen y termine en dos pies distintos. Luego se trazará dicha cadena en la cara encontrada, modificándose consecuentemente el contorno de dicha cara y generándose una cara nueva. Debe notarse que el hecho de haber modificado el contorno de una cara (y generado otra) puede forzar que alguna de las piezas que anteriormente se verificó que se podrían trazar en más de una cara puedan ahora trazarse sólo en una cara. Por tanto después de trazar una pieza es necesario verificar nuevamente en cuántas caras pueden trazarse todas las piezas restantes.

En caso de que los pies de una pieza no estén es su totalidad incluídos en el contorno de ninguna cara, se tiene que

dicha pieza no puede trazarse planarmente y por tanto el grafo original resulta no planar.

EJEMPLOS:

Para ilustrar las técnicas explicadas anteriormente, se adjuntan un par de ejemplos. En el ejemplo 1 se parte del grafo de la Figura 1.a. Se procede a la eliminación de los vértices de grado 2 obteniéndose el grafo reducido de la Figura 1.b. En la Figura 1.c. puede verse, en trazo grueso, el ciclo inicial hallado y en trazo más fino las piezas tipo A que por ser el ciclo inicial hamiltoniano son el único tipo de piezas que aparecen.

A cada arista se le asignó un número que es el número que se le dió al vértice asociado a esa pieza tipo A en el grafo auxiliar de incompatibilidades.

En la Figura 1.d. puede verse a dicho grafo auxiliar de incompatibilidades.

Este grafo no es bicoloreable por vértices. Para que lo sea, debe eliminarse el vértice encerrado por una línea de puntos de la Figura 1.d., que se corresponde a la arista (24,26).

Finalmente, en la Figura 1.e. puede verse la representación planar obtenida del grafo reducido trazando las piezas tipo A asociadas a vértices con un mismo color en misma cara.

Para que se vea la equivalencia entre el grafo reducido y el grafo original, se procedió a extender la representación planar del grafo reducido hasta obtener una representación planar del grafo original (ver Figura 1.f.).

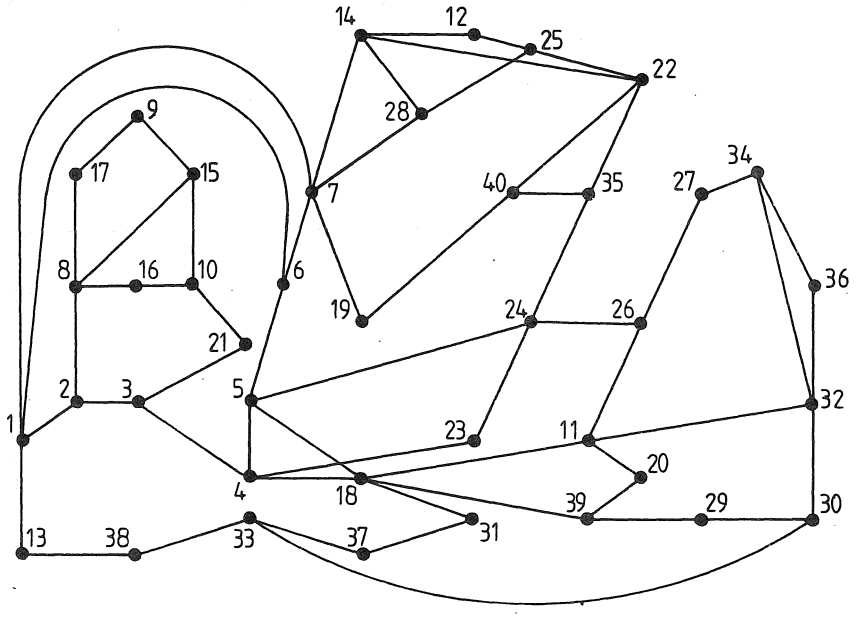


FIGURA 1a

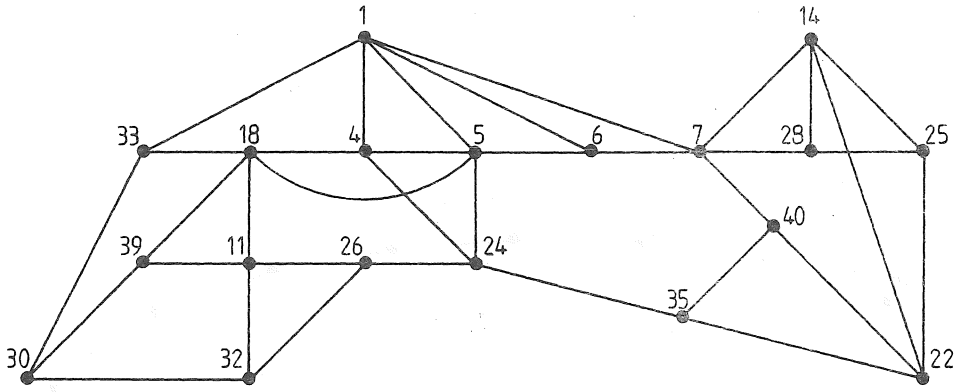


FIGURA 1 b

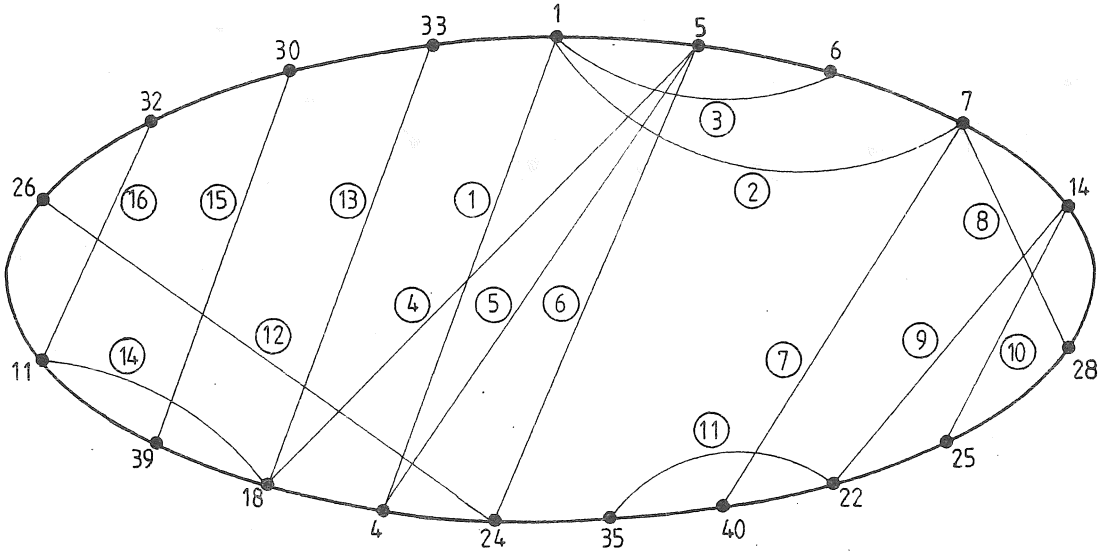


FIGURA 1 c

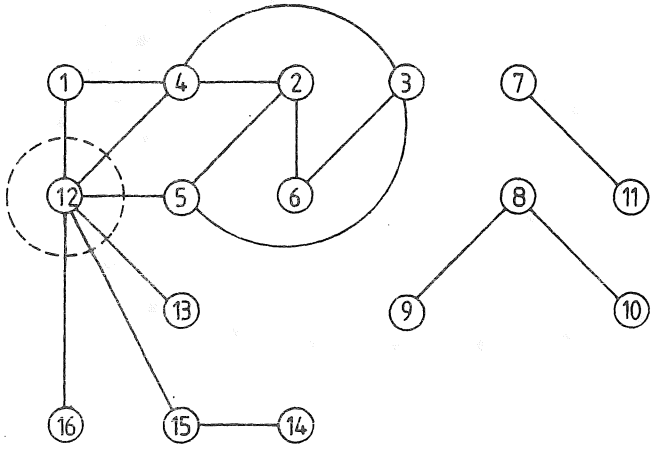


FIGURA 1 d

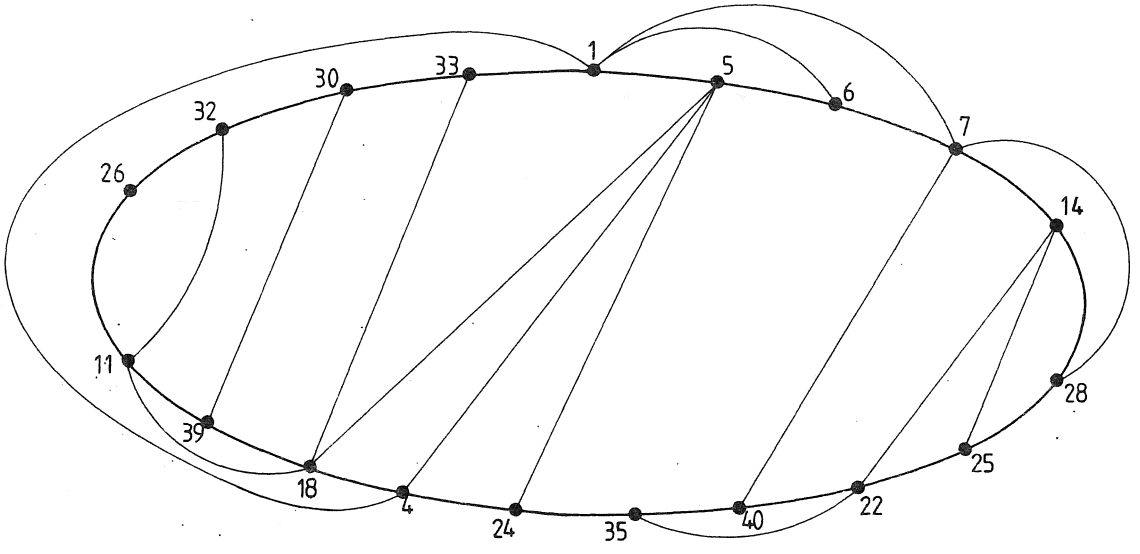


FIGURA 1 e

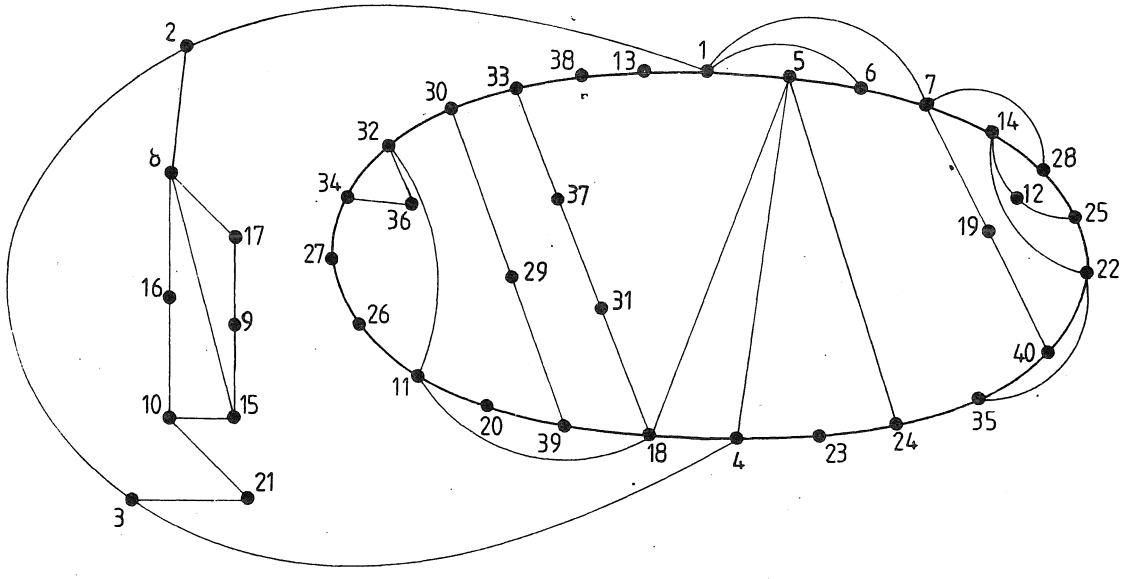


FIGURA 1 f

En el ejemplo 2, al grafo original de la Figura 2.a. se le fija un contorno (la cara infinito). En la Figura 2.b. puede verse dicho contorno en trazo fino, y en trazo grueso la pieza tipo B que nos falta trazar.

En los sucesivos gráficos de la Figura 2.c. se muestra la sucesión de grafos que se van construyendo hasta llegar a una representación plana del grafo origen.

En este ejemplo puede verificarse que el número de caras de grafos es exactamente el número de Euler o sea el duplo del número de aristas, menos el número de vértices más 2. El grafo del ejemplo 2 es un grafo planar saturado,esto significa que si se le agregara una arista cualquiera más, se obtendría un grafo no planar. Este hecho se podría deducir de que el número de aristas del grafo alcanza la cota antes mencionada de 3 veces el número de vértices menos 6.Debe destacarse que si se hubiera fijado como contorno de la cara infinito el ciclo (1,2,4,3,) .se hubiera obtenido un mensaje de no planaridad por la imposibilidad de trazar aristas en la cara infinito cuando ésta nos es dada como dato.

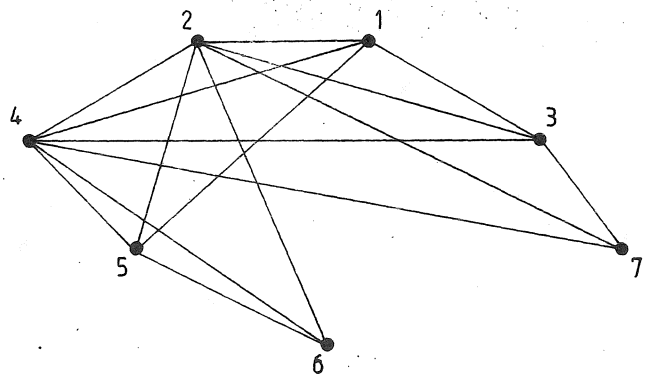


FIGURA 2a

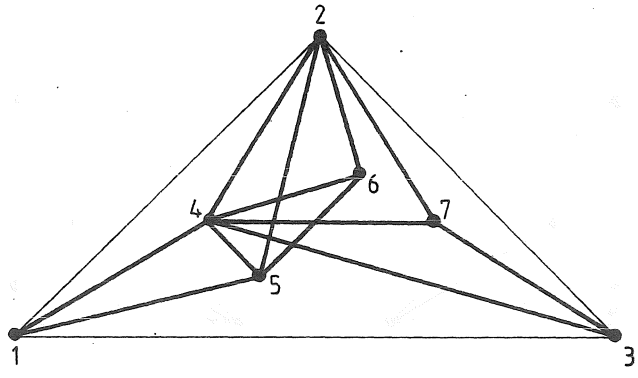
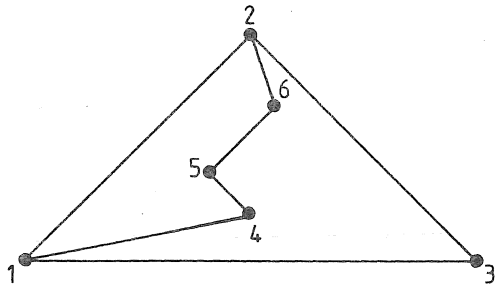
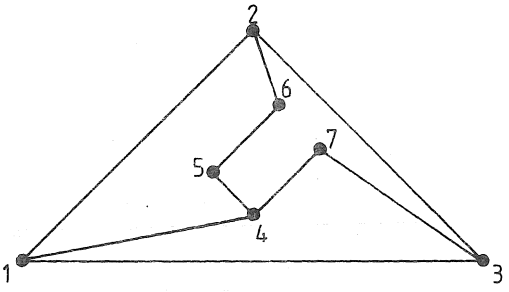
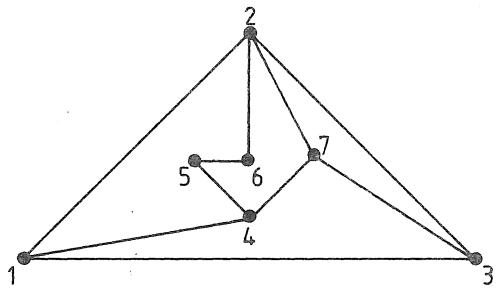
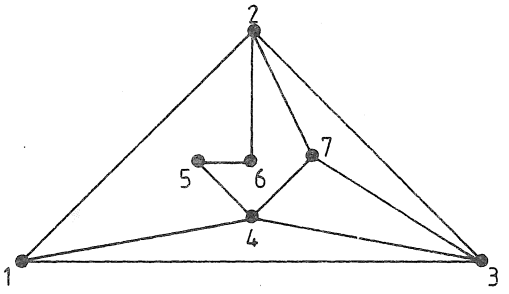


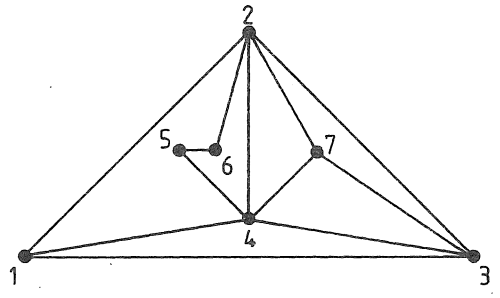
FIGURA 2 b

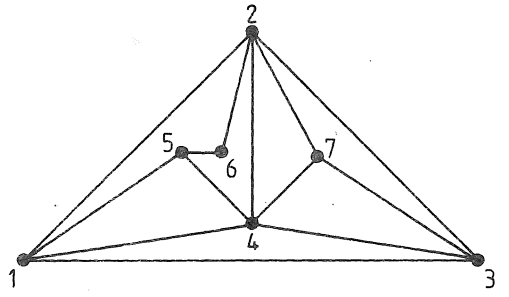

2
6
5
4
1
3

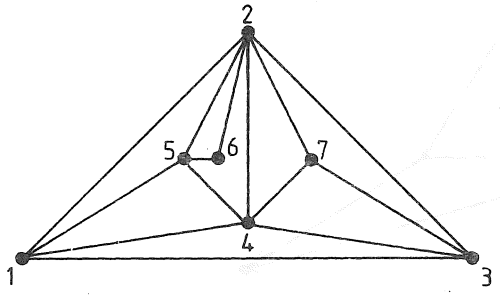

2
6
7
5
4
1
3


2
7
5
6
4
1
3


2
7
5
6
4
1
3


2
5
6
7
4
1
3


2
5
6
7
4
1
3


2
5
6
7
4
1
3

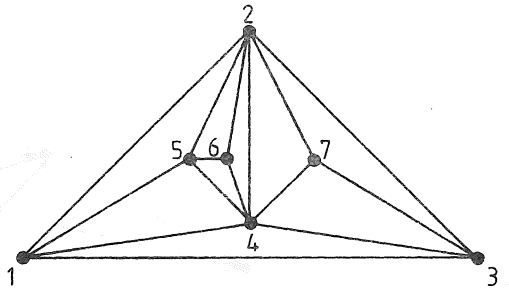

2
5
6
7
4
1
3

FIGURA 2 c

CONCLUSIONES:

En la siguiente etapa se procederá a un estudio exhaustivo de los tiempos tratando de optimizar los algoritmos empleados de modo de salvar ese factor crítico en muchos problemas reales. Una vez alcanzada dicha meta se tratará de emplear las técnicas aquí expuestas a casos reales de diseño de máscaras de híbridos y circuitos integrados.

REFERENCIAS:

1) C. Berge - "Theorie des graphes et ses applications" - DUNOD 1963.

2) A. De Giusti, C. Gutzner, G. Rossi y J. Diaz - "Planarización de grafos por computadora. Aplicación a circuitos electrónicos" - Publicación del Plan Nacional de Electrónica, Año I , N°3, pag. 4-10, Noviembre 1979.

3) G. Demoucron, Y. Malgrange y R. Pertuiset - "Graphes planaires, Reconnaissance et construction des representations". Revue Francaise de Recherche Operationnelle. Vol. 8,pag 33-47. Año 1964.

4) R.J. Fandree y R. H. Schelp - "Varions length paths in graphs. Theory and Applications of Graphs. Proceedings, Michigan, May 1976. Springer-Verlag.

5) J.G. Penaud - "Algorithmes de Planarite" Universite de Bordeaux.

6) F. Rubin - "An improved algorithm for testing the planarity of a graph" IEEE Transactions on Computers. Vol. C-24, N°2. Febrero 1975, pag. 113-121.

7) D. de Wella - "A note on graph coloring" R.A.I.R.O., R-1. - 1974, pag. 49-53.

Anales PANEL' 81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

REGISTER ALLOCATION VIA COLORING

ASIGNACION DE REGISTROS POR COLORACION

Gregory J. Chaitin
Ashok K. Chandra
Martin E. Hopkins
Marc A. Auslander
John Cocke
Peter W. Markstein

IBM Thomas J. Watson Research Center
P. O. Box 218
Yorktown Heights, New York 10598, U.S.A.

Resúmen: La asignación de registros puede considerarse como un problema de coloración de gráficos. Cada nodo del gráfico representa una cantidad computada que reside en un registro de la máquina, y dos nodos están conectados por un vertice si las cantidades se interfieren entre sí, es decir, si están simultaneamente vivas en algún punto del programa objeto. Este enfoque, aunque mencionado en la literatura, jamás fué puesto en practica hasta ahora. Los resultados preliminares de una implementación experimental en un compilador optimizador de PL/I, sugieren que de este modo se pueden lograr asignaciones globales de registros que se asemejan a las obtenidas a mano por programadores trabajando directamente en el lenguaje de la máquina.

1. OVERVIEW OF REGISTER ALLOCATION

In this paper we describe the Register Allocation Phase of an experimental PL/I compiler for the IBM System/370. (For an overview of the entire compiler see J. Cocke and P. Markstein [1]. For background information on optimization, see [1] and [2].) It is the responsibility of this phase to map the unlimited number of symbolic registers assumed in the intermediate language into the seventeen real machine registers, namely the sixteen general-purpose registers (*R*0-*R*15), and the condition-code (*CC*).

The essence of our approach is that it is uniform and systematic. Compiler back-ends must deal with the idiosyncrasies of the machine instructions; for example, register pairs, the fact that register *R*0 is an invalid base register, and that the contents of some machine registers are destroyed as a side-effect of particular instructions. In our approach all these idiosyncrasies are entered in a uniform manner in our data structure, the interference graph. Afterwards this data structure is manipulated in a very systematic way.

Also, our approach has a rather different personality than traditional ones because we do *global* register allocation across entire procedures. Furthermore, except for the register which always contains the address of the DSA ("dynamic storage area", i.e. current stack frame) and is the anchor for all addressability, all other registers are considered to be part of a uniform pool and all computations compete on an equal basis for these registers. Most compilers reserve subsets of the registers for specific purposes; we do the exact opposite.

In our compiler a deliberate effort is made to make things as hard as possible for register allocation, i.e. to keep as many computations as possible in registers rather than in storage. For example, automatic scalars are usually kept in registers rather than in the DSA, and subroutine linkage also attempts to pass as much information as possible through registers. It is the responsibility of code generation and optimization to take advantage of the unlimited number of registers allowed in the intermediate language in order to minimize the number of

loads and stores in the program, since these are much more expensive than register to register instructions. Then hopefully register allocation will map all these registers into the 17 that are actually available in the hardware. If not, it is register allocation's responsibility to put back into the object program the minimum amount of spill code, i.e. of stores and reloads of registers, that is needed.

As long as no spill code need be introduced, we feel that our approach to register allocation does a better job than can be done by hand-coders. For example, if there is a slight change in a program, when it is recompiled the Register Allocation Phase may produce a completely different allocation to accommodate the change. A hand-coder would be irresponsible to proceed in such a fashion. We also feel that our compiler succeeds in keeping things in registers rather than in storage better than other compilers, and that this is one of the salient features of the personality of the object code we produce. Moreover the mathematical elegance of the graph coloring approach described below, its systematic and uniform way of dealing with hardware idiosyncrasies, and the fact that its algorithms are computationally highly efficient, are convincing arguments in its favor.

2. REGISTER ALLOCATION AS A GRAPH COLORING PROBLEM

Our approach to register allocation is via graph coloring. This has been suggested by J. Cocke, A.P. Ershov [3], J.T. Schwartz [4], and others, but has never been worked-out in detail nor implemented before. Recall that a coloring of a graph is an assignment of a color to each of its nodes in such a manner that if two nodes are adjacent, i.e. connected by an edge of the graph, then they have different colors. A coloring of a graph is said to be an n-coloring if it does not use more than n different colors. And the chromatic number of a graph is defined to be the minimal number of colors in any of its colorings, i.e. the least n for which there is an n-coloring of it.

It is well-known (see [5]) that given a graph G and a natural number $n > 2$, the problem of determining whether G is n-colorable, i.e. whether or not there is an n-coloring of G, is NP-complete. This suggests that in some cases an altogether impractical amount of computation is needed to decide this, i.e. that in some cases the amount of computation must be an exponential function of the size of G.

In fact experimental evidence indicates that the NP-completeness of graph coloring is not a significant obstacle to a register allocation scheme based on graph coloring. However it should be pointed out that given an arbitrary graph it is possible to construct a program whose register allocation is formulated in terms of coloring this graph (see Appendix 2). Thus some programs must give rise to serious coloring problems.

Our approach to register allocation is to build a *register interference graph* for each procedure in the source program, and to obtain 17-colorings of these interference graphs. Roughly speaking, two computations which reside in machine registers are said to interfere with each other if they are live simultaneously at any point in the program.

For each procedure P in the source program an interference graph is constructed whose nodes stand for the 17 machine registers and for all computations in the procedure P which reside in machine registers, and whose edges stand for register interferences. If the chromatic number of this graph is 17, then a register allocation has been achieved, and the register assigned to a computation is that one of the 17 machine registers which has the same color that it does. Thus computations which interfere cannot be assigned to the same machine register. On the other hand, if the chromatic number is greater than 17, then spill code must

be introduced to store and reload registers in order to obtain a program whose chromatic number is 17.

3. THE CONCEPT OF INTERFERENCE

If a program has two loops of the form *DO J = 1 TO 100, J* could be kept in a different register in each of the loops. In order to make this possible, each symbolic register is split into the connected components of its def-use (definition-use) chains, and it is these components, called names, which are the nodes of our interference graph. This is especially important because we always do global register allocation for entire procedures. Much additional freedom in coloring is obtained by uncoupling distant regions of the procedure by using names instead of symbolic registers as the nodes of the interference graph. However, as we explain below, some of these names are later coalesced, at which point the mapping from symbolic registers to names becomes many-many rather than one-many.

Our notion of liveness is not quite the same as that used in optimization. We consider a name X to be live at a point L in a program P if there is a control flow path from the entry point of P to a definition of X and then through L to a use of X at point U, which has the property that there is no redefinition of X on the path between L and the use of X at U. I.e. a computation is live if it has been computed and will be used before being recomputed.

Above it was stated that two names interfere if they are ever live simultaneously. Thus if at a point in the program there are k live names N_i, it is necessary to add $k(k-1)/2$ edges to the interference graph. However, we do not actually do this. If k names N_i are live at the definition point of another name N', we add the k interferences (N',N_i) to the graph. In other words, the notion of interference that we actually use is that two names interfere if one of them is live at a definition point of the other. This interference concept is better than the previous one for two reasons: it is less work to build the interference graph (k edges added versus $k(k+1)/2$), and there are programs for which the resulting interference graph has a smaller chromatic number. Here is an example of such a program:

```
P: PROC(MODE);

  DCL
     MODE          BIT(1),
     (A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9,A10,
      B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7,B8,B9,B10,
      SUM)         FIXED BIN(15) AUTO,
     (U(10),V(10))  FIXED BIN(15) STATIC EXT;

  IF MODE
     THEN DO;
          A1=U(1); A2=U(2); A3=U(3); A4=U(4); A5=U(5);
          A6=U(6); A7=U(7); A8=U(8); A9=U(9); A10=U(10);
     END;
     ELSE DO;
          B1=V(1); B2=V(2); B3=V(3); B4=V(4); B5=V(5);
          B6=V(6); B7=V(7); B8=V(8); B9=V(9); B10=V(10);
     END;

  LABEL:;

  IF MODE
     THEN SUM = A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7+A8+A9+A10;
     ELSE SUM = B1+B2+B3+B4+B5+B6+B7+B8+B9+B10;

  RETURN (SUM);

END P;
```

At the point in the program *P* marked *LABEL* the ten A_i and the ten B_i are simultaneously live, and so is *MODE*. Thus with the first method of building the interference graph there is a 21-clique and the chromatic number of the graph is 21. (Recall that an n-clique is an n-node graph with all possible $n(n-1)/2$ edges.) With the second method, however, none of the ten A variables interferes with any of the ten B variables, and the chromatic number of the interference graph is only 11. (A technical point: we have ignored the fact that all our interference graphs contain the 17-clique of machine registers as a subgraph. Thus the chromatic number is actually 17 instead of 11.)

4. MANIPULATING THE INTERFERENCES

There are three stages in processing the interference graph of a procedure. The first stage is building the graph in the manner described above. This is done by the routine C__ITF. The second stage is coalescing nodes in this graph in order to force them to get the same color and be assigned to the same machine register. This is done by the routine C__LR. The third and final stage is attempting to construct a 17-coloring of the resulting graph. This is done by a fast routine called C__CLR, or by a slower routine C__NP which uses backtracking and is guaranteed to find a 17-coloring if there is one. Of course, backtracking is dangerous; in some unusual circumstances C__NP uses exponential amounts of time.

We now make a few general remarks about the preprocessing of the interference graph which is done for the purpose of assuring that separate nodes in the graph must get the same color. This is done by coalescing nodes, i.e. taking two nodes which do not interfere and combining them in a single node which interferes with any node which either of them inter-

fered with before. Note that coalescing nodes in the graph before coloring it is also a way of doing some pre-coloring, for any node which is coalesced with one of the 17 machine registers has in fact been assigned to that register. Of course, such pre-colorings are a strong constraint on the final coloring, and should be avoided if possible, preferably replaced by coalesces not involving real machine registers. It should be pointed out that preprocessing the graph in this manner gives much better results than warping the coloring algorithms to try to give certain nodes the same color.

Here is an example of a typical situation in which one might wish to coalesce nodes. If there is a *LR T,S* (load register *T* from *S*) in the object program, it is desirable to give the names *S* and *T* the same color so that it isn't actually necessary to copy the contents of register *S* into register *T* and thus the Final Assembly Phase needn't emit any code for this intermediate language instruction. (This optimization is traditionally referred to as subsumption.) C__LR achieves this by checking the source *S* and target *T* of each *LR* instruction in the object program to see whether or not they interfere. If they don't, then C__LR alters the graph by combining or coalescing the nodes for *S* and *T*. Thus any coloring of the graph will necessarily give them the same color.

However, in order to make this work well, the definition of interference presented above must be altered yet again! The refinement is that the target of an *LR* doesn't necessarily have to be allocated to a different register than its source. Thus a *LR T,S* at a point at which *S* and the *k* names N_i are live only yields the *k* interferences of the form (T,N_i), but not the interference (T,S). (See Appendix 1 for a consistent philosophy of the "ultimate" notion of interference and approximations to it.)

Subsumption is a very useful optimization, because intermediate language typically contains many *LR*'s. Some of these are produced for assignments of one scalar to another. But even more are generated for subroutine linkages and are introduced by value numbering and by reduction in strength. Besides eliminating *LR*'s by coalescing sources and targets, C__LR also attempts to coalesce computations with the condition code, and to coalesce the first operand and the result of instructions like subtract which are actually two-address (to avoid the need for the Final Assembly Phase to emit code to copy the operand). C__LR also attempts to coalesce the operands of certain instructions with real registers in order to assign them to register pairs.

How is the interference graph actually colored? This is done by using the following idea, which is surprisingly powerful. If one wishes to obtain a 17-coloring of a graph *G*, and if a node *N* has less than 17 neighbors, then no matter how they are colored there will have to be a color left over for *N*. Thus node *N* can be thrown out of the graph *G*. The problem of obtaining a 17-coloring of *G* has therefore been recursively reduced to that of obtaining a 17-coloring of a graph G' with one node (and usually several edges) less than *G*. Proceeding in this manner, it is often the case that the entire graph is thrown away, i.e. the problem of 17-coloring the original graph is reduced to that of 17-coloring the empty graph. In fact, C__CLR gives up if the original graph cannot be reduced to the empty graph, and so spill code has to be introduced.

On the other hand, C__NP won't give up until it proves that the graph is not 17-colorable; it uses an urgency criterion to select nodes for which to guess colors, and backtracks if guesses fail. The urgency of a node is defined to be (the current number of uncolored neighbors that it has) divided by (the number of possible colors that are currently left for it). C__CLR runs in time linear in the size of the graph, while C__NP in the worst case is exponential, although this doesn't seem to happen often. The usual situation is that C__NP quickly confirms that graphs for which C__CLR gave up indeed have no 17-coloring. In fact, up to now in our experiments running actual PL/I source programs through the experimental

compiler, in the handful of cases in which C__NP found a 17-coloring and C__CLR didn't, C__NP has achieved this by guessing without having to backtrack. In view of this situation, we have disabled the dangerous backtracking feature of C__NP. Furthermore, C__NP is only invoked when C__CLR fails and the user of the compiler has requested a very high level of optimization.

5. REPRESENTATION OF THE INTERFERENCE GRAPH

One of the most important problems in doing register allocation via graph coloring is to find a representation for the interference graph, i.e. a data structure, for which the three different kinds of operations which are performed on it – namely building the graph, coalescing nodes, and coloring it – can be done with a reasonable investment of CPU time and storage. In order to do these three different kinds of manipulations efficiently, it is necessary to be able to access the interference graph both at random and sequentially. In other words, it is necessary to be able to quickly determine whether or not two given names interfere, and to also be able to quickly run through the list of all names that interfere with a given name.

While building the graph one accesses it at random in order to determine whether an edge is already in the graph or must be added to it. While coloring the graph one accesses it sequentially, in order, for example, to count the number of neighbors that a node has (so that if this number is less than 17 the node can be deleted). And while coalescing nodes one accesses the graph both in a random and in a sequential fashion. For each *LR T,S* in the object code one must first check whether or not *T* and *S* interfere, which is a random access. If *T* and *S* don't interfere, one must then make all interferences of the form (*S,X*) into ones of the form (*T,X*). To do this requires sequential access to all names that interfere with *S*, and random access to see which interferences (*T,X*) are new and necessitate adding an edge to the graph.

Our solution to the problem of satisfying both of these requirements – fast random and sequential access – is to simultaneously represent the interference graph in two different data structures, one of which is efficient for random access, and the other for sequential access.

For random access operations we use an area *ITFS* in which the interference graph is represented in the form of a bit matrix. We take advantage of the fact that the adjacency matrix of the interference graph is symmetrical to halve the storage needed. The precise addressing rule is as follows. Consider two nodes numbered i and j, where without loss of generality we assume that i is less than or equal to j. Then these are adjacent nodes in the interference graph if the $i + j^2/2$ th bit of the area *ITFS* is a 1, and if this bit is a 0 they are not adjacent. (Here the result of the division is truncated to an integer.)

Since the adjacency matrix is usually quite sparse, and the number of bytes in the *ITFS* area grows roughly as a quadratic function $f(n) = n^2/16$ of the number n of nodes in the interference graph, for large programs it would be better if hashing were used instead of direct addressing into a bit matrix (somewhat more CPU time would be traded for much less main memory). Since the coefficient $1/16$ of n^2 is small, if the program is not too large our bit matrix approach is ideal since it uses a small amount of storage and provides immediate access to the desired information.

For sequential access operations we keep in an area *LSTS* lists of all the nodes which are adjacent to a given one, in the form of linked 32-byte segments. Each segment begins with a 4-byte forward pointer which is either 0 or is the offset in *LSTS* of the first byte after the next segment of the list. This forward pointer is followed in the segment by fourteen 2-byte fields for the adjacent nodes. For any given node *J*, the *J*th element of the vector *NXT* is

either 0, or gives the offset in *LSTS* of the first empty adjacent-node field in the latest segment of the list of nodes which are adjacent to *J*, or, if the latest segment is full, it gives the offset of the first byte after the latest segment. All segments in a list are full (give all 14 adjacent nodes), except possibly the latest one.

6. DELETING INTERFERENCES AND PROPAGATING COALESCES

Consider a *LR T,S* at a point in the object program where besides *S* the names $L_1, L_2, \ldots$ are also live. Furthermore, suppose *S* was subsumed with L_i. We carefully avoided making *T* and *S* interfere, but it turns out that we erroneously made *T* and L_i interfere. This may have blocked our subsuming *T* and L_i, which in turn may have blocked other subsumptions. Our solution to this problem is as follows: After C__LR does all possible desirable coalesces, the entire interference graph is rebuilt from scratch, and typically there will be fewer interferences than before. We then run C__LR again to see if any of the coalesces which were impossible before have now become possible. This entire process is repeated either a fixed number of times (usually two times will do), or until no further coalesces are obtained. It turns out that in practice this is as fast and uses much less storage than the expensive data structure (described below) which directly supports deleting interferences and propagating coalesces.

Here is a more arcane example of a situation which requires interferences to be removed: If the source and target of a *LR* instruction are coalesced, then the *LR* no longer makes its source and target interfere with the condition code, nor does it make its target interfere with all names live at that point.

As it is of some theoretical interest, we now describe the alternate representation of the interference graph mentioned above. The graph has a count associated with each edge. This is called the interference count, and it is the number of program points at which the two computations interfere. As interferences are deleted, these counts are decremented, and if they reach zero then the two computations no longer interfere with each other.

Let us be more precise. In the framework necessary to directly propagate coalesces, the interference graph is best thought of as consisting of three sparse symmetric matrices. The first one gives the interference count of any two given names. The second one gives a pointer to the list of interferences that must be deleted if these two names are coalesced, and the third sparse matrix is boolean and indicates whether it is desired to coalesce the pair of names if their interference count hits zero. In practice these three sparse matrices can be combined into a single one. Hash tables are needed to provide random access to elements of the matrix, as well as pointers in both directions to chain rows and columns together for sequential access and to permit fast deletion.

The problem with this scheme for directly deleting interferences and propagating coalesces is the large amount of memory needed to represent the interference graph.

7. REPRESENTATION OF THE PROGRAM DURING COLORING

Here are some details about the way we represent the program in terms of names. In order to avoid rewriting the intermediate language text, it is actually left in terms of symbolic registers. But it is supplemented by a vector NM__MAP giving the name of the result produced by each intermediate language instruction, and also by a "ragged" array giving for each basic block in the intermediate language text a list of ordered pairs (symbolic register live at entry to the basic block, corresponding name). And the name of a computation is represented as the index into the intermediate language text of an arbitrarily chosen canonical

definition point for it. It is then possible to interpret one's way down a basic block maintaining at each moment a map from the symbolic registers into the corresponding names. C__ITF does this, keeping track of which names are live at each point, in order to build the interference graph. We also take advantage of this scheme to avoid rewriting the intermediate language text to reflect coalesces – only the ragged array and the NM__MAP vector are changed.

8. HANDLING OF MACHINE IDIOSYNCRASIES

It was mentioned above that one of the important advantages of the coloring approach to register allocation is that special case considerations can be taken care of by additional interferences in the graph. For example, the fact that the base register in a load instruction cannot be assigned to the register *R*0, is handled by making all names that are used as base registers interfere with *R*0. The fact that a call to a PL/I subprogram or a library routine has the side-effect of destroying the contents of certain machine registers is handled by making all names live across the call interfere with all registers whose contents are destroyed. Thus if *j* computations are live across the call and *k* registers are destroyed by it, a total of *jk* interferences are added to the graph to reflect this fact.

Although subtract is a destructive two-address instruction, in the intermediate language subtract is three-address and non-destructive. This is done to make possible a systematic uniform optimization process. Consider the intermediate language instruction *SR N*1,*N*2,*N*3 (*N*1 := *N*2−*N*3). If *N*1 and *N*2 are assigned to the same register, then code emission in the Final Assembly Phase will emit a single instruction, subtract, for this intermediate language instruction. If not, it will emit *LR N*1,*N*2 followed by *SR N*1,*N*3. However, if *N*1 and *N*3 are assigned to the same register, then the Final Assembly Phase is in trouble, because copying *N*2 into *N*1 destroys *N*3. In order to avoid this code-emission problem, we make *N*1 and *N*3 interfere when building the interference graph.

A large set of special-purpose interferences has to do with intermediate language instructions involving the condition code (*CC*). The intermediate language ignores the fact that there is actually only one *CC*. The way we get around this is exemplified by contrasting the compare intermediate language instruction with the actual compare instruction. The intermediate language compare is three-address: two registers are compared, and bits 2 and 3 of the result register express the result of the compare. However compare always sets the bits of the *CC*, not those of an arbitrary register. Code emission in the Final Assembly Phase emits machine code for the compare intermediate language instruction in the following manner. If the result of the compare intermediate language instruction is assigned to the *CC*, then it merely generates a compare. If the result of the compare intermediate language instruction is assigned to one of the sixteen general-purpose registers, then code emission generates a compare followed by a *BALR* which copies the contents of the *CC* into the indicated general-purpose register.

(A very special issue is how to deal with the fact that some instructions set the *CC* to reflect the sign of their result. For instance, subtract does this. In the Final Assembly Phase no code is emitted for a compare with zero of the result of a subtraction if it comes later in the same basic block as the subtract and none of the intervening instructions destroys the *CC*.)

9. TECHNIQUES FOR INSERTING SPILL CODE

Our techniques for inserting spill code are quite heuristic and ad hoc. The following notion is the basis for our heuristic. At any point in the program, the *pressure on the registers* is defined to be equal to the number of live names (it might be interesting to change this to the number of live colors) plus the number of machine registers which are unavailable at that point because their contents are destroyed as a side-effect of the current instruction. Under the level two optimization compiler option, we insert spill code to immediately lower the maximum pressure on the registers in the program to 14. Under the level three optimization compiler option, successive trys are made. Spill code is inserted to bring the maximum pressure down to 20, then down to 19, etc., until a colorable program is obtained.

After inserting spill code it is necessary to recompute the def-use chains and the right number of names; there are generally more names than before. We also rerun dead code elimination, which has the side-effect of setting the operand-last-use flag bits in the intermediate language text – these flags are needed by C_ITF to keep track of which names are live at each point in the program. Note that since intermediate language text containing spill code is reanalyzed by optimization routines, and these routines only understand intermediate language written in terms of symbolic registers, the intermediate language text containing spill code must be correct in terms of symbolic registers as well as names.

How is spill code inserted to lower the register pressure? We attempt to respect the loop structure of the program and to put spill code in regions of the program which are not executed frequently. This is done in the following manner. First the decomposition of the program into flow-graphs is used bottom-up to compute the maximum register pressure in each basic block and each interval of all orders. As we do this we also obtain a bit vector of mentioned names for each basic block and interval. A *pass-through* is defined to be a computation which is live at entry to an interval but which is not mentioned (i.e. neither used nor redefined) within it. Clearly pass-throughs of high-order intervals are ideal computations to spill, i.e. to keep in storage rather than in a register throughout the interval for which they are a pass-through. We use the decomposition of the program into flow-graphs top-down in order to fix all those intervals in which the maximum pressure is too high by spilling pass-throughs.

We have explained how spill decisions are made for pass-throughs, but we have not explained how the spill code is actually inserted. This is done by using two rules. First of all, if a name is spilled anywhere, then we insert a store instruction at each of its definition points. And pass-throughs are reloaded according to the following rule: load at entry to each basic block B every name live at entry to B that is not spilled within B, but that is spilled in some basic block which is an immediate predecessor of B. These rules for inserting spill code are easy to carry out, but the other side of the coin is that they sometimes insert unnecessary code. However this unnecessary spill code is eliminated by a pass of dead code elimination which immediately follows.

Further remarks: Another idea used here is that some computations have the property that they can be redone in a single instruction whose operands are always available. We call such computations *never-killed*. An example of a never-killed computation is a load address off of the register which gives addressability to the DSA. Such computations are recalculated instead of being spilled and reloaded. Furthermore, if spilling pass-through computations doesn't lower the register pressure enough, as a last resort we traverse each basic block inserting spill code whenever the pressure gets too high.

Another approach to using recomputation as an alternative to spilling and reloading, is what we call the *rematerialization* of uncoalesced *LR* instructions. Here the idea is to replace a *LR* which can't be coalesced away by a recomputation that directly leaves the result of the computation in the desired register. (Of course, this should only be done if repeating the computation at this point still gives the same result.) Rematerialization usually decreases the

pressure on the registers. Furthermore, assuming that all intermediate language instructions seen at this stage of the compilation are single-cost, replacing an uncoalesced *LR* by a recomputation cannot increase object program path lengths, and it sometimes actually shortens them. Thus there is a sense in which rematerialization is an optimization as opposed to a spill technique.

Rematerialization is most helpful when there are LR's into real registers. Typically this occurs when parameters are passed in standard registers. The standard parameter registers are destroyed over calls so the computation to be passed cannot be kept in the standard register over the call. The adverse consequence of this is most severe in loops where many loop constant parameters may be kept in registers and are loaded into standard parameter registers before each procedure invocation. Rematerialization tends to reduce the requirement for registers to hold loop constant parameters.

An entirely different approach to spilling might be based on the following observation. It is possible to have C__CLR make the spill decisions as it colors the interference graph. Each time C__CLR is blocked because it cannot delete any more nodes (all of them have more than 16 neighbors), it simply deletes a node by deciding to always keep that computation in storage rather than in a register. By increasing the granularity in the names, one could perhaps develop this into a more global and systematic approach to spilling than the one sketched above.

APPENDIX 1. THE "ULTIMATE" NOTION OF INTERFERENCE

The intuitive definition of the concept of interference is that two symbolic registers (i.e. results of computations) interfere if they cannot reside in the same machine register. Similarly, a symbolic register and a machine register interfere if the symbolic register cannot be assigned to that real register. Thus two registers interfere if there exists a point in the program, and a specific possible execution of the program for which:

1. Both registers are defined. (I.e. they have been assigned by previous computations in the current execution.)

2. Both registers will be used. (Note that we are considering a specific execution. Thus we mean use, not potential use.)

3. The values of the registers are different.

It is clear that if these conditions are met, then assigning both symbolic registers to the same real register would be incorrect for that execution. It should also be clear that if any of the three conditions is not met, then such an assignment is correct at that point in the program, for that execution.

Of course, the criteria stated above are in general undecidable properties of the program. Thus a compiler must use more restrictive conditions of interference, potentially increasing the number of registers or amount of spill code required.

One particularly simple and sufficient criterion is that two symbolic registers interfere if they are ever simultaneously live (in the data flow sense). Consideration or experiment will show that this criterion is both expensive to compute and overly conservative. The difficulty is that application of this standard involves adding interferences for all pairs of live values at every point in the program. One could attempt to reduce this cost by observing how the liveness set changes during a linear reading of the program, so that only potentially new

interferences are added. Only growth of the liveness set need be taken into account, that is to say, the fact that (a) symbolic registers become alive on assignment, and (b) the set grows by union at a control flow join. The cost of computing the simultaneously alive criterion could be reduced by applying these observations.

However, one can safely take into account (a) all by itself, and ignore (b), the effect of control flow joins. This approach, which may be called point of definition interference, is not only inexpensive to compute, but omits certain apparent interferences for which both symbolic registers can never be defined simultaneously in any particular execution of the program. Thus we approximate interference by reading the program, using precomputed data flow information so that the set of live values is known at every computation. At each computation, the newly defined symbolic register is made to interfere with all currently live symbolic registers which cannot be seen to have the same value as the newly defined register.

APPENDIX 2. PROOF THAT ALL GRAPHS CAN ARISE IN REGISTER ALLOCATION

Consider the following program. It has declarations of the variables $NODE_i$, and there are just as many of these variables as there are nodes in the desired graph. For each edge $(NODE_i,NODE_j)$ in the desired graph, the corresponding variables are summed in order to make them interfere.

```
P: PROC(EDGE,MODE) RETURNS(FIXED BIN);
        DCL (MODE,EDGE,X) FIXED BIN;
        DCL LABEL(number-of-edges) LABEL;
        ...
        DCL NODEi FIXED BIN STATIC EXT;
        ...
        GO TO LABEL(EDGE);
        ...
        /************************************/
        /* THE CALL PREVENTS OPTIMIZATION   */
        /* FROM MOVING THE LOADS OF NODEi,j. */
        /* THE ASSIGNMENT STATEMENT         */
        /* MAKES NODEi AND NODEj INTERFERE. */
        /* JOINi,j CODE FRAGMENTS MAKE      */
        /* NAMES COME OUT CORRECTLY.        */
        /************************************/
    LABEL(edge-number):
        CALL EXTERNAL_ROUTINEedge-number;
        X = NODEi + NODEj;
        IF MODE THEN GO TO JOINi;
                ELSE GO TO JOINj;
        ...
    JOINi:
        RETURN (X*NODEi);
        ...
END P;
```

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to state that the experimental compiler described herein could not have been completed without the efforts of the remaining members of their team: Richard Goldberg,

Peter H. Oden, Philip J. Owens, and Henry S. Warren Jr. Although they were not directly involved with the compiler's register allocation scheme, this enterprise was very much a team effort to which all involved made essential contributions. We also wish to thank Erich J. Neuhold for reading an earlier version of this paper and suggesting improvements in the exposition.

REFERENCES

1. Cocke, J. and Markstein, P. Measurement of program improvement algorithms. *IFIP 80 Proceedings,* to appear.

2. Allen, F.E. and Cocke, J. A program data flow analysis procedure. *Communications of the ACM,* volume 19, 1976, pp. 137-147.

3. Yershov, A.P. *The Alpha Automatic Programming System.* Academic Press, London, 1971.

4. Schwartz, J.T. *On Programming: An Interim Report on the SETL Project.* Courant Institute of Math. Sciences, New York University, 1973.

5. Aho, A.V., Hopcroft, J.E., and Ullman, J.D. *The Design and Analysis of Computer Algorithms.* Addison Wesley, Reading, Mass., 1974.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

ANALISE DE LOCALIZAÇÃO: USOS, MODELOS E TECNICAS DE SOLUÇÃO *

Paulo M. França

Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Estadual de Campinas UNICAMP
Caixa Postal 1170 - DEE/FEC
Campinas - Basil.

RESUMO: Este artigo trata do problema de localizar facilidades da "melhor" maneira possível e reúne de maneira classificada os mais importantes resultados obtidos no campo da análise de localização. A intenção que norteia este trabalho é, através de uma revisão bibliográfica, fornecer um guia para a abordagem de problemas de localização que ocorrem nas mais diferentes áreas. É apresentada a motivação dos problemas de localização que aqui são divididos em dois grupos: os problemas contínuos e os discretos (localização em redes).

Com maior ênfase para o caso discreto são relacionados os principais resultados no se que refere à modelagem, técnicas de solução empregadas e eficiência computacional conseguidas nas últimas décadas. Especial atenção é dada aos problemas de localização de armazéns (warehouse/plant location problems) devido à sua grande aplicação em situações práticas.

1. INTRODUÇÃO

O problema de localização diz respeito a achar o "melhor" local para a instalação de alguma coisa. Tal tipo de problema é muito frequente em situações práticas, como localizar centrais telefônicas numa cidade, subestações em redes de energia elétrica, armazéns numa rede de distribuição , fábricas, escolas, postos de atendimento público, etc. Devido à grande dimensão e complexidadade dos sistemas produtivos modernos a análise matemática para auxiliar os processos de tomada de decisão tem se tornado quase um imperativo por causa dos elevados custos envolvidos. Assim, a análise de localização ganhou muita importância dentro da pesquisa operacional e tem recebido muitas contribuições devido ao esforço de pesquisa a ela dedicado,principalmente nesta última década.

* Este trabalho contou com o suporte do CNPq e das Telecomunicações Brasileiras S/A - TELEBRAS.

A preocupação matemática sobre decisões de localização é bem antiga. Este problema já aparecia no século XV com Cavalieri e posteriormente com Fagnano, Tedenat, Steiner e outros {33}. Fermat também é considerado o introdutor do problema e consta que Torricelli resolveu-o para o caso de três pontos (achar o ponto cuja soma das distâncias a 3 pontos dados é mínima). Mas, contemporaneamente foi Alfred Weber {94} quem formalizou o problema de localizar uma fábrica com o objetivo de minimizar os custos de transporte em relação a três pontos, dois fornecedores e um outro de consumo. Desde então muito se tem publicado no assunto, como pode ser atestado, por exemplo, pelo artigo de Francis e Goldstein {28} que relaciona 226 trabalhos numa tentativa de dar uma bibliografia relativa ao assunto. Outros artigos tipo "survey" foram feitos, como o exaustivo (273 páginas) trabalho de Lea {60}, ou Eilon et al. {20}, cap.2, Revelle et al. {80}, Scott {83}, Galvão {33}, e França {29}. Na mesma linha há trabalhos que procuram discutir uma classe particular de problemas como em McGinnis {71} que analisa e compara os problemas de localização que usam a técnica de solução MIP (mixed-integer programming) ou ainda El-Shaieb {24} que se ocupa só do problema de Weber simples.

Um problema de localização pode ser motivado de duas maneiras em relação ao objetivo a alcançar. A primeira quando quer-se tomar uma decisão de localização, procurando-se minimizar custos, por exemplo, de transportar mercadorias entre pontos de uma rede, custos de construir instalações na rede, ou ainda custos de armazenagem. Uma outra maneira se apresenta quando os custos ou benefícios são difíceis de quantificar e então procuram-se tomar decisões de localizar baseado em critérios de distância ou tempo mínimo. Os critérios de minimização de custos aparecem frequentemente em problemas que afetam o setor privado, como construção de fábricas, armazéns, entrepostos, onde os critérios de minimização de custos ou maximização de lucros são imperativos. Outros critérios que procuram retratar a maximização de alguma utilidade são mais comuns nos problemas que afetam o setor público {70}, como localizar escolas, hospitais, serviços públicos, bombeiros, etc.

A motivação de um problema de localização pode ainda ser visualizada quando consideramos, por exemplo, o caso de localizar armazéns numa rede de distribuição, onde intervêm custos de armazenagem do produto, custos de transporte e custos de construção dos armazéns. É intuitivo que quanto maior o número de armazéns na rede, menores os custos de distribuição e maiores os custos de construção e armazenagem. Na procura de uma solução de compromisso, encontra-se o número ideal de armazéns e sua localização. A Fig.1 mostra isso,

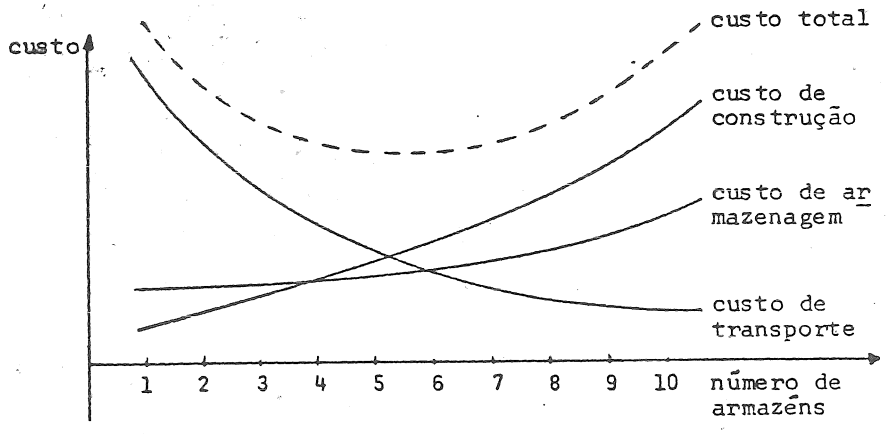


Fig. 1

onde N denota só os nós da rede e P compreende os nós ou pontos nos arcos ; p é o número de centros a loca[illegible] r e δ a distância crítica, ou seja, a máxima distância permitida entre [illegible]entro de demanda e o ponto de serviço mais próximo. O símbolo δ^{-1} é usado para o problema inverso, ou seja, determinar o mínimo número de pontos de serviço de modo que todos os centros de demanda fiquem a uma distância de pelo menos δ, de no mínimo um ponto de serviço. T significa estarmos lidando com árvores; G caso contrário. Um problema seria então definido como, por exemplo, P/N/P/G, aliás, o mais clássico dos problemas minimax. Deve-se ressaltar que o problema acima, assim como todos os demais onde os pontos de serviço podem ser localizados em quaisquer locais da rede (nós e arcos), o espaço de soluções não é discreto mas sim o contínuo de pontos do grafo. Porém, manteremos tais casos dentro da classificação dos problemas discretos, por simplicidade.

O problema N/N/1/G foi introduzido e resolvido por Hakimi {43} e sua generalização para p centros, N/N/p/G, foi tratada por Toregas et al.{91}. Em Hakimi {43} também é introduzido e solucionado o problema P/N/1/G e a generalização para P/P/1/G foi feita por Frank {32}. A variedade P/N/1/G, também chamado do problema dos p-centros, foi proposta por Hakimi {44} e solucionado por Minieka {73}, Christofides e Viola {12}, Handler {48} e Garfinkel et al.{34}, entre outros. Em Handler {48} também são vistos os problemas P/P/p/G e N/P/p/G. Os algoritmos desenvolvidos nos trabalhos acima baseiam-se na solução sucessiva de uma série de problemas de recobrimento. Porém, no caso de árvores, algoritmos fundamentados na teoria de grafos mostram-se mais eficientes, como mostrado em Handler {49} para o caso de um único centro, em Handler {50} para o caso de p=2 (P/P/2/G e P/N/2/G) e Hakimi et al.{44} quando $p > 2$. Outros resultados que tratam com localizações em árvores foram conseguidos por Dearing e Francis {16}, Goldman {40} e Halfin {47}.

Há uma variante aos problemas minimax que trabalham com distâncias Euclidianas ou retilíneas. Nesses casos quer-se instalar, por exemplo, N novas facilidades entre N já existentes com o objetivo de minimizar a máxima distância Euclidiana ponderada entre todos os pontos de serviço. Um exemplo de aplicação desses problemas é quando se deseja instalar um certo número de radares para cobrir o tráfego de determinados aeroportos. Cada radar precisa estar o mais próximo de algum aeroporto para controlar seu tráfego e perto o suficiente de outro radar para que se tenha uma rede integrada de radares. Dearing e Francis {17}, Love et al. {63}, Wesolowsky {98}, Morris {75}, e Elzinga et al. {27} são alguns dos trabalhos nessa linha. Em geral os métodos usados são de programação não-linear (teoria de dualidade {27} e penalidade {63} ou programação linear {98},{75}).

3.2 - PROBLEMAS MINISOMA DE LOCALIZAÇÃO

Dentro do contexto de fluxos em redes, Baumol e Wolfe {5} foram os primeiros a formularem um problema de localização onde o objetivo era minimizar a soma total dos custos envolvidos. Este trabalho criou o problema conhecido como o problema de localização de armazéns (PLA) - ("plant". "warehouse" ou "facility location problem") onde concentrou-se grande parte do esforço da análise de localizações.

Dentre as múltiplas variações de formulação que esse problema sofreu, a introduzida por Hakimi {43},{44} foi particularmente importante pela atenção que despertou e pelo desenvolvimento que apresentou posteriormente. Tra

Love {98}, Cabot et al. {11}, Pritsker e Ghare {77}, Sherali e Shetty {85} que se utilizam de técnicas primais e duais. Os dois últimos levam em conta a existência de fluxos entre pontos e satisfação de demandas dos consumidores.

Algumas extensões aos problemas contínuos de localização foram realizadas. Watson-Gandy e Eilon {93} estudaram o caso de funções-custo descontínuas. Em Drezner e Wesolowsky {18} é considerada a generalização de se localizar um ponto numa esfera usando diversas normas. O interessante trabalho de McGinnis e White {72} funde sob o enfoque multicritério as formulações clássicas de minisoma e minimax, que são discutidas na seção 3. Usando o conceito de restrição de risco, Seppala {84} desenvolveu um algoritmo para o caso em que as ponderações na distância são variáveis aleatórias. Cooper {14} também considera o caso estocástico.

3. PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO DISCRETOS

Os problemas discretos supõem implicitamente a existência de uma rede para selecionar locais, porisso eles também são chamados de problemas de localização em redes. Verifica-se também que esses problemas que têm recebido maior atenção e desenvolvimento.

Os problemas de localização discretos são caracterizados fundamentalmente por:

a. um espaço de soluções que consiste dos pontos de uma rede (podendo ser nós ou pontos nos arcos).

b. uma distância medida ao longo da rede, por exemplo:

d_{ij} = comprimento do caminho mínimo entre os nós i e j.

De acordo com a natureza da função objetivo, os problemas discretos se dividem em dois grupos:

* quando os pontos de serviço a serem localizados têm um caráter de atendimento de emergência, como hospitais ou bombeiros, etc., o objetivo mais racional é procurar localizá-los de modo a minimizar a maior distância que separa um ponto de demanda da rede do ponto de serviço mais próximo. Nesse caso tratamos os problemas minimax.

* quando procura-se localizar armazéns, centrais telefônicas, fábricas, escolas, etc., uma função objetivo mais apropriada é minimizar a distância total a ser percorrida para a satisfação da demanda. São os problemas minisoma. Estudaremos resumidamente alguns resultados alcançados em minimax e mais extensivamente em minisoma.

3.1 - PROBLEMAS MINIMAX DE LOCALIZAÇÃO

Há uma grande variedade de problemas minimax. Handler {48} propôs uma classificação para distinguir os diferentes modelos, composta de 4 caracteres:

- conjunto dos locais possíveis para localizar: N ou P.
- conjunto dos pontos de demanda: N ou P.
- número de centros a localizar ou máxima distância: p ou δ^{-1} (respectivamente).
- tipo da rede: T ou G.

onde ξ_j = fator que pondera o consumidor j

d_{ij} = distância entre fábrica i e consumidor j, definida por (1) ou (2).

z_{ij} = 1 se o consumidor j é servido pela fábrica i
0 caso conrário

Na ausência de restrições, tomam-se derivadas parciais para a obtenção da solução ótima:

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} = \sum_{j=1}^{m} z_{ij}\ \xi_j (x_i - x_j)/d_{ij} = 0 \ , \ i=1,2,\ldots,n$$

$$\frac{\partial f}{\partial y_i} = \sum_{j=1}^{m} z_{ij}\ \xi_j (y_i - y_j)/d_{ij} = 0 \ , \ i=1,2,\ldots,n$$

A solução das equações acima fornece

$$x_i = \sum_{j=1}^{m} (z_{ij}\ \xi_j\ x_j/d_{ij}) / (\sum_{j=1}^{m} z_{ij}\ \xi_j/d_{ij}) \ , \ i=1,2,\ldots,n$$

$$y_i = \sum_{j=1}^{m} (z_{ij}\ \xi_j\ y_j/d_{ij}) / (\sum_{j=1}^{m} z_{ij}\ \xi_j/d_{ij}) \ , \ i=1,2,\ldots,n$$

Essas equações podem ser resolvidas iterativamente. Sejak um índice que indica a iteração. Então,

$$y_i^{k+1} = \sum_{j=1}^{m} (z_{ij}\ \xi_j\ x_j/d_{ij}^k) / \sum_{j=1}^{m} (z_{ij}\ \xi_j/d_{ij}^k) \ , \ i=1,2,\ldots,n$$

$$y_i^{k+1} = \sum_{k=1}^{m} (z_{ij}\ \xi_j\ y_j/d_{ij}^k) \ / \sum_{j=1}^{m} (z_{ij}\ \xi_j/d_{ij}^k) \ , \ i=1,2,\ldots,n$$

O procedimento termina quando $(x_i^{k+1} - x_i^k)$ e $(y_i^{k+1} - y_i^k)$ forem desprezíveis.

É demonstrado que este procedimento converge para uma única solução no caso que n=1, (veja, e.g., Kuhn e Kuenne {58} e El-Shaieb {24}) pois a função f(•) é convexa. No caso geral, (n > 1), apenas é garantido um ótimo local. Ostresh {76} discute a convergência desses métodos iterativos para o problema de Weber. Em {24} é sugerido o uso de métodos de busca para solução do caso (n=1) e é relatada uma experiência usando os métodos de Fibonacci e aproximação quadrática. Bellman {7} aplicou a programação dinâmica neste caso também sem alcançar muito sucesso. Há um conjunto de trabalhos que procuram tratar o problema geral (n > 1) sob o enfoque de programação linear, Entre outros, são conhecidos os trabalhos de Juel e Love {53}, Wesolowski e

Alguns artigos discutem objetivos a serem alcançados e traçam orientações metodológicas para a escolha de modelos, funções objetivos e técnicas para diferentes problemas de localização. Entre outros destacam-se os trabalhos de Geoffrion {36}, Rand {78}, Revelle et al. {80} e Beattie {6}.

Nas duas próximas secções será feito um esforço analítico no sentido de classificar os problemas de localização. Deve-se entretanto ressalvar que não se pode enquadrar todos os problemas e modelos nessa classificação ou qualquer outra, devido a existência de problemas combinados que escapam a qualquer rigidez que se queira impor à análise. Porém, num sentido amplo, há consenso sobre uma divisão dos problemas de localização em duas grandes categorias: os problemas contínuos e os discretos. Esta divisão arpesenta-se também com outros nomes, guardando porém a sua essência. Reconhecem-se, por exemplo, os problemas de localização no plano e em redes {80} ou ainda como problemas de localização com espaço infinito de soluções e espaço finito de soluções {33}.

2. PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO CONTÍNUOS

Os problemas contínuos caracterizam-se:

a. por procurar localizar pontos de serviços ("facilities") num espaço infinito de soluções (no plano, por exemplo) e não se restringe aos nós e arcos de uma rede.

b. por usar uma medida de distância de acordo com uma métrica particular.

A utilização de uma certa métrica serve para subdividir os problemas contínuos. Assim reconhecem-se os problemas com distância Euclidiana e os problemas com distância retilínea. Usando métrica Euclidiana define-se distância como:

$$d_{ij}^2 = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \qquad (1)$$

onde d_{ij} = distância entre pontos i e j

(x_i, y_i) = coordenadas no ponto i, num sistema retangular

Nos problemas com distância retilínea (métrica das cidades), define-se:

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \qquad (2)$$

Como já dito, foi A.Weber no começo do século quem examinou o problema de localizar uma fábrica para atender um mercado e dois fornecedores de matéria prima. Posteriormente, o problema de Weber foi generalizado para achar um ponto cuja soma das distâncias ponderadas a m pontos dados no plano seja mínima.

Este difícil problema foi solucionado, com métrica Euclidiana , pela primeira vez por Weiszfeld {95} em 1937, que usou um procedimento iterativo ainda hoje considerado um excelente algoritmo. Os trabalhos mais recentes de Kuhn e Kuenne {58} e Cooper {13} redescobriram este procedimento ao estender o problema para a localização de n pontos no plano (fábricas) para atender a m pontos dados (consumidores). Quer-se, então, formalmente

$$\text{minimizar } f = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} z_{ij}\, \xi_j\, d_{ij} \, .$$

Love {98}, Cabot et al. {11}, Pritsker e Ghare {77}, Sherali e Shetty {85} que se utilizam de técnicas primais e duais. Os dois últimos levam em conta a existência de fluxos entre pontos e satisfação de demandas dos consumidores.

Algumas extensões aos problemas contínuos de localização foram realizadas. Watson-Gandy e Eilon {93} estudaram o caso de funções-custo descontínuas. Em Drezner e Wesolowsky {18} é considerada a generalização de se localizar um ponto numa esfera usando diversas normas. O interessante trabalho de McGinnis e White {72} funde sob o enfoque multicritério as formulações clássicas de minisoma e minimax, que são discutidas na seção 3. Usando o conceito de restrição de risco, Seppala {84} desenvolveu um algoritmo para o caso em que as ponderações na distância são variáveis aleatórias. Cooper {14} também considera o caso estocástico.

3. PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO DISCRETOS

Os problemas discretos supõem implicitamente a existência de uma rede para selecionar locais, porisso eles também são chamados de problemas de localização em redes. Verifica-se também que esses problemas que têm recebido maior atenção e desenvolvimento.

Os problemas de localização discretos são caracterizados fundamentalmente por:

a. um espaço de soluções que consiste dos pontos de uma rede (podendo ser nós ou pontos nos arcos).

b. uma distância medida ao longo da rede, por exemplo:

d_{ij} = comprimento do caminho mínimo entre os nos i e j.

De acordo com a natureza da função objetivo, os problemas discretos se dividem em dois grupos:

* quando os pontos de serviço a serem localizados têm um caráter de atendimento de emergência, como hospitais ou bombeiros, etc., o objetivo mais racional é procurar localizá-los de modo a minimizar a maior distância que separa um ponto de demanda da rede do ponto de serviço mais próximo. Nesse caso tratamos os problemas minimax.

* quando procura-se localizar armazéns, centrais telefônicas, fábricas, escolas, etc., uma função objetivo mais apropriada é minimizar a distância total a ser percorrida para a satisfação da demanda. São os problemas minisoma. Estudaremos resumidamente alguns resultados alcançados em minimax e mais extensivamente em minisoma.

3.1 - PROBLEMAS MINIMAX DE LOCALIZAÇÃO

Há uma grande variedade de problemas minimax. Handler {48} propôs uma classificação para distinguir os diferentes modelos, composta de 4 caracteres:

- conjunto dos locais possíveis para localizar: N ou P.
- conjunto dos pontos de demanda: N ou P.
- número de centros a localizar ou máxima distância: p ou δ^{-1} (respectivamente).
- tipo da rede: T ou G.

onde N denota só os nós da rede e P compreende os nós ou pontos nos arcos ; p é o número de centros a localizar e δ a distância crítica, ou seja, a máxima distância permitida entre um centro de demanda e o ponto de serviço mais próximo. O símbolo δ^{-1} é usado para o problema inverso, ou seja, determinar o mínimo número de pontos de serviço de modo que todos os centros de demanda fiquem a uma distância de pelo menos δ, de no mínimo um ponto de serviço. T significa estarmos lidando com árvores; G caso contrário. Um problema seria então definido como, por exemplo, P/N/P/G, aliás, o mais clássico dos problemas minimax. Deve-se ressaltar que o problema acima,assim como todos os demais onde os pontos de serviço podem ser localizados em quaisquer locais da rede (nós e arcos), o espaço de soluções não é discreto mas sim o contínuo de pontos do grafo. Porém, manteremos tais casos dentro da classificação dos problemas discretos, por simplicidade.

O problema N/N/1/G foi introduzido e resolvido por Hakimi {43} e sua generalização para p centros, N/N/p/G, foi tratada por Toregas et al.{91}. Em Hakimi {43} também é introduzido e solucionado o problema P/N/1/G e a generalização para P/P/1/G foi feita por Frank {32}. A variedade P/N/1/G,também chamado do problema dos p-centros, foi proposta por Hakimi {44} e solucionado por Minieka {73}, Christofides e Viola {12}, Handler {48} e Garfinkel et al.{34}, entre outros. Em Handler {48} também são vistos os problemas P/P/p/G e N/P/p/G. Os algoritmos desenvolvidos nos trabalhos acima baseiam-se na solução sucessiva de uma série de problemas de recobrimento.Porém, no caso de árvores, algoritmos fundamentados na teoria de grafos mostram-se mais eficientes, como mostrado em Handler {49} para o caso de um único centro,em Handler {50} para o caso de p=2 (P/P/2/G e P/N/2/G) e Hakimi et al.{44}quando $p > 2$. Outros resultados que tratam com localizações em árvores foram conseguidos por Dearing e Francis {16}, Goldman {40} e Halfin {47}.

Há uma variante aos problemas minimax que trabalham com distâncias Euclidianas ou retilíneas. Nesses casos quer-se instalar, por exemplo,N novas facilidades entre N já existentes com o objetivo de minimizar a máxima distância Euclidiana ponderada entre todos os pontos de serviço. Um exemplo de aplicação desses problemas é quando se deseja instalar um certo número de radares para cobrir o tráfego de determinados aeroportos. Cada radar precisa estar o mais próximo de algum aeroporto para controlar seu tráfego e perto o suficiente de outro radar para que se tenha uma rede integrada de radares. Dearing e Francis {17}, Love et al. {63}, Wesolowsky {98}, Morris {75}, e Elzinga et al. {27} são alguns dos trabalhos nessa linha. Em geral os métodos usados são de programação não-linear (teoria de dualidade {27} e penalidade {63} ou programação linear {98},{75}).

3.2 - PROBLEMAS MINISOMA DE LOCALIZAÇÃO

Dentro do contexto de fluxos em redes, Baumol e Wolfe {5} foram os primeiros a formularem um problema de localização onde o objetivo era minimizar a soma total dos custos envolvidos. Este trabalho criou o problema conhecido como o problema de localização de armazéns (PLA) - ("plant". "warehouse" ou "facility location problem") onde concentrou-se grande parte do esforço da análise de localizações.

Dentre as múltiplas variações de formulação que esse problema sofreu, a introduzida por Hakimi {43},{44} foi particularmente importante pela atenção que despertou e pelo desenvolvimento que apresentou posteriormente. Tra-

ta-se do problema das p-medianas ou p-centros*. Esta formulação não trabalha com os fluxos das mercadorias, e ao contrário do PLA, inclui como possíveis pontos de localização toda a rede considerada, ou seja, nós e arcos. Nos ocuparemos brevemente dos problemas das p-medianas e a seguir será feito um levantamento do estado atual de desenvolvimento dos PLA.

3.2.1 - Problema das p-medianas

O problema das p-medianas é um problema de localização minisoma que procura localizar um certo número (p) de pontos de serviço numa rede, tal que a soma das mínimas distâncias de cada nó da rede ao mais próximo ponto de serviço seja minimizada.

Seja um grafo conexo, não ordenado, G=(N,A) onde N é o conjunto dos k nós e A o de arcos. Define-se um ponto do grafo G, a qualquer ponto situado sobre G, sendo um nó ou não. O comprimento do caminho mínimo entre dois pontos x e y é definido por d(x,y), a distância entre x e y. Seja $X_p=\{x_1,x_2,\ldots,x_p\}$ um conjunto de p pontos que devem ser localizados em G e define-se para cada $1 \leqslant i \leqslant k$

$$d(n_i,X_p) = \min \{d(n_i,x_1) , d(n_i,x_2) ,\ldots, d(n_i,x_p)\} ,$$

que é a mínima distância de n_i ao mais próximo ponto de X_p. Se $w(n_i).d(n_i,X_p)$ é o custo de satisfazer a demanda do nó n_i então

$$f(X_p) = \sum_{i=1}^{k} w(n_i).d(n_i,X_p)$$

é o custo de satisfazer todas as demandas, assumindo que os p pontos de serviço estão localizados em G, correspondem a X_p e que não existem restriçoes nos seus tamanhos. Os locais ótimos de instalação correspondem aos pontos X_p^* em G tal que

$$f(X_p^*) \leqslant f(X_p) \quad \text{para todo } X_p \text{ em G.}$$

Esse é um problema muito complexo para resolver. A fim de mostrar os resultados teóricos que permitem solucioná-los, vamos simplificar a formulação. Suponha o caso onde k=1. Deve-se achar, então, um ponto y* em G tal que $f(y^*) \leqslant f(y)$, para todo y em G. Goldstein provou que no caso de G ser uma árvore, y* estará sempre sobre um nó. Hakimi {43} generalizou este resultado para G, ao provar o teorema abaixo.

Teorema 1 - Há pelo menos um nó de G = (N,A) para o qual $f(n) \leqslant f(y)$ para qualquer y em G.

Posteriormente, Hakimi {44} generalizou o teorema 1 para o caso de k = p $\geqslant$ 1.

Teorema 2 - Há pelo menos um subconjunto $X_p \subset N$ contendo p nós, tal que $f(X_p) \leqslant f(Y_p)$ para qualquer conjunto Y_p de p pontos situados em nós ou arcos de G.

---

* Em geral, o problema dos p-centros é identificado como um problema minimax, ficando a denominação p-medianas para os problemas minisoma, mas estes rigor nem sempre é observado pelos autores.

O importante resultado desses teoremas diz, em outras palavras, que a procura das soluções ótimas do problema dos p-medianas pode ficar restrita aos nós da rede.

Esses resultados foram ainda ampliados por Levy {62} que provou serem válidos os teoremas 1 e 2 no caso de custos côncavos e por Goldman {41} que mostrou também a aplicação dos teoremas 1 e 2 no caso de um nó ser ponto de demanda e/ou de oferta. Hakimi e Maheshwari {45} e Wendell e Hurter {96}provaram a validade dos teoremas mesmo quando estão presentes restrições de capacidade nos arcos e mesmo restriçoes de tamanho dos centros, desde que se permita localizar mais de um centro num nó.

Quanto aos métodos de soluçao para o problema das p-medianas distinguem-se:

**algoritmos heirísticos; Maranzana {67}, Teitz e Bart {90}.

**algoritmos de separação e avaliação (branch-and-bound).

Entre outros, citam-se os trabalhos de El-Shaieb {25} e Järvinem et al. {51}.

**algoritmos baseados na programação linear.

Um enfoque é formular o problema como programação inteira e solucioná-lo por relaxação. Os problemas relaxados são de programação linear e algoritmos foram desenvolvidos por Revelle e Swain {81}, Garfinkel et al. {35}.O enfoque de Marsten {70} usa dualidade e programação paramétrica para propor um interessante algoritmo. Para uma discussão aprofundada de modelos e métodos do problema das p-medianas, veja o trabalho de Galvão {33}.

3.2.2 - Problema de Localização de Armazéns (PLA)

Foram os problemas de localização de armazéns que há vinte anos atrás deram início ao rápido desenvolvimento contemporâneo da análise de localizações. O problema, que parece ter sido proposto inicialmente por Baumol e Wolfe {5}, teve sua formulaçao inspirada no clássico problema de transporte da programação linear. Apesar de na formulação original os autores tratarem especificamente do caso de localização de armazéns, o problema estendeu-se para localização de fábricas e depois, mais genericamente, para "facilidades".

O problema pode ser encarado como encontrar locais ótimos para instalação de armazéns (fábricas, etc) dentro um número finito de locais candidatos e de modo a satisfazer a demanda de centros consumidores, procurando minimizar os custos envolvidos (transporte, estocagem, operação, construção , etc).

O que caracteriza fundamentalmente os PLA são o tipo de sua função objetivo e a presença ou não de restrições de capacidade. Em geral os problemas supõem função objetivo linear (custos de transporte) com custo fixo de instalação. Esses modelos serão analisados na próxima secção. O caso de funções não-lineares (custos côncavos ou lineares por partes) são estudados na secção 5.4. Os PLA sofrem outras caracterizações, como a presença ou não de centros intermediários (secção 5.2), se é considerado um só produto ou vários (secção 5.2) e ainda se a demanda é sazonal (secção 5.3) ou então se ela é estocástica (secção 5.1).

4. PRINCIPAIS MODELOS E TÉCNICAS DE SOLUÇÃO DOS PLA

Em relação ao modelamento, distinguem-se duas formulações gerais, os modelos com capacidade ilimitada e os com capacidade restrita. Em relação às técnicas usadas na solução dos problemas reconhecem-se três grupos:

* métodos heurísticos
* algoritmos de separação e avaliação
* enfoque de programação mista e decomposição.

4.1 - MÉTODOS HEURÍSTICOS

A preocupação de se desenvolver métodos heurísticos para resolver os PLA se deve à dificuldade computacional inerente a resolver de maneira ótima (exata) tais problemas. Os algoritmos heurísticos contentam-se com soluções boas (não-ótimas) e sua utilização precisa ser precedida de uma análise do que se quer retirar dos resultados da otimização do sistema. Em alguns casos práticos, a utilização de tais métodos impossibilita respostas à perguntas importantes, como análise de sensibilidade, prioridades de implementação, etc {36}. Além disso, o aparecimento de métodos exatos de otimização, poderosos e eficientes, permite resolver mesmo problemas de grandes dimensões sem necessidade de lançar mão de heurísticas. Uma exposição da filosofia do enfoque heurístico é encontrada em Kuehn e Hamburger {57}.

Um significante esforço, porém, foi dedicado aos algoritmos heurísticos. Um dos primeiros algoritmos bem sucedidos foi o de Kuehn e Hamburger {57}. Eles dividem sua heurística em duas partes: Na primeira, um programa principal localiza armazéns, um de cada vez, até que nenhum mais possa ser colocado na rede sem que aumente o custo total. Depois, uma outra rotina tenta modificar a solução do programa principal, trocando ou tirando armazéns de modo a melhorar a soluçao atual. Feldman et al. {28} propuseram uma heurística semelhante, e consideram economias de escala, assim como o trabalho de Manne {66}. Outros métodos heurísticos foram propostos por Sá {82}, Marks e Liebman {69}. O já citado pioneiro trabalho de Baumol e Wolfe {5} sugere um algoritmo heurístico para encontrar boas soluções de um problema com função objeto côncava (custo de armazenagem côncavo) e restrições sobre a capacidade dos armazéns. Trabalhos aplicados ou estudo de casos sugerem heurísticas apropriadas (e.g. Burstall et al. {10}, Lawrence e Pengilly {59}, Monterosso {74}, e Silva e Lins {86}.

4.2 - ALGORITMOS DE SEPARAÇÃO E AVALIAÇÃO - (BRANCH-AND-BOUND)

A técnica de separação e avaliação, em geral, se aplica bem aos modelos mais simples dos PLA, ou seja, modelos com um único produto, custos lineares de transporte e operação e um único estágio de distribuição (fábrica-armazém ou armazém-consumidor). Aqui só relataremos os principais algoritmos propostos em separação e avaliação especificamente endereçados a esses problemas mais simples, visto que os problemas com vários produtos e dois estágios são analisados em 5.2 e os custos não-lineares em 5.4.

O primeiro algoritmo exato proposto para resolver o PLA foi o de separação e avaliação de Efroymson e Ray {19}. O modelo deles é sem restrição de capacidade e é a generalização de um modelo mais simples devido a Balinsky {3}. O problema formulado é

$$\text{minimizar } z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^{m} k_i z_i$$

$$\text{sujeito a} \quad \sum_{i \in N_j} x_{ij} = 1 \quad , \quad j=1,2,\ldots,n \ ,$$

$$0 \leqslant \sum_{j \in P_i} x_{ij} \leqslant n_i z_i \quad , \quad i=1,2,\ldots,m \ ,$$

$$, \ z_i = 0,1$$

onde $c_{ij} = t_{ij} \cdot D_j$

t_{ij} = custo unitário de transporte do armazém i ao consumidor j

D_j = demanda do consumidor j

k_i = custo fixo de instalação do armazém i

z_i = 1 se o armazém for instalado em i; 0 caso contrário

x_{ij} = fração da demanda do consumidor j que é suprida pelo armazém i

m = número de possíveis locais dos armazéns

n = número de centros consumidores

P_i = conjunto de consumidores que são supridos pelo armazém i

n_i = número de elementos de P_i

N_j = conjunto de armazéns que podem suprir o consumidor j

A eficiência do enfoque de Efroymson e Ray está baseada na solução imediata do problema de programação linear que resulta da fixaçao do vetor de localizações z. Uma experiência computacional relatada com um problema de 50 armazéns (59 variáveis 0-1) e 200 pontos de consumo, consumiu cerca de 10 minutos de CPU (IBM 7094). O algoritmo pode ser estendido para funções custo lineares por partes. Spielberg {88} discute o mesmo problema e sugere melhorias para aumentar a eficiência computacional do algoritmo, além de incorporar ao modelo algumas restrições adicionais, como orçamento disponível. Muitos outros algoritmos foram desenvolvidos para o PLA sem restrições de capacidade*, mas o de Khumawala {55} parece ser o melhor ponto de vista de eficiência e flexibilidade.

O chamado PLA capacitado considera que os armazéns têm uma capacidade limitada de armazenamento (ou as fábricas têm uma limitada capacidade de produçao) e vários algoritmos de separação e avaliaçao foram propostos para resolvê-los. Uma possível formulação é

$$\text{minimizar} \quad \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in I} k_i z_i$$

$$\text{sujeito a} \quad \sum_{j \in J} x_{ij} \leqslant S_i z_i \quad , \quad i \in I = \{1,2,\ldots,m\} \ ,$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = D_j \quad , \quad j \in J = \{1,2,\ldots,n\}$$

---

* veja Balinsky e Spielberg {4}

$$x_{ij} > 0 \quad , \quad i \in I \quad , \quad j \in J$$

$$z_i = 0,1 \quad , \quad i \in I$$

onde x_{ij} = fluxo de produto entre i e j

z_i = 0 se o armazém i é instalado ; 0 caso contrário

c_{ij} = custo unitário de transporte

D_j = demanda do consumidor j

S_i = capacidade do armazém i

k_i = custo fixo associado de instalação (operação) do armazém i

Dentre os vários algoritmos propostos citam-se os de Davis e Ray {15}, Ellwein e Gray {22}, Ellwein {21}, Sá {82}. Os dois últimos são comparados com o algoritmo desenvolvido por Akinc e Khumawala {1} que se mostrou bem mais eficiente numa série de 12 problemas de dimensões variadas. Nesta mesma de modelos, Geoffrion e McBride {38} desenvolveram um algoritmo capaz de tratar várias restrições adicionais, como limitantes inferiores e superiores na capacidade dos armazéns, restrições adicionais sobre as variáveis de fluxo e de localização e podem restringir a satisfação da demanda de um consumidor através de um único armazém. Eles relatam que um problema médio(25 armazéns e 100 consumidores) pode ser resolvido em aproximadamente 1 minuto de CPU (IBM 360/91).

4.3 - ENFOQUE DE PROGRAMAÇÃO MISTA E DECOMPOSIÇÃO

Um PLA pode ser encarado como um problema de programação mista - MIP - (contém variáveis reais e inteiras). O desenvolvimento de técnicas eficientes em programação inteira, em conjunto com o aparecimento da técnica de separação e avaliação, criou condições de se desenvolverem sistemas de programação mista de uso geral. Dentro,então,de certas limitação um PLA pode ser solucionado com esses pacotes comerciais de MIP. Os de uso geral mais conhecidos são o UMPIRE da UNIVAC, o MPSX-MIP para os 360 a 370 da IBM e Ophelie Mixed da CDC. Todos eles usam algoritmos de separação e avaliação.Esses sistemas permitem tratar de maneira ótima versões bastante sofisticadas do PLA, como funções custo linear por partes, restrições sobre capacidade e outras restrições sobre variáveis reais e inteiras, permitindo ainda muita flexibilidade na tratamento do problema. A mais séria limitação no uso desses pacotes se encontra no tamanho possível dos problemas tratados e na eficiência computacional {36}. No caso do tempo de máquina disponível ser um fator limitado e desde que os erros de cálculo acumulados não comprometam o resultado, esses pacotes se destinam mais a subotimizações. Além disso, só problemas de pequeno ou médio porte podem ser tratados.

Uma outra categoria de pacotes de otimização é constituída por sistemas especialmente desenvolvidos para os problemas de distribuição e localização. Os sistemas Poligami para o CDC 6600 e Capflo permitem que os modelos incorporem relativa flexibilidade, como, um único produto, dois estágios de distribuição, restrições na capacidade dos armazéns, funções custo com economias de escala (lineares por partes). Poligami trabalha dentro de um enfoque convencional de separação e avaliação que resolve um problema de fluxo em redes pelo método "out-of-kilter" para fazer a avaliação. Como relatado em

Geoffrion {36} o sistema é apropriado a solução de problemas de no máximo 40 variáveis zero-um. Capflo guarda quase as mesmas características.

São raras as publicações que trazem experiência computacional com esses tipos de sistemas. Tentando mostrar a aplicabilidade do sistema Ophelie Mixed, Elson {26} relata que levou em torno de 8 minutos para resolver um problema com 15 fábricas, 3 produtos, 45 armazéns e 50 pontos de consumo.

Decomposição é um outro enfoque divisado para resolver problemas mistos de programação matemática. A idéia intuitiva da decomposição é dividir um problema em vários outros menores e de mais simples solução. Como decorrência óbvia, os métodos de decomposição se mostraram adequados aos problemas grandes, de muitas variáveis e porisso passaram a pertencer ao ferramental de solução dos sistemas de grande porte. No caso dos PLA o enfoque de decomposição se aplica procurando separar a parte inteira da parte real e resolvê-las em separado, com a supervisão de um esquema coordenador. O algoritmo de decomposição de Benders {8} procura realizar isso. Ele não foi muito utilizado de início, para problemas de localização, mas quando os problemas práticos começaram a exigir modelos de grandes dimensões, de muitos produtos e boa flexibilidade, ela ganhou importância.

O algoritmo "linear" de Benders foi desenvolvido para problemas de programação mista onde o PLA é um caso particular, mas ele se aplica a problemas de forma geral

minimizar $cx + f(y)$

sujeito a $Ax + F(y) \geqslant b \quad , \quad x \geqslant 0 \quad , \quad y \in Y$

onde as variáveis y são "complicantes", no sentido que quando fixadas temporariamente num valor, o problema resultante é um programa linear. Daí o sentido de chamar algoritmo de Benders "linear". No caso do PLA, y são as variáveis zero-um.

Balinsky {3} foi o primeiro a usar a decomposição de Benders num PLA com capacidade ilimitada dos armazéns, mas foi o trabalho de Geoffrion e Graves {39} que consolidou-a como um poderoso método para solução dos PLA, principalmente no caso de vários produtos. Eles relatam extensa experiência computacional no projeto de uma rede de distribuição de alimentos com 14 fábricas, 17 produtos diferentes, 45 locais possíveis de instalação de centros de distribuição, e 121 zonas consumidoras. Em média, a solução do problema levou em torno de 1 minuto de CPU (IBM 360/91). Num trabalho posterior, Geoffrion et al. {37} ampliam o modelo anteriormente usado permitindo maior sofisticação do problema tratado e usando basicamente o mesmo enfoque da decomposição de Benders. Eles relatam que para problemas com 100 produtos, 100 centros de distribuição e 400 zonas de demanda, um computador de grande porte não leva mais que 15 minutos de CPU, com critérios de tolerância em torno de 1%.

5. OUTROS PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO

5.1 - PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO ESTOCÁSTICO

O problema de localização estocástico (PLE) é uma extensão natural dos PLA e ele aparece quando o conhecimento sobre algum parâmetro não é completo. Supondo porém que tais incertezas seguem uma lei conhecida(distribuição de probabilidades), a resolução do problema deve apelar para o campo da programação estocástica. A idéia fundamental é formular um problema equivalen

te determinístico e a partir daí olhar o PLE como um simples problema de localização. Como acontece geralmente, a inclusão de considerações estocásticas dificultam a solução dos problemas, e no caso considerado, o equivalente obtido cai no campo da programação mista não-linear.

O PLE pode ser descrito como saber definir locais ótimos para a instalação de "facilidades" (fábricas, armazéns, edifícios, etc) dentre um conjunto finito de locais condidatos, de modo a satisfazer as demandas aleatórias de um conjunto de pontos consumidores procurando minimizar os custos de instalação(e produção) e de transporte envolvidos.

Alguns trabalhos já foram publicados tendo o PLE como objetivo.Leblanc {61} apresenta um método heurístico de resolução do PLE dentro de uma formulação clássica considerando as demandas aleatórias. O ótimo do problema não é garantido nesse caso e a eficácia da heurística proposta não é possível de ser avaliada devida à carência de aplicações práticas,principalmente considerando problemas de grande porte. Usando o enfoque de separação e avaliação, Balachandran e Jain {2} formularam um PLE mais geral, considerando as demandas aleatórias e funções de custo descontínuas. O algoritmo proposto generaliza, para o caso estocástico, uma técnica de parametrização para problemas lineares ("operator theory"), mas não traz experiência computacional que valide o procedimento iterativo.

O PLE é tratado de maneira ótima em França {30} através da decomposição de Benders generalizada. O esquema de decomposição usado é semelhante ao de Benders linear, onde são separadas as partes inteiras e real do problema de localização. No caso estocástico, a parte real é um sub-problema não-linear de transportes. Experiências computacionais em diversos exemplos confirmaram a eficiência do esquema de decomposição para o caso estocástico, já observado no caso determinístico.

Vale ainda ressaltar o trabalho de Jucker e Carlson {52},mas cuja formulação não usual, com considerações multi-critério, não permite enquadrá-lo aqui.

5.2 - MODELOS COM CENTROS INTERMEDIÁRIOS (2 ESTÁGIOS) E VÁRIOS PRODUTOS

Até agora todos os modelos de PLA estudados eram de um único estágio(fábrica-consumidor ou armazém-consumidor) e um único produto. Porém, sistemas de distribuição mais complexos frequentemente têm necessidade de considerar dois estágios na distribuição e também trabalham com diferentes produtos.Esses modelos mais elaborados, geralmente não podem ser resolvidos pelos algoritmos simples relatados anteriormente. Ao nível das técnicas, as que encontram mais sucesso nestes casos são a programação mista e decomposição.

Uma possível formulação de um problema de dois estágios e um único produto é

$$\text{minimizar} \quad \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} + \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} c_{jk} x_{jk} + \sum_{j \in J} k_j z_j$$

$$\text{sujeito a} \quad \sum_{j \in J} x_{ij} \leqslant S_i \quad ; \quad i \in I = \{1,2,\ldots,m\}$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = \sum_{k \in K} x_{jk} \quad , \quad j \in J = \{1,2,\ldots,n\}$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leqslant C_j z_j \quad , \quad j \in J$$

$$\underline{D}_k \leqslant \sum_{j \in J} x_{jk} \leqslant \overline{D}_k \quad , \quad k \in K = \{1,2,\ldots,p\}$$

$$x_{ij} \, , \, x_{jk} \geqslant 0 \quad , \quad i \in I \, , \, j \in J \, , \, k \in K$$

$$y_j = 0,1 \quad , \quad j \in J$$

onde x_{ij} = fluxo do produto entre fábrica i e armazém j

x_{jk} = fluxo do produto entre armazém j e ponto de consumo k

z_j = 1 se o armazém j está aberto ; 0 caso contrário

$c_{ij} = c'_{ij} + T_i + V_j$ = custo unitário para transferir o produto de i para j

c'_{ij} = custo unitário de transporte de i para j

T_i = custo variavel unitário de produção da fábrica i

V_j = custo variável unitário por usar o armazém j

$c_{jk} = c'_{jk} + R_k$ = custo unitário para transferir o produto de j para k

c'_{jk} = custo unitário de transporte entre j e k

R_k = custo variável unitário por usar o ponto de consumo k

k_j = custo fixo de operação do armazém j

S_i = quantidade de produto fabricado em i

$\underline{D}_k$ = limitante inferior da quantidade demandada em k

C_j = capacidade do armazém j

$\overline{D}_k$ = limitante superior da quantidade demandada em k

Marks {68} aplicou um procedimento de separação e avaliaçao convencional para o modelo acima, onde a função objetivo com custo fixo(fixed charge) é substituída por uma função substimadora linear. A partir daí o esquema convencional de separação e avaliação é aplicado, com a avaliação sendo feita pela resolução de um problema de transbordo pelo método "out-of-kilter".

Estendendo os modelos de dois estágios para vários produtos, encontram-se os artigos de Elson {26} e Geoffrion o Graves {39}. O primeiro considera um modelo parecido com o descrito acima, mas incorpora além de varios produtos, a possibilidade de construir-se novos armazéns ou aumentar a capacidade dos já construídos. Ele usa o pacote MIP da CDC, o Ophelie Mixed, e relata tempos aceitáveis na solução de problemas de porte médio. O modelo usado por Geoffrion é diferente e lança mão de variáveis de índices quádruplos. O modelo é

$$\underset{x \geqslant 0; y,z=0,1}{\text{minimizar}} \quad \sum_{ijkl} c_{ijkl} \, x_{ijkl} + \sum_k \left[f_k \, z_k + v_k \cdot \sum_{il} D_{il} \cdot y_{kl} \right]$$

$$\text{sujeito a} \quad \sum_{kl} x_{ijkl} \leqslant S_{ij} \quad , \quad \text{para todo ij}$$

$$\sum_j x_{ijkl} = D_{il} \cdot y_{kl} \quad , \text{ para todo } ikl,$$

$$\sum_k y_{kl} = 1 \quad , \text{ para todo } k, \tag{1}$$

$$\underline{V}_k \, z_k \leqslant \sum_{il} D_{il} \cdot y_{kl} \leqslant \overline{V}_k \, z_k \quad , \text{ para todo } k \, ,$$

e restrições adicionais lineares sobre y e/ou z, onde

i = índice de produto

j = índice de fábricas

k = índice de possível centro de distribuiçao (armazem)

l = indice de zona de consumo

S_{ij} = capacidade de produção do produto i na fábrica j

D_{il} = demanda pelo produto i na zona de consumo l

$\underline{V}_k, \overline{V}_k$ = mínima e máxima capacidade do centro do local k

f_k = custo fixo de operação e/ou construção do centro k

v_k = custo variável unitário de operação do centro k

c_{ijkl} = custo unitário médio de produzir e transportar o produto i, da fábrica j, através do centro k, até a zona de consumo l

x_{ijkl} = fluxo do produto i, da fábrica j, através do centro k, até a zona de consumo l

y_{kl} = zero-um que será 1 se o centro de distribuição k servir a zona de consumo l, e 0 caso contrário

z_k = variável zero-um que será 1 se um centro de distribuição for colocado em k e 0 caso contrário

As possíveis restrições adicionais sobre z e y dão flexibilidade ao modelo no sentido de incorporarem, por exemplo, número máximo ou mínimo de centros funcionando, especificação de qual subconjunto de centros que devem permanecer aberto ou fechados, restrições adicionais de capacidade conjunta de vários centros que lidam com mesmo produto, etc.

O enfoque de decomposição de Benders aplicado por Geoffrion e Graves ao problema acima separa a sua resolução em duas partes, uma resolvendo um problema só em variáveis zero-um e outra resolvendo uma série de problemas simples de transporte, um para cada produto i. Como já dito na seção anterior, a aplicação de decomposição em problemas de grandes dimensões foi bem sucedida, com esforços computacionais bastante aceitáveis. Além disso, uma vantagem desse enfoque é permitir um modelamento bastante complexo*, além de permitir, devido ao método de decomposição empregado, interpretações econômicas que enriquecem a análise da solução do problema {64},{65}.

5.3 - PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DINÂMICO

Nos problemas até agora estudados, as decisões de localização eram fei

* em {37} é descrito um outro modelo mais complexo que o anterior.

tas procurando satisfazer uma demanda agregada de produto, por exemplo, a demanda anual. Porém, quando a demanda (ou produção) é altamente sazonal, o erro que se comete com a agregação pode ser grande. Nestes casos, as melhores decisões de localização devem variar ao longo do tempo, se alterando de maneira ótima para acompanhar as variações ocorridas na demanda e/ou produção.

Classicamente, o artifício matemático que extende os problemas de distribuição para o caso dinâmico consiste em repetir o número de fontes e destinos tantos quantos os períodos de tempos considerados relevantes. Os arcos de transporte só devem ligar uma fonte aos destinos situados depois no tempo. No caso geral, do PLA, esse artifício aumenta consideravelmente as dimensões do problema, podendo comprometer sua solução. Sweney e Thatan {89} desenvolveram, porém, um algoritmo dinâmico para o PLA com centros intermediários (demanda sazonal), que evita a maneira clássica apresentada. Basicamente, eles calculam para cada instante de tempo uma série de configurações de localização com valores crescentes de custo. Como é imputado um custo para se mudar o estado de um armazém (fechar-abrir ou abrir-fechar), eles provam que há uma trajetória ótima de configurações no tempo. A configuração ótima e as sub-ótimas de um instante de tempo são calculadas pelo algoritmo de decomposição de Benders e a trajetória posterior calcula-se aplicando programação dinâmica.

Outro trabalho que apresenta uma solução do PLA para o caso dinâmico é o de Warszawski {92}. Ele sugere três algoritmos diferentes e aplica-os ao caso de localizar usinas produtoras de concreto numa obra civil.

5.4 - EXTENSÃO PARA FUNÇÕES CUSTO NÃO-LINEARES

Até agora só foram consideradas funções custo onde os custos de transporte e/ou de produção aumentam linearmente com a quantidade transportada ou produzida, como mostra a Fig. 2. Em muitos casos reais estas suposições tornam o modelo pouco adequado ao problema que se deseja resolver; por exemplo, quando se consideram que o aumento no tamanho de uma unidade produtora ou da capacidade de um armazém proporcionam economias de escala. De modo geral os custos unitários de produção tendem a diminuir à medida que aumenta o nível da atividade econômica, como mostra a Fig. 3.

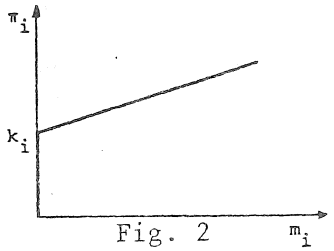


Fig. 2

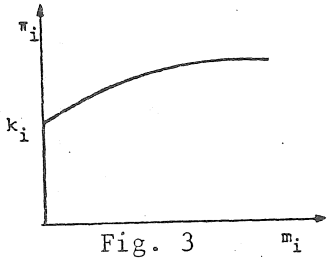


Fig. 3

π_i - custo de produção da unidade i

m_i - volume produzido na unidade i

k_i - custo fixo da unidade i

Por outro lado, em relação aos custos de transporte também podem ocorrer custos marginais decrescentes para maiores quantidades transportadas. Analogamente então, pode-se admitir custos de transporte lineares (Fig. 4) ou côncavos (Fig. 5).

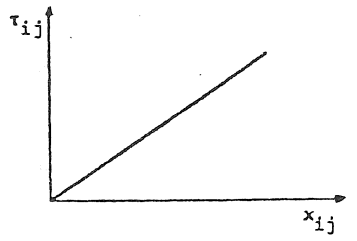


Fig. 4

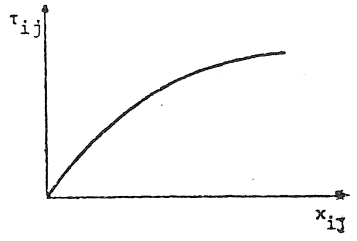


Fig. 5

τ_{ij} = custo de transporte entre i e j

x_{ij} = fluxo entre i e j

Genericamente a função objetiva de um problema de localização pode ser escrita como

$$\text{minimizar} \quad \sum_{i \in I} \pi_i(m_i) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \tau_{ij}(x_{ij})$$

$I = \{1,2,\ldots,m\}$

$J = \{1,2,\ldots,n\}$

Os trabalhos de Efroymson e Ray {19}, Spielberg {88}, Khumawala {55}, Davis e Ray {15}, Ellwein {21}, Gray {42}, Akinc e Khumawala {1} e Marks {68}, entre outros, assumem que $\tau_{ij}(x_{ij})$ é linear e $\pi_i(m_i)$ da forma abaixo ("fixed charge").

$$\pi_i(m_i) = \begin{cases} 0 \text{ se } m_i = 0 \\ k_i + \lambda_i m_i \quad \text{se} \quad m_i > 0 \end{cases}$$

Porém, vários dos autores acima sugerem modificações em seus algoritmos de separação e avaliação de modo a comportarem funções custo lineares por partes. Entretanto, há trabalhos que desenvolvem dispositivos específicos para tratarem funções que não sejam lineares. Dentro desta ótica pode-se citar o trabalho de Klein e Klimpel {56} que supõem os custos de produção da forma da Fig.6 e sugerem um algoritmo de programação não-linear baseado no método de Rosen. Num estudo para localização de departamentos hospitalares, Elshafei {23} também considera custos do tipo da Fig.6 e aplica um método de partição para chegar a solução do problema. Marks e Liebman {69} consideram custos da forma da Fig.7 para problemas de localização com centros intermediários.

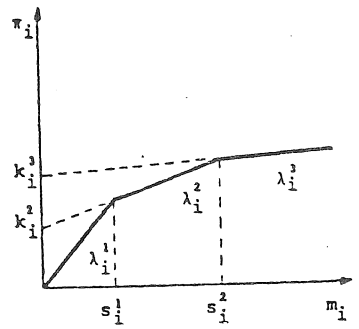


Fig. 6

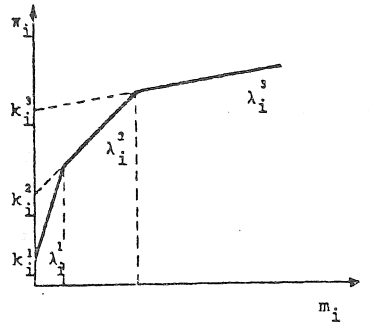


Fig. 7

O artigo de Rech e Barton {79} pode somente que as funções π_i e τ_{ij} sejam lineares por parte, não exigindo continuidade e utiliza envelopes convexos lineares por partes para subestimar as funções. Daí, resolvem uma sequência finita de problemas de fluxo de custo mínimo pelo algoritmo "out-of-kilter" com a qual chegam a solução do problema original.

Sá {82} desenvolveu um algoritmo de separação e avaliação que permite que os custos de produção sejam côncavos e contínuos, como mostra a Fig. 3, sendo os custos de transporte lineares. Sua experiência computacional relata que o método se aplica até com 25 origens (variáveis inteiras), com aproximadamente 15 minutos de CPU para achar a solução ótima. O trabalho de Soland {86} admite que os custos de transporte e/ou produção sejam igualmente côncavos e seu algoritmo também de separação e avaliação caminha para a solução ótima resolvendo uma série de problemas de transporte comuns obtidos através de subestimações lineares de π_i e τ_{ij}. Supondo como Sá, custos côncavos para produção e lineares para transporte, Feldman, Lehrer e Ray {28} desenvolveram uma heurística para achar boas soluções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

{1} - AKINC,U. e KHUMAWALA,B.M., "An Efficient Branch and Bound Algorithm for the Capacitated Warehouse Location Problem", Management Science, Vol.23, nº 6, 585-594 (1977).

{2} - BALACHANDRAN,V. e JAIN,S.,"Optimal Facility Location under Randon Demand with Geral Cost Structure", Naval Res.Log. Quartely 23,421--435 (1976).

{3} - BALINSKY,M.L., "On Finding Integer Solutions to Linear Programs", Mathematica, Princeton, N.J. (1964).

{4} - _____ e SPIELBERG,K., "Methods for Integer Programming: Algebraic, Combinatorial and Enumerative", in J.S. Aronofsky (ed.),Progress in Operations Research, Vol.III, Wiley, N.Y. (1969).

{5} - BAUMOL,W.J. e WOLFE,P., "A Warehouse Location Problem", Operations Research 6, 252-263 (1958).

{6} - BEATTIE,D.W., "Improving the Structure of a Distribution System", Operational Research Quartely, Vol.24, 3, 353-364 (1973).

{7} - BELLMAN,E., "An Application of Dymanic Programming to Location-Allocation Problems", SIAM Review 7, 126-128 (1965).

{8} - BENDERS,J.F., "Partitioning Procedures for Solving Mixed-Variables Programming Problems", Numerishe Mathematik, 4, 238-252 (1962).

{9} - BUZBY,B.R., "Nonlinear Distribution Problems", private communication (1965).

{10} - BRUSTALL,R.M.; LEAVER,R.A. e SUSSANS,J.E., "Evaluation of transport costs for alternative factory sites - a case study", Operational Research Quartely 13, 345-354 (1962).

{11} - CABOT,A.V.; FRANCIS,R.L. e STARY,M.A., "A Network Flow Solution to a Rectilinear Distance Facility Location Problem", AIIE Transactions 2, 132-141 (1970).

{12} - CHRISTOFIDES,N. e VIOLA,P, "The Optimum Location of Multi-Centres on a Graph", Operational Research Quart. 22, 145-154 (1971).

{13} - COOPER,L., "Location - Allocation Problems", Operations Research 11, 331-343 (1963).

{14} - _____. "A Randon Locational Equilibrium Problem", Journal of Regional Science, 14, 47-54 (1974).

{15} - DAVIS,P.S. e RAY,T.L., "A Branch-Bound Algorithm for the Capacitated Facilities Location Problem", Naval Res.Log.Quartely 16, 331-344 (1969).

{16} - DEARING,D.M. e FRANCIS,R.L., "A Minimax Location Problem on a Network", Transportation Science 8, 333-343 (1974).

{17} - _____ e _____ , "A Network Flow Solution to a Multi-facility Location Problem Using Rectilinear Distances", Transportation Science 8, 126-141 (1974).

{18} - DREZNER,Z. e WESOLOWSKY,G.O., "Facility Location on a Sphere", J.Op. Res. Soc. 29, nº 10, 997-1004 (1978).

{19} - EFROYMSON,N.A. e Ray,T.L., "A Branch-Bound Algorithm for Plant Location", Operations Research 14, 361-368 (1966).

{20} - EILON,S.; WATSON-GANDY,C.D.T. e CHRISTOFIDES,N., "Distribution Management: Mathematical Modelling & Practical Analysis", Griffin , London (1971).

{21} - ELLWEIN,L.B., "Fixed Charge Location-Allocation Problems with Capacity and Configuration Constraints", Technical Rep. nº 70-2, Department of Ind. Engineering, Stanford University (1970).

{22} - _____ e GRAY,F., "Solving Fixed Charge Location-Allocation Problems with Capacity and Configuration Constraints",AIIE Transactions, III, 4, 290-298 (1971).

{23} - ELSHAFEI,A.N., "An Approch to Locational Analysis", Operational Research Quartely, Vol.26, nº 1, 167-181 (1975).

{24} - EL-SHAIEB,A.M., "The Single Source Weber Problem-Survey and Extensions", J. Opl. Res. Soc.,Vol. 29, nº 5, 469-476 (1978).

{25} - _____, "A New Algorithm for Locating Sources Among Destinations", Management Science 20, 221-231 (1973).

{26} - ELSON,D.G., "Site Location via Mixed-Integer Programming", Operational Research Quartely, 23, nº 1, 31-43 (1972).

{27} - ELZINGA,J.; HEARN,D. e RANDOLPH,W.D., "Minimax Multi-facility Location with Euclidian Distances", Transportation Science 10, 321--336 (1976).

{28} - FELDMAN,E.; LEHRER,F. e RAY,T., "Warehouse Location Under Continuous Economies of Scale", Management Science, Vol.12, p.670 (1966).

{29} - FRANÇA,P.M., "Problemas de Localização: Solução por Decomposição", Tese de Doutorado, UNICAMP, 1979.

{30} - FRANÇA,P.M., "Stochastic Transportation-Location Problems by Generalized Benders Decomposition", submetido à Transp. Science.

{31} - FRANCIS,R.L. e GOLDSTEIN,J.M., "Location Theory: A Selective Bibliography", Operations Research 22, 400-410 (1974).

{32} - FRANK,H., "A Note on a Graph Theoretic Game of Hakimi's", Operations Research 15, 567-570 (1967).

{33} - GALVÃO,R.D., "The Optimal Location of Facilities on a Ntework", Ph.D. Thesis, Imperial College, London (1977).

{34} - GARFINKEL,R.S.; NEEBE,A.W. e RAO,M.R., "The m-Center Problem:Minimax Facility Location", Management Science 23, 1133-1142 (1977).

{35} - _____ , NEEBE,A.W. e RAO,M.R., "An Algorithm for the m-Median Plant Location Problem", Transportation Science 8, 217-236(1974).

{36} - GEOFFRION,A.M., "A Guide to Computer-Assisted Methods for Distribution System Planning", Sloan Management Review, Winter 1975, 17--41.

{37} - _____, GRAVES,G.W. e LEE,S., "Strategic Distribution System Planning: A Status Report", in A. Hax (ed.), Studies in Operations Management, North Holland/Elsivier (1978).

{38} - _____ e MCBRIDE,R.D., "The Capacited Plant Location Problem with Additional Constraints", Joint National Meeting of AIIE , ORSA and TIMS, Atlantic City, N.J. (1972).

{39} - _____ e GRAVES,G.W., "Multicommandity Distribution System Design by Benders Decomposition", Management Science, 20, 822-844 (1974).

{40} - GOLDMAN,A.J., "Minimax Location of a Facility in a Network", Transportation Science 6, 407-418 (1972).

{41} - _____ , "Optimum Locations for Centers in Networks", Transportation Science 3, 352-360 (1969).

{42} - GRAY,P., "Exact Solution of the Site Selection Problem by Mixed Integer Programming", in Applications of Mathematical Programming Techniques, E.M.L. Beale (ed.) - Am.Elsivier Publ. Co. New York (1970).

{43} - HAKIMI,S.L., "Optimal Distribution of Switching Centers and Medians of a Graph", Operations Research 12, 450-459 (1964).

{44} - _____, "Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph Theoretic Problems", Operations Research 13, 462-475 (1965).

{45} - _____ e MAHESWARI,S.N., "Optimum Locations of Centers in Net - works", Operations Research 20, nº 5, 967-973 (1972).

{46} - _____ ; SCHMEICHEL,E.F. e PIERCE,J.G., "On p-Centers in Net - works", Transportation Science 12, 1-15 (1979).

{47} - HALFIN,S., "On Finding the Absolute and Vertex Centers of a Tree with Distances", Transportations Science 8, 75-77 (1974).

{48} - HANDLER,G.Y., "Minimax Network Location: Theory and Algorithms" , Tech.Rep. Center, M.I.T. (1974).

{49} - _____, "Minimax Location of a Facility in a Undirected Tree Graph", Transportation Science 7, 287-293 (1974).

{50} - _____, "Finding Two-Centers of a Tree: The Continuous Case", Transportation Science 12, nº 2, 93-106 (1978).

{51} - JÄRVINEN,P; RAJALA,J. e SINERVO,H., "A Branch-and-Bound Algorithm for Seeking the p-Median", Operations Research 20, 173-178 (1972).

{52} - JUCKER,J.V. e CARLSON,R.C., "The Simple Plant-Location Problem under Uncertainty", Operations Research, Vol.24, nº 6, 1045-1055(1976).

{53} - JUEL,H. e LOVE,R.F., "An Efficient Computational Procedure for Solving the Multifacility Rectilinear Facilities Location Problem", Operational Research Quartely 27, 697-703 (1976).

{54} - KHUMAWALA,B.M., "An Efficient Branch and Bound Algorithm for the Warehouse Location Problem", Management Science 18, B718-B731(1972).

{55} - _____, "An Efficient Branch-and-Bound Algorithm for the Warehouse Location Problem", Management Science 18, B718-B731 (1972).

{56} - KLEIN,M. e KLIMPEL,R.R., "Applications of Linearly Constrained Nonlinear Optimizations to Plant Location and Sizing", J. Indust. Engng. 18, 90 (1967).

{57} - KUEHN,A.A. e HAMBURGER,J.J., "A Heuristic Program for Locating Warehouses", Management Science 9, 643-666 (1963).

{58} - KUHN,H.W. e KUENNE,R.E., "An Efficient Algorithm for the Numerical Solution of the Generalized Weber Problem in Spatial Economics", J. Regional Science 4, 21-34 (1962).

{59} - LAWRENCE,R.M. e PENGILLY,P.J., "The Number and Location of Depots Required for Handling Products for Distribution to Retail Stores in South-East England", Operational Research Quartely 20, 23-32 (1969).

{60} - LEA,A.C., "Location-Allocation Systems: An Annotated Bibliography", Discussion Paper mº 13, Department of Geography, University of Toronto, Canada (1973).

{61} - LEBLANC,L.J., "A Heuristic Approach for Large Scale Discrete Stochastic Transportation - Location Problems", Comp. & Maths. with Appls., Vol. 3, 87-94 (1977).

{62} - LEVY,J., "An Extended Theorem for Location on a Network", Operational Research Quartely 18, 433-442 (1967).

{63} - LOVE,R.F.; WESOLOWSKY,G.O. e KRAEMER,S.A., "A Multifacility Minimax Method for Euclidian Distances", Int. J. Prod. Res. 11, 37-45 (1973).

{64} - LUNA,H.P.L., "Les Techeniques de Decomposition-Cordination dans les Modèles Economiques d'Optimisation", Thèse d'Etat, Un.P.Sabatier (1978).

{65} - _____, "Economic Interpretation of the Benders Decomposition Technique Applied to Location Problems", 2nd. Int.Conf.Dyn.Model Control of Nat. Economies, IFAC/IFORS/IIASA, Wien (1977).

{66} - MANNE,A.S., "Plant Location under Economies of Scale Decentralization and Computation", Management Science 11, 213-235 (1964).

{67} - MARANZANA,F.E., "On the Location of Supply Points to Minimize Transport Costs", Oeprational Research Quartely 15, 261-270 (1964).

{68} - MARKS,D.H., "Facility Location and Routing Models in Solid Waste Collection Systems", Ph.D. Thesis, The Johns Hopkins Univ. (1969).

{69} - _____ and LIEBMAN,J.C., "Mathematical Analysis of Solid Waste Collection", Report (SW-5 rg), V.S. Dept. of H.E.W., Washington - DC (1970).

{70} - MARSTEN,R.E., "An Algorithm for Finding Almost All of the Medians of a Network", Discussion Paper nº 23, Northwestern University(1972).

{71} - MCGINNIS,L.F., "A Survey of Recent Results for a Class of Facilities Location Problems", AIIE Transactions, Vol. 9, nº 1, 11-18 (1977).

{72} - _____ e WHITE,J.A., "A Single Facility Rectilinear Location Problem with Multiple Criteria", Transportation Science 12, nº 3, 217-231 (1978).

{73} - MINIEKA,E., "The m-Center Problem", SIAM Review 12, 138-139 (1970).

{74} - MONTEROSSO,C.D.B., "Um Método Heurístico para a Localização e Dimensionamento de Armazéns em Sistemas de Grande Porte Considerando Economias de Escala", Tese de Mestrado - COPPE, UFRJ (1977).

{75} - MORRIS,J.G., "A Linear Programming Approach of the Solution of Constrained Multi-Facility Minimax Location Problems where Distances are Rectangular", Operational Research Quartely 24, 419-439(1973).

{76} - OSTRESH,L.M.,Jr., "Convergence and Descent in the Fermat Location Problem", Transportation Science 12, nº 2, 153-164 (1978).

{77} - PRITSKER,A.B. e GHARE,P.M., "Locating New Facilities with Respect to Existing Facilities", AIIE Transactions 2, 290-297 (1970).

{78} - RAND,G.K., "Methodological Choises in Depot Location Studies", Operational Research Quartely, Vol. 27, 1, 241-249 (1976).

{79} - RECH,P. e BARTON,L.G., "A Non-Convex Transportation Algorithm", in Applications of Mathematical Programming Techniques, E.M.L.Beale (ed.), Am. Elsivier Publ. Co., New York (1970).

{80} - REVELLE,C.; MARKS,D. e LIEBMAN,J.C., "An Analysis of Private and Public Sector Location Models", Management Science 16, nº 11, 692-707 (1970).

{81} - _____ e SWAIN,R.W., "Central Facilities Location", Geogr. Anal., Vol. 2, 30-42 (1970).

{82} - SÁ,G., "Branch-and-Bound and Approximate Solutions to the Capacited Plant-Location Problem", Operations Research 17, 1005-1016(1969).

{83} - SCOTT,A.J., "Location - Allocation Systems: A Review", Geograph.Anal. 2, 95-119 (1970).

{84} - SEPALLA,Y., "On a Stochastic Multi-Facility Location Problem", AIIE Transactions, Vol.7, nº 1, 56-62 (1975).

{85} - SHERALI,H.D. e SHETTY,C.M., "A Primal Simplex Based Solution Procedure for the Rectilinear Distance Multifacility Location Problem", J. Opl. Res. Soc. 29, nº 4, 373-381 (1978).

{86} - SILVA,R.V. e LINS,M.L., "Localização de Depósitos entre Pontos de Produção e Consumo", IX Simpósio da SOBRAPO, Brasília (1978).

{87} - SOLAND,R.M., "Optimal Facility Location with Concave Costs", Operations Research 22, 373-382 (1974).

{88} - SPIELBERG,K., "An Algorithm for the Simple Plant Location Problem with Some Side Conditions", Operations Research 17, 85-111 (1969).

{89} - SWENEY,D.J. e TATHAN,R.L., "An Improved Long-Run Model for Multiple Warehouse Location", Management Science 22, 748-758 (1976).

{90} - TEITZ,M.B. e BART,P., "Heuristic Method for Estimating the Generalized Vertex Median of a Graph", Operations Research 16, 955-961 (1968).

{91} - TOREGAS,C.; SWAIN,R.; REVELLE,C. e BERGMAN,L., "The Location of Emergency Service Facilities", Operations Research 19, 1363-1373(1971).

{92} - WARSZAWSKY,A., "Multi-dimensional Location Problems", Operational Research Quartely 24, nº 2, 165-179 (1973).

{93} - WATSON-GANDY,C.D. e EILON,S.; "The Depot Siting Problem with Discontinuous Delinery Cost", Operational Research Quartely 23,277(1972).

{94} - WEBER,A., "Uber den Standort des Industrien", Tübingen (1909), traduzido para o inglês como "Alfred Weber's Theory of the Location of Industries" for Friedrich,C.J., University of Chicago Press (1929).

{95} - WEISZFELD,E., "Sur le Point Pour Lequel la Somme des Distances de n Points Donnés est Minimum", Tôhoku Math. J. 43, 355-386 (1937).

{96} - WENDELL,R.E. e HURTER,A.P.,Jr., "Optimum Locations on a Nerwork",Transportation Science 7, 19-33 (1973).

{97} - WESOLOWSKY,G.O., "Rectangular Distance Location under the Minimax Optimality Criterion", Transportation Science 6, 103-113 (1972).

{98} - _____ e LOVE,R.F., "The Optimal Location of a New Facilities Using Rectangular Distances", Operations Research 19, 124-130 (1971).

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

EL USO DEL ALGORITMO DE UZAWA EN PROBLEMAS DE PROGRAMACION LINEAL

R. L. V. Gonzalez

Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería
Universidad Nacional de Rosario
Rosario, Argentina.

OBJETIVO DEL TRABAJO

Se muestra en este trabajo cómo es posible aplicar el algoritmo de Uzawa de cálculo de puntos silla, a la solución de problemas de programación lineal. Este método de solución presenta la ventaja de permitir la solución de problemas de grandes dimensiones en computadoras con memorias pequeñas y de ser fácilmente programable.

1. INTRODUCCION

El algoritmo de Uzawa es uno de los más conocidos para la solución del problema de determinación de puntos silla. En general, para transformar un problema de minimización en uno de búsqueda de un punto silla, se forma el Lagrangiano introduciendo multiplicadores con respecto a las restricciones; sin embargo, el algoritmo de Uzawa converge sólo cuando el problema de minimización original es coercivo, por lo que en nuestro problema de programación lineal procedemos previamente a transformarlo en un problema equivalente coercivo.

Esto lo realizamos de la siguiente forma: definimos una transformación $F:R^p \longrightarrow R^p$ cuyos únicos puntos fijos son las soluciones del problema de programación lineal y buscamos un puntofijo de F a través de la iteración $y_{n+1}=F(y_n)$. La transformación es la solución de un problema coercivo y lo resolvemos utilizando el algoritmo de Uzawa (previo agregado de los multiplicadores de Lagrange necesarios).

Probamos en este trabajo que la iteración $y_{n+1} = F(y_n)$ converge en un número finito de pasos. Sin embargo, como el algoritmo de Uzawa requiere en principio un número infinito de pasos, para obtener un algoritmo implementable (en el sentido de Polak (4)) construimos una diagonalización del algoritmo de Uzawa y el del punto fijo que resulta implementable y probamos su convergencia.

El algoritmo implementable así obtenido permite resolver problemas de grandes dimensiones en computadoras con memorias pequeñas ya que sólo es necesario tener registrados los elementos no nulos de la matriz que define el problema de programación lineal, las variables independientes x y los multiplicadores de Lagrange p. Además, tiene la ventaja de ser fácilmente programable (en un centenar de instrucciones Fortram) y al ser un algoritmo iterativo, corrige automáticamente los errores de redondeo acumulados al transcurrir el cálculo.

2. ELEMENTOS DEL PROBLEMA ORIGINAL

Se debe minimizar la función.

1) $J(x) = (c,x) \quad , \quad x \in R^\nu$
dentro del conjunto W.

2) $W = \{ x \in K \ / \ Ax + b \leq 0 \}$
$(\ .\ ,\ .\ )$ designa el producto escalar en R^ν,
A matriz $\mu \times \nu$
$K \subset R^\nu$ es un conjunto convexo de la forma siguiente:

3) $K = \prod_{i=1}^{\nu} [m_i, M_i] \qquad m_i, M_i \in \bar{R}$, pueden ser finitos o no.

Definimos el conjunto de soluciones óptimas:

4) $Y = \{ \bar{x} \in W \ / \ (c,\bar{x}) \leq (c,x) \quad \forall\, x \in W \}$
Supondremos en adelante que $Y \neq \emptyset$ y que

5) $\exists\, \overset{\circ}{x} \in K / \ (Ax+b)_i < 0 \quad \forall\, i = 1, \nu$

3. SOLUCION DEL PROBLEMA P_1 POR MEDIO DEL METODO DEL PUNTO FIJO

Definimos una transformacion de $R^\nu \longrightarrow W$ cuyos puntos fijos son los puntos de Y (y viceversa)

6) $F(x) = P_W(x - \frac{1}{\varepsilon} c)$

siendo P_W la proyección sobre W y $\varepsilon > 0$.
$F(x)$ es en consecuencia la única solución de los problemas equivalentes (7), (8) o la inecuación variacional (9):

P_2

7) $\min_{y \in W} (y - x + \frac{1}{\varepsilon} c \ , \ y - x + \frac{1}{\varepsilon} c)$

8) $\min_{y \in W} ((c,y) + \frac{\varepsilon}{2} (y-x, y-x))$

9) $(y - F(x) \ , \ F(x) - x + \frac{1}{\varepsilon} c) \geq 0 \qquad \forall\, y \in W$

Probaremos ahora que los puntos fijos de F pertenecen a Y y que además todos los puntos de Y son invariantes de la transfor

mación F. De esta forma el problema P_1 queda reducido a la búsqueda de los puntos fijos de F.

Proposición 1
Si $x = F(x)$, entonces $x \in Y$; asimismo, si $\bar{x} \in Y$ entonces $F(\bar{x}) = \bar{x}$.

Demostración:
Si $x = F(x)$, de (9) obtenemos:
$(y-x, c) \geq 0 \quad \forall\, y \in W$, luego $x \in Y$ en virtud de (4).

Si $\bar{x} \in Y$, entonces $(c,\bar{x}) \leq (c,y) \quad \forall\, y \in W$, por lo que la inecuación variacional (9) se satisface para $F(\bar{x}) = \bar{x}$.

Buscamos entonces las soluciones del problema P_1 o sea los puntos fijos de F utilizando el siguiente algoritmo iterativo A_1:

Paso 0: $m = 0$, $x_m \in R^{\nu}$

Paso 1: $x_{m+1} = F(x_m)$

Paso 2: Si es $x_{m+1} = x_m$ se finaliza el algoritmo; si $x_{m+1} \neq x_m$ se toma $m = m+1$ y se regresa al paso 1.

Este algoritmo tiene la propiedad de que encuentra los puntos de Y en un número finito de iteraciones.

Teorema 1

El algoritmo A_1 converge en un número finito de pasos a un punto de Y.

Demostración:

a) Comprobamos en primer lugar que la sucesión $\{x_m\}$ generada por el algoritmo es acotada. En efecto x_{m+1} satisface la inecuación variacional:

10) $(x_{m+1} - x_m + \frac{1}{\epsilon} c\ ,\ x - x_{m+1}) \geq 0 \quad \forall\, x \in W$

como además $\forall\, \bar{x} \in Y \quad (c\ ,\ \bar{x} - x_{m+1}) \leq 0$ obtenemos:

11) $(x_{m+1} - x_m\ ,\ \bar{x} - x_{m+1}) \geq 0 \quad \forall\, \bar{x} \in Y$, luego

$(x_{m+1} - \bar{x}\ ,\ \bar{x} - x_{m+1}) + (\bar{x} - x_m\ ,\ \bar{x} - x_{m+1}) \geq 0 \quad \forall\, \bar{x} \in Y$

por lo que Cauchy-Schwaitz se tiene:

$\| \bar{x} - x_m \| \cdot \| \bar{x} - x_{m+1} \| \geq \| x_{m+1} - \bar{x} \|^2$

o sea:

12) $\| x_{m+1} - \bar{x} \| \leq \| x_m - \bar{x} \| \quad \forall\, \bar{x} \in Y$

Luego por inducción resulta que $\{x_m\}$ es acotado ya que:

13) $\| x_m - \bar{x} \| \leq \| x_o - \bar{x} \| \quad \forall\, m \geq 1\ ,\ \forall\, \bar{x} \in Y$

b) Demostramos ahora que $\lim \|x_{m+1} - x_m\| = 0$ para $m \to \infty$
Por definición del problema equivalente (8) se cumple que:

14) $\frac{\varepsilon}{2} \|x_{m+1} - x_m\|^2 + (c, x_{m+1}) \leq (c, x_m)$

en consecuencia,

15) $(c, x_{m+1}) \leq (c, x_m)$ Esta sucesión, ademas de ser monótona, es acotada en virtud de que $\{x_m\}$ es acotada, por lo que será en consecuencia convergente.
De esta forma obtenemos de (14) que $\overline{\lim}_{m \to \infty} \|x_{m+1} - x_m\|^2 \leq 0$
lo que implica que:

16) $\lim_{m \to \infty} \|x_{m+1} - x_m\| = 0$

c) Demostramos ahora que los puntos de acumulación de $\{x_m\}$ pertenencen a Y.
Sea entonces $\bar{x}$ punto de acumulación de $\{x_m\}$ (existe al menos uno en virtud de que $\{x_m\}$ es acotada) y sea $\{x_{m'}\}$ una subsucesión convergente a $\bar{x}$. Tomando límite $m' \to \infty$ en (10) y considerando (16), obtenemos: $(c, x - \bar{x}) \geq 0 \quad \forall x \in W$
lo que implica que $\bar{x} \in Y$.

d) Mostramos finalmente que la sucesión $\{x_m\}$ alcanza el conjunto Y para un valor finito de m.
Como $\|x_m - \bar{x}\| \leq \|x_o - \bar{x}\| \quad \forall \bar{x} \in Y$, entonces:

17) $\|x_m\| \leq \|x_o\| + R \quad \forall m = 1, \ldots$; siendo $R = \min_{\bar{x} \in Y} \|x_o - \bar{x}\|$
Dado que $\|x\|_\infty = \max_{i=1,\nu} |x_i| \leq \|x\| = \left(\sum_{i=1}^{\nu} x_i^2 \right)^{1/2}$
entonces $x_m \in W' \quad \forall m \geq 1$, donde

$$W' = \left\{ x \in W / \|x\|_\infty \leq \|x_o\| + R \right\}$$

y x_{m+1} será entonces la solución de la inecuación

18) $(x_{m+1} - x_m, x - x_{m+1}) + \frac{1}{\varepsilon} (c, x - x_{m+1}) \geq 0 \quad \forall x \in W'$

Veremos que esto implica que a partir de un cierto índice, $x_{m+1} \in Y$.
En efecto, si designamos $\hat{x}_{m+1}$ la proyección de x_m sobre el conjunto Y, $\hat{x}_{m+1}$ es la solución de la inecuación variacional:

19) $(\hat{x}_{m+1} - x_m, x - \hat{x}_{m+1}) \geq 0 \quad \forall x \in Y$

Debemos demostrar que a partir de un cierto índice, es $\hat{x}_{m+1} = x_{m+1}$
Siendo W' un convexo acotado generado por un número finito de restricciones lineales, puede considerarse como la cápsula convexa del conjunto de sus puntos extremales $\{v_1, \ldots, v_r\}$
Sea $\bar{x}$ punto de acumulación de $\{x_m\}$ y $\{x_{m'}\}$ sucesión convergente a $\bar{x}$. Definimos:

$$I = \left\{ i / (c, v_i - \bar{x}) > 0 \right\} \qquad \delta = \min_{i \in I} (c, v_i - \bar{x})$$

Por definición de $\hat{x}_{m+1}$, tenemos:
$\|\hat{x}_{m+1} - x_m\| \leq \|\bar{x} - x_m\|$
Dado que $\lim_{m' \to \infty} \|\bar{x} - x_{m'}\| = 0$ entonces $\lim_{m' \to \infty} \|\hat{x}_{m'+1} - x_{m'}\| = 0$
y existirá en consecuencia
$m_1 / \forall m' \geq m_1$

20) $(\hat{x}_{m'+1} - x_{m'}, v_i - \hat{x}_{m'+1}) + \frac{1}{\varepsilon} (c, v_i - \hat{x}_{m'+1}) \geq \frac{\delta}{2\varepsilon} \quad \forall i \in I$

ya que como $\hat{x}_{m'+1} \in Y$, es $(c, \hat{x}_{m'+1}) = (c, \bar{x})$.

Si $v_i / i \notin I$ entonces

21) $(c, v_i - \hat{x}_{m'+1}) = (c, v_i - \bar{x})$ lo que implica que $v_i \in Y$, por lo que por (19) tendremos:

22) $(\hat{x}_{m'+1} - x_{m'}, v_i - \hat{x}_{m'+1}) \geq 0$

De (20), (21), (22) obtenemos que

23) $(\hat{x}_{m'+1} - x_{m'}, v_i - \hat{x}_{m'+1}) + 1/\varepsilon \ (c, v_i - \hat{x}_{m'+1}) \geq 0 \quad \forall\, i=1,\ldots,r$

La misma desigualdad valdrá para las combinaciones convexas de $v_1, \ldots, v_r$, o sea:

24) $(\hat{x}_{m'+1} - x_{m'}, x - \hat{x}_{m'+1}) + 1/\varepsilon \ (c, x - \hat{x}_{m'+1}) \geq 0 \quad \forall\, x \in W'$

Siendo ésta la inecuación variacional (18) cuya única solución es $x_{m'+1}$, concluímos que $\hat{x}_{m'+1} = x_{m'+1} \quad \forall\, m' \geq m_1$.

Considerando que $\hat{x}_{m+1} \in Y$ y que la transformación F tiene como puntos fijos los elementos de Y , obtenemos (llamando m'_1 al primer $m' \geq m_1$) $x_{m'_1+2} = F(x_{m'_1+1}) = x_{m'_1+1} \in Y$. Por inducción resulta $x_{m'_1+h} = x_{m'_1+1} \in Y \ \forall\, h=2,\ldots$ con lo que el teorema queda demostrado.

4. SOLUCION DEL PROBLEMA P_2 UTILIZANDO EL ALGORITMO DE UZAWA

Para caracterizar a la solución F(x) del problema P_2 , formamos el correspondiente Lagraniano introduciendo multiplicadores con respecto a las restricciones $Ax+b \leq 0$ es decir

25) $$\begin{cases} L(y,q) = \dfrac{\varepsilon}{2}(y-x, y-x) + (c,y) + (q, Ay+b) \\ y \in K \subset R^{\nu}, \ q \in \Lambda = (R^{+})^{\mu} \end{cases}$$

La solución F(x) del problema P_2 queda caracterizada de la siguiente forma:

Proposición 2:
Existe al menos un $p \in \Lambda$ tal que $(F(x), p)$ es un punto silla del Lagraniano $L(y,q)$ en el conjunto $K \times \Lambda$ es decir:

26) $L(F(x),q) \leq L(F(x),p) \leq L(y,p) \quad \forall\, y \in K, \ \forall\, q \in \Lambda$

Corolario 1
De (26) se observa que son válidas las siguientes propiedades:

27) $A.F(x) + b \leq 0$

28) $(p, A.F(x) + b) = 0$

29) $L(F(x),p) = \min_{y \in K} L(y,p)$

30) $\max_{q \in \Lambda} \min_{y \in K} L(y,q) = \min_{y \in K} \max_{q \in \Lambda} L(y,q) = \min_{y \in W} \left((c,y) + \dfrac{\varepsilon}{2}(y-x, y-x) \right) = L(F(x),p)$

La demostración de las propiedades (26) - (30) está esencialmente contenida en [1] , [2] , [7] .
Utilizamos ahora la equivalencia de los problemas

$\max_{q \in \Lambda} \min_{y \in K} L(y,q)$ y $\min_{y \in W} \left((c,y) + \dfrac{\varepsilon}{2}(y-x, y-x) \right)$ (P_2)

para solucionar este último resolviendo el primero por medio del método de Uzawa (ver [2]).
La función $S(q) = \min L(y,q) \quad y \in K$ se calcula muy fácilmente lo mismo que el único elemento (que en lo sucesivo llamaremos $y(q)$) que produce ese mínimo.
En efecto, como

31) $$L(y,q) = \frac{\varepsilon}{2}(y-x, y-x) + (c,y) + (q, Ay+b) =$$
$$= \frac{\varepsilon}{2}\left\| y-x+\frac{1}{\varepsilon}(c+A^*q)\right\|^2 + (c,x) + (q, Ax+b) - \frac{1}{2\varepsilon}\left\| c+A^*q\right\|^2$$

el $y(q)$ que minimiza esta función es

32) $$y(q) = P_K\left(x-\frac{1}{\varepsilon}(c+A^*q)\right)$$

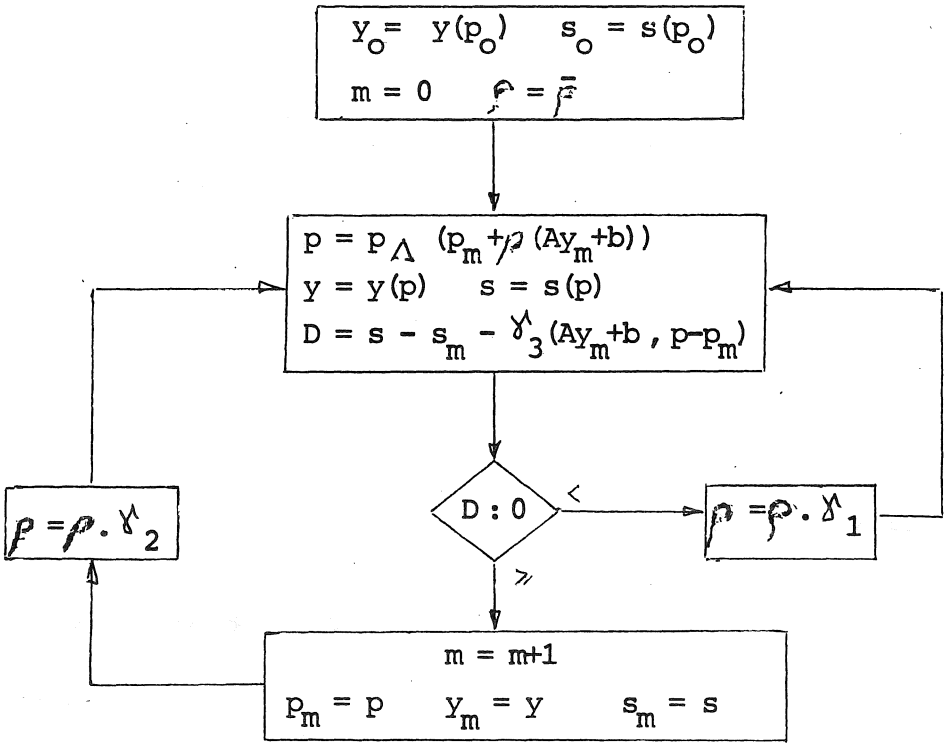
Teniendo en cuenta (3) se calcula en forma explícita las componentes de $y(q)$:

33) $$(y(q))_i = \max(\min(x_i - \frac{1}{\varepsilon}(c+A^*q)_i, M_i), m_i) \qquad i=1,\nu$$

Daremos ahora un esquema del algoritmo de Uzawa con el agregado de un procedimiento de cálculo automático del paso p . Los parámetros iniciales del algoritmo son:

34) $p_o \in \Lambda$, $\bar{\rho} > 0$, $\gamma_2 > 1$, $0 < \gamma_1 < 1$, $0 < \gamma_3 < 1$

Algoritmo A_2



Observamos que el algoritmo es el de Uzawa con paso ρ variable, donde para decidir si un paso ρ es aceptable se usa el test de Armijo (ver E. Polak [4]).

Con respecto a la convergencia de este algoritmo, se tiene el siguiente resultado, cuya demostración está esencialmente contenida en [2]

Teorema 2:
La sucesión de puntos y_m generada por el algoritmo converge a $F(x)$ solución del problema P_2. Además, $\{ p_m \}$ es acotado y todos sus puntos de acumulación $\bar{p}$ satisfacen: $(\bar{p}, A.F(x)+b) = 0$

Observación:
Es posible demostrar que el test de Armijo se satisface (en nuestro algoritmo A2) $\forall \rho \leq \tilde{\rho} = (1-\gamma_3) \in / (\|A\| . \|A^*\|)$.
En ejemplos de aplicación hemos comprobado, sin embargo, que este valor $\tilde{\rho}$ es muy pequeño y que si se usa una constante $\rho = \tilde{\rho}$ en todo el cálculo se obtiene una convergencia muy lenta. El método adaptativo mostrado (cálculo de ρ con el test de Armijo), mejora este aspecto y el ρ (variable) que utiliza realmente el algoritmo A_2 resulta (en problemas de 10 variables y 20 restricciones) superior en 10 a 100 veces $\tilde{\rho}$

5. DIAGONALIZACION DEL METODO DEL PUNTO FIJO Y EL ALGORITMO DE UZAWA.

Hemos visto que para solucionar el problema original de programación lineal P_1, debemos hacer un número finito de iteraciones del algoritmo del punto fijo, $(x_{m+1} = F(x_m))$; como para hallar cada x_m debemos resolver por el método de Uzawa en forma completa un problema dual (que en principio necesita un número infinito de iteraciones), la combinación directa de A_1 y A_2 no resulta implementable. Para hacerlo implementable, se debe "diagonalizar" la combinación A_1, A_2, es decir se debe dar una regla para "truncar" el proceso de cálculo de A_2 en cada iteración de A_1. Esto se realiza en el algoritmo que se muestra a continuación, donde se procede a truncar el proceso A_2 cada vez que:

35) $Ay + b \leq a_1(m)$

36) $(p, Ay+b) \geq - a_2(m)$

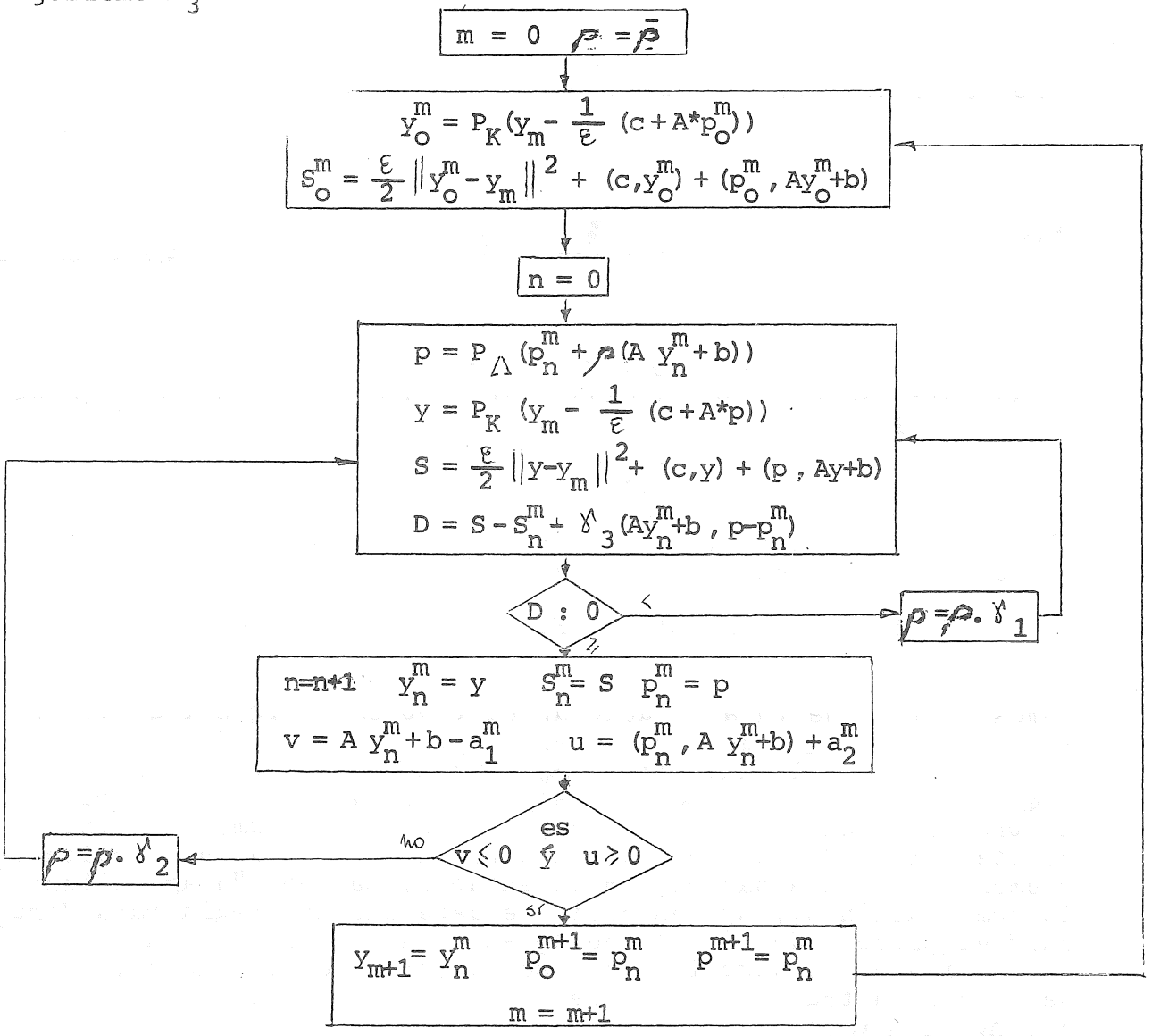
$a_1(m) \in (R^+)^\mu$, $a_2(m) \in R^+$ son sucesiones sumables, es decir $\sum_{m=1}^{\infty} (a_1(m))_i < +\infty \quad \forall\, i = 1, \mu$; $\sum_{m=1}^{\infty} a_2(m) < +\infty$

Esta condición de sumabilidad es la que permite demostrar la convergencia del algoritmo.

Los parámetros y datos iniciales del algoritmo son:

37) $\varepsilon > 0$, $\bar{\rho} > 0$, $0 < \gamma_1 < 1$, $\gamma_2 > 1$, $0 < \gamma_3 < 1$, $y_o \in R^\nu$, $p_o^o \in \Lambda$

Algoritmo A_3



Con respecto a la convergencia de este algoritmo A_3 tenemos el siguiente resultado:

Teorema 3:
El algoritmo genera una sucesión de puntos y_m cuyos puntos de acumulación $\bar{y} \in Y$, es decir son soluciones del problema de programación lineal original. Además, todos los puntos de acumulación $\bar{p}$ de $\{p^m\}$ satisfacen:

$(\bar{p}, A\bar{x} + b) \leq 0 \qquad \forall\, \bar{x} \in Y$

6. APLICACIONES

Se ha utilizado este algoritmo A_3 en la resolución de problemas de programación lineal que resultan de discretizar problemas de control óptimo contínuo. En particular se ha aplicado a un problema de tiempo de detención óptimo cuya discretización condujo a una programación lineal con 121 variables y 321 restricciones. Se programó el algoritmo A_3 en 120 instrucciones Fortran IV, (incluyendo instrucciones de entrada y salida), utilizándose los siguientes valores de los parámetros

$p_0 = 0$, $\varepsilon = 3$, $\gamma_1 = 0.3$, $\gamma_2 = 1.1$, $\gamma_3 = 0.1$

La sucesión $\{ a_1(m) , a_2(m) \}$ usada tiene la forma

$$\begin{cases} (a_1(m))_i = r^m & r = 0.75 \quad (i = 1, \mu) \\ a_2(m) = r^m \end{cases}$$

Se obtuvo la convergencia del algoritmo (invariancia de los cinco primeros dígitos) al cabo de 1.500 cálculos de p . En general, el test que toma en cuenta el valor D se satisface en una sola iteración, es decir sin necesidad de reducir el paso p y la convergencia se obtuvo al cabo de 6 iteraciones del último lazo de A_3.

BIBLIOGRAFIA

(1) J. Cea.- Optimisation, théorie et algorithmes. Dunod éd, Paris 1971.

(2) J. L. Lions, R. Glowinski, R. Tremoliers. Methodes numériques de resolution des problemes d'inequations variationnelles en mecanique et en phisique. Dunod, Paris 1973.

(3) R. Glowinski.- La methode de relaxation. Applications a la minimization avec et sans constraentes de fonctionnelles convexes. Quadermi dei Rendiconti - Ist. Mat Univ. Roma 1971.

(4) E. Polak. Computational methods in Optimization. Academic Press. 1971.

(5) J. L. Lions. G. Stampacchia. Variational inequalities. Comm. Pure Appl. Math. 20 (1967) 493-519

(6) R. Glowinki. Methodes iteratives duales pour la minimization de fonctionnelles convexes. Constructive aspects of Functional Analysis. Ed. Cremonese. Roma 1973.

(7) A. Bensoussan. Optimization in Hilbert space. Course at Singapur, May 1979.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

ANALISIS DEL ALGORITMO DE KHACHIYAN Y ESTUDIO DE SU IMPLEMENTACION EN COMPUTADORA USANDO LENGUAJE BASIC

Eleonora Poyard de Vincenti

Sector Computación y Cálculo
Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Buenos Aires - Argentina.

1. INTRODUCCION

A fines de 1979, a través de los medios de comunicación masiva de todo el mundo, surge la noticia de un nuevo método para la resolución de problemas de Programación Lineal que revoluciona al mundo de las Matemáticas. Su autor, el matemático ruso Leonid Khachiyan, se hace famoso de la noche a la mañana.

Cuál es el extraordinario logro de Khachiyan?

Las versiones de los distintos diarios y publicaciones son muy variadas e incluso contradictorias, lo cual presenta un desafío a todos los especialistas en el tema de Programación Lineal, abriendo las puertas a la investigación y a la experimentación. Es que, con el nuevo algoritmo, aumenta la esperanza de superar el mayor impedimento del uso del clásico método SIMPLEX. Nos referimos, por supuesto, a la imposibilidad de determinar -a priori- el tiempo aproximado que llevará resolver un problema dado aplicando el SIMPLEX, método que, por otra parte, no ofrece ninguna duda con respecto a su eficacia.

Es en este punto, precisamente, donde radica lo revolucionario del nuevo método: se conoce, desde el primer momento, una cota superior para el número de pasos necesarios para resolver un problema dado y se puede asegurar, sin ninguna duda, que si la cantidad de iteraciones supera este límí-

te sin encontrarse una solución, no existe ninguna solución para el problema. Llamando N a la cota superior mencionada, resulta $N = 16n^2L$, donde n es la cantidad de variables del problema y L está dado por

$$L = \left\lceil \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \log_2 (a_{ij} + 1) + \sum_{i=1}^{m} \log_2 (b_i + 1) + \log_2 n.m \right\rceil + 1$$

donde:

a_{ij} (i=1 m; j=1 n) son los coeficientes de la matriz de restricciones

b_i (i=1,m) son las coordenadas del vector de requerimientos y

m es la cantidad de inecuaciones del sistema de restricciones.

De esta manera, la cantidad de pasos necesarios para resolver un problema crece polinomialmente con el número de variables mientras que en el método SIMPLEX no se ha podido determinar aún cómo es el crecimiento aunque las únicas cotas superiores halladas (y comprobadas) hasta el momnto indican un crecimiento exponencial.

Estas asombrosas ventajas teóricas del método de Khachiyan encuentran su contrapartida en una (gran) desventaja en el orden práctico. Esta es el enorme nivel de precisión requerido para todos los cálculos: los valores involucrados en cada paso necesitan una precisión de 2^{-37nL}.

Como indican los números, a medida que el problema se hace más grande se reduce notablemente (respecto de otros métodos) el tiempo de resolución pero también se incrementa (exponencialmente) la precisión requerida por los cálculos.

2. ALGORITMO

Dado un sistema de m inecuaciones lineales con n incógnitas el algoritmo decide en primer lugar, si es consistente. Si no lo es la inconsistencia quedará probada si se producen $N=16n^2L$ iteraciones sin arrojar una solución, En caso contrario, el algoritmo encontrará un valor "x" que satisfaga las m inecuaciones en menos de N iteraciones.

Pára el caso de un problema de Programación Lineal de la forma:

$$\text{Maximizar} \quad Z = c^t.x$$

$$\text{sujeto a} \quad A.x \leq b \qquad (1)$$

$$\text{con} \quad x \geq 0$$

donde: $x, c \in \mathbb{R}^n$, $b \in \mathbb{R}^m$, $A \in \mathbb{R}^{mxn}$

y cuyo problema dual es:

$$\text{Minimizar} \quad Z = b^t.y$$

$$\text{sujeto a} \quad A^t y \geq c \qquad (2)$$

$$\text{con} \quad y \geq 0$$

donde: $y \in \mathbb{R}^m$,

el algoritmo encuentra simultáneamente una solución para (1) y una solución para (2), transformando ambos problemas en un solo problema de resolución de un sistema de 2(m+n+1) inecuaciones lineales con m+n incógnitas. Este sistema ampliado se construye de la siguiente forma:

Sean x una solución de (1) e y una solución de (2). Debe verificarse:

$$c^t x \leq (A^t y)^t x = y^t A x \leq y^t b = b^t y \Longrightarrow z \leq Z$$

Por lo tanto, cuando x e y son soluciones óptimas de (1) y (2) respectivamente, debe ser z = Z.

Es decir, se verifican simultáneamente las dos inecuaciones:

$$c^t x - b^t y \leq 0 \qquad y \qquad c^t x - b^t y \geq 0$$

Podemos agregar estas nuevas inecuaciones a las que ya teníamos obteniendo, como planteo general del problema a resolver:

Encontrar $x \in \mathbb{R}^n$, $y \in \mathbb{R}^m$ que verifiquen:

$$c^t x - b^t y \leq 0$$

$$-c^t x + b^t y \leq 0$$

$$Ax \leq b$$

$$-A^t y \leq -c$$

$$-I_{nx} \leq 0$$

$$-I_{my} \leq 0$$

Encarado de esta manera, la resolución de un problema de Programación Lineal (y su dual) se reduce a la resolución de un sistema de inecuaciones. Si este sistema ampliado resulta consistente, encontrar una solución significa haber encontrado soluciones óptimas para los problemas primal y dual respectivamente.

2.1. Concepto Geométrico

Desde el punto de vista geométrico, el algoritmo pretende generar incialmente un elipsoide n-dimensional de volumen suficientemente grande como para encerrar el conjunto de soluciones del sistema y luego desplazar el mencionado elipsoide achicándolo alrededor del conjunto en forma tal de lograr, en el último paso, el elipsoide de mínimo volumen que contenga al conjunto de soluciones.

Como elipsoide inicial se toma una esfera centrada en el origen de radio 2^L (en el inciso 4. se explica por qué esta esfera es "suficientemente" grande). Las soluciones intentadas serán, en todos los pasos, los centros de las correspondientes elipses. Por lo tanto, el primer intento de solución será el 0. Se mide entonces cuánto dista el 0 de ser una solución registrando el número i de la inecuación más "violada" del sistema por este intento de solución. Luego se traslada el centro del elipsoide en la dirección determinada por i y se construye un elipsoide de menor volumen que siga conteniendo al conjunto de soluciones.

Idealmente (en la práctica es imposible) se busca que el nuevo elipsoide sea tangente al anterior en algún punto. Al iterar estas construcciones deberá llegar un momento en que el

centro del elipsoide pertenezca al conjunto de soluciones y por consiguiente hayamos encontrado una solución explícita para nuestro problema. En el caso de un problema de Programación Lineal, la solución también será óptima.

Tal vez una de las características más importantes del algoritmo es que, después de $N = 16n^2L$ iteraciones hemos achicado el volumen a cero, con lo cual queda irrefutablemente comprobado que no existe un conjunto de soluciones y por lo tanto nuestro sistema es inconsistente.

Los requerimientos de volumen mínimo del elipsoide y tangencia con el inmediato anterior son factores demasiado exigentes con respecto a la precisión necesaria para los cálculos efectivos. A tal punto que, en la práctica, sería imposible lograr una solución.

Khachiyan intenta superar esta dificultad determinando volúmenes lo más grandes posible para las elipsoides pero tratando de no caer en tamaños desmedidos que impedirían achicarlos hacia el conjunto de soluciones con suficiente velocidad.

2.2 Descripción del algoritmo

En cada paso, correspondiente a la k-ésima iteración del algoritmo, se determinan:

x_k: el punto de $\mathbb{R}^n$ que se intenta como solución después de K iteraciones.

Q_k: una matriz simétrica definida positiva en $\mathbb{R}^{nxm}$ que representa un elipsoide E_k centrado en x_k, que contiene las soluciones del sistema, donde:

$$E_k = \left\{ y \in \mathbb{R}^n : y = x_k + Q_k \cdot z;\ z \in \mathbb{R}^n,\ \| Z \| \leq 1 \right\}$$

$\theta_k(x_k)$: mide cuánto dista x_k de ser una solución.

Θ_k: registra el mejor intento de solución logrado hasta el momento al ser igual al menor de los previos $\theta_k(x_k)$

Inicializamos, para k=0, de la siguiente forma:

$$x_o = 0$$

$$Q_o = 2^L x I_n$$

$$\Theta_o = \Theta_o(x_o) = \max_{1=i=m} (-b_i)$$

Esto equivale a tomar como primer intento de solución al 0, y como primer elipsoide a la esfera de radio 2^L centrada en el origen, la cual tiene suficiente volumen como para contener a todos los vértices del conjunto convexo de soluciones.

Una vez obtenidos los valores correspondientes al paso k, reemplazamos el x_k obtenido en el sistema de inecuaciones y, comparando con los respectivos coeficientes del vector de restricciones, calculamos la discrepancia actual:

$$\Theta_k(x_k) = \max (a_i^t . x_k - b_i)$$

Guardamos el valor i(k) que indica el número (1 i(k) m) de la inecuación que, especializada en x_k, más discrepa con ser una solución. Empezamos la k+1-ésima iteración calculando la discrepancia general:

$$\Theta_{k+1} = \min \left\{ \Theta_k, \Theta_k(x_k) \right\}$$

A continuación, lo que se pretende es trasladar el centro del elipsoide en la dirección i(k) y achicar el volumen del mismo tanto como se pueda sin dejar de encerrar al conjunto de soluciones.

Como paso previo, definimos:

$$F_k = -Q_k^t \times a_{i(k)}$$

$O(F_k)$: matriz ortogonal en $\mathbb{R}^{nxn}$ construida con el método de Gram-Schmidt con $\frac{F_k}{\|F_k\|}$ como primera columna

Λ_n: matriz diagonal en $\mathbb{R}^{nxm}$ cuyo vector diagonal es:

$$\left(\frac{n}{n+1}, \frac{n}{n^2-1}, \ldots\ldots, \frac{n}{n^2-1} \right)$$

El nuevo intento de solución y la elipse correspondiente se construyen ahora de la siguiente forma:

$$x_{k+1} = x_k + \frac{1}{n+1} \cdot \frac{Q_k \cdot F_k}{\|F_k\|}$$

$$Q_{k+1}=2^{1/8n^2}.Q_k.0(F_k).\wedge n$$

Se puede observar que el valor de la solución estimada X_k varía en una forma totalmente azarosa. Es, en realidad, el volumen del elipsoide (igual a det Q_k) lo que, al mantenerse suficientemente comprimido alrededor del conjunto de soluciones, asegura que se hallará una solución con suficiente velocidad.

El algoritmo finaliza si se produce una de las siguientes alternativas:

i) $\Theta_k(X_k) = 0$, en cuyo caso X_k es solución del sistema.

ii) el algoritmo ha ejecutado $N=16n^2L$ pasos sin que se verifique i). Si este es el caso se registra la discrepancia y el proceso termina con la conclusión de que el sistema es inconsistente.

3. SIMPLEX VERSUS KHACHIYAN

Dado un problema de Programación Lineal como el planteado por (1) en el inciso 2, el método SIMPLEX permite, como primera diferencia con el método de Khachiyan, que todos los coeficientes involucrados sean números reales sin ningún tipo de restricción, Khachiyan, en cambio, requiere que tanto los coeficientes de la matriz A como los del vector b, sean enteros. Esto no implica, en realidad, una pérdida de generalidad, ya que, en una computadora, cualquier número sólo se puede precisar hasta una cantidad fija de cifras decimales. De este modo, para los cálculos efectivos, siempre existe una potencia de diez apropiada tal que, multiplicando por ella a cada inecuación, podemos expresar todo el sistema con coeficientes enteros.

Otra aparente desventaja del algoritmo de K aplicado a resolver problemas de P.L. es que el algoritmo en si, cuya única función es la de resolver un sistema lineal de inecuaciones, requiere que todas las desigualdades de este sistema sean estrictas. Esto es necesario para que el conjunto de soluciones, si existe, sea abierto y por lo tanto tenga volumen positivo.

Sin embargo, se demuestra (ver [1] ó [2]) que el sistema $a_i x \leq b_i$ (i=1, m) tiene solución si y sólo si tiene solución el sistema $a_i x < b_i + 2^{-L}$ (i=1,m). Esta modificación del sistema de inecuaciones está considerada en el programa adjunto.

Continuando con el análisis del SIMPLEX, Dantzig demostró que si existe una solución óptima para (1), esta solución debe ser básica. Una solución básica es, geométricamente, un vértice del poliedro convexo determinado por las soluciones al sistema de restricciones. Numéricamente, una solución básica es aquella que tiene, a lo sumo, m coeficientes no nulos, donde m es la cantidad de inecuaciones del sistema. De esto se deduce que el número de soluciones básicas no puede superar $c = \binom{n}{m}$ que es la cantidad de formas de elegir m elementos de entre n.

Dantzig muestra cómo empezar desde una solución básica y luego moverse hacia otra mejor de tal forma que ninguna se repita. Por lo tanto, después de un número finito de iteraciones no superior a c, el proceso termina. Cuando lo hace, hemos encontrado una solución básica óptima. También puede detenerse el proceso cuando demuestra que el problema no es factible o la solución es ilimitada.

Se han realizado innumerables esfuerzos para demostrar que el método de Dantzig finaliza siempre después de una cantidad menor que c de iteraciones, pero no han dado resultado; por el contrario, se han generado problemas que requieren esta enorme cantidad de pasos para encontrar una solución.

Un número combinatorio se comporta esencialmente como 2^{nk} o e^{nk}, donde k es una constante. Por lo tanto, a medida que el número de variables, n, crece, la cantidad de iteraciones requeridas por el SIMPLEX será mucho mayor que la requerida por Khachiyan, que como vimos, crece polinomialmente con n (la cota superior era, en este caso, $N = 16\ n^2L$).

De esta manera, observamos que el SIMPLEX requiere, en principio, una cantidad de iteraciones que crece exponencialmente con el número de variables. Por otra parte, aunque la resolución del problema requiera menor cantidad de iteraciones, este número nunca se puede estimar debido al gran tamaño de la única cota superior conocida.

En cuanto a los cálculos efectivos, aunque el nivel de complejidad es parejo para ambos métodos, la gran precisión requerida por el agoritmo de Khachiyan hace que, en la práctica, el SIMPLEX siga siendo el método elegido hasta el momento.

4. PROGRAMA

En cuanto a la implementación del algoritmo, dejamos de lado, por el momento, el impedimento mayor que es la precisión requerida para hacerla.

Para transformar un problema de Programación Lineal en un problema de resolución de un sistema de inecuaciones lineales, hemos tenido que introducir la ecuación $c^t x - b^t y = 0$, descompuesta en las dos inecuaciones $c^t x - b^t y \quad 0$ y $-c^t x + b^t y \quad 0$.

Desde el punto de vista matemático, estamos considerando la intersección de dos semiespacios, es decir, exactamento el hiperplano determinado por la ecuación original. Pero, para los cálculos computacionales, debido a que los valores que se obtienen son precisos hasta cierta cantidad de cifras y nada más, es imposible calcular los puntos de la intersección sin caer en cierto margen de error que podría resultar significativo a medida que avanzan los cálculos.

Este problema se supera dando una tolerancia $\quad 0$ y aceptando que $c^t x$ y $b^t y$ serán iguales cuando difieran en menos de $\quad$. De este modo, reemplazando las dos inecuaciones mencionadas por $c^t x - b^t y \quad$ y $-c^t x + b^t y \quad$, lo que hemos hecho es rodear a $c^t x - b^t y = 0$ con un "tubo" de amplitud $\quad$ en la dirección perpendicular a x.

Resumiendo, para un problema de Programación Lineal, el sistema completo de inecuaciones que resulta es:

$$\begin{bmatrix} A & O_{mxm} \\ -I_n & O_{nxm} \\ O_{nxn} & -A^t \\ O_{mxn} & -I_m \\ c^t & -b^t \\ -c^t & b^t \end{bmatrix} \cdot z \leqslant \begin{bmatrix} b \\ O_{nx1} \\ -c \\ O_{mx1} \\ \varepsilon \\ \varepsilon \end{bmatrix}$$

donde hemos notado con z al vector (x,y) de $\quad^{n+m}$

Ahora debemos recurrir al algoritmo para decidir sobre la consistencia de un sistema de inecuaciones lineales y encontrar una solución, si existe. Nos encontramos entonces, en el paso inicial, con la necesidad de determinar una región que abarque todas las soluciones de dicho sistema.

Las soluciones, si existen, determinan un poliedro convexo cuyos vértices son las intersecciones de los hiperplanos que resultan de transformar en ecuaciones a las inecuaciones del sistema. El problema consiste, entonces, en estimar la distancia del origen al vértice más alejado.

Para no complicar la notación consideramos a nuestro sistema como $Ax \leqslant b$ con $A \in \mathbb{R}^{mxn}$ y $b \in \mathbb{R}^m$, ambos con coeficientes enteros. Sin pérdidas de generalidad, podemos suponer $m \geqslant n$ pues, de lo contrario, se pueden agregar inecuaciones trivia-

les sin alterar la solución.

En estas condiciones, podemos aplicar la regla de Cramer para determinar todos los vértices. Para cada subconjunto de n ecuaciones del sistema Ax=b, los vértices serán

$$X_i = \frac{D_i}{D} \quad (i=1,n)$$

donde D es el determinante de la matriz de coeficientes y D_i es el determinante de la matriz obtenida con los mismos coeficientes pero reemplazando la i-ésima columna por b. Como trabajamos con coeficientes enteros, si $D \neq 0$, debe ser $|x_i| \leq |D_i|$ siendo $|x_i|$ la distancia del origen al vértice x_i. Por la desigualdad de Hadamard, $|D_i|$ es menor o igual que el producto de las normas de las columnas de la matriz en cuestión.

Esto explica por qué Khachiyan tomó 2^L como radio de la esfera inicial, ya que este valor es mayor que el producto de los valores absolutos de todos los coeficientes del sistema. Observamos, por otra parte, que no hace falta considerar un valor tan grande. En el programa cuyo listado está incluido en el presente trabajo, está contemplada la alternativa de elegir L de tal forma que cumpla con la condición requerida de que la esfera inicial contenga al conjunto de soluciones, pero que lo haga sin otro margen que el impuesto por la desigualdad de Hadamard. No obstante haber obtenido de esta forma un valor considerablemente menor para L, la precisión requerida (2^{-37nL}) ha variado sólo en forma despreciable.

4.1 Ventajas y desventajas del método de Khachiyan

A partir de lo expuesto, podemos plantear, como conclusión, que el método de Khachiyan cuenta con:

- Una asombrosa ventaja a nivel teórico por cuanto se puede determinar, desde el momento en que se conoce el problema, un límite superior del número de pasos necesario para alcanzar una solución (o, de lo contrario, decidir que tal solución no existe). A esto se suma, además, que este límite superior crece polinomialmente (y no exponencialmente) con el número de variables del problema. Esto nos permite vislumbrar la posibilidad de resolver en un tiempo razonable, problemas de dimensiones hasta ahora inconsiderables por el tiempo que demandaría su resolución.

- Una enorme desventaja en el orden práctico debida a que la precisión requerida en los cálculos para alcanzar dicho límite es de una magnitud tal, que casi la totalidad de las computadoras usadas hasta el momento

no logran alcanzarla. Si con el tiempo se logra disminuir esta exigencia del algoritmo, no cabe duda que el método de Khachiyan reemplazará definitivamente al clásico método de Dantzig.

REFFRENCIAS

1. P. GACS and L. LOVASZ, "Khachiyan s Algorithm for Linear Programming", Technical Report STAN-CS-79-750, Computer Science Department, Stanford University, 1979.

2. B. ASPVALL and R. F. STONE, (1979), Khachiyan's linear programming algorithm. Report CS 776, Computer Science Department, Stanford University.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

TEORIA DE INTEGRACION REGIONAL Y OPTIMIZACION MEDIANTE EL USO DE COMPUTADORES

Alfredo Manuel Illescas Castillo

Corporación Financiera de Desarrollo
Universidad Nacional de Ingeniería
Perú

INTRODUCCION

El análisis sistemático de la economía lleva a desagregar la economía en sectores y en regiones. El tratamiento cual logra así fotografiar de manera más coherente. Por un lado el aspecto rural, que con la actividad agropecuaria sirve de apoyo a los demás sectores y que engloban una población de menor grado cultural y que al parecer tiende a dismunuir en una migración hacia las zonas urbanas.

la subregión urbana es necesario que sea trabajada en un modelo de insumo producto mas acorde a la forma de manejo economico moderno.

El objetivo de este enfoque es la localización de la inversión y determinación a sus rasgos como una herramienta efectiva de planeamiento hacia el desarrollo acorde no con el vertilismo dictatorial sino con la estructura del mercado.

Es así como recoge por un lado el estilo de modelación regional de la dinámica de sistemas con sus 2 grandes centros: Argentina, con la experimentación numérica y USA con la dinámica de sistemas. De otro lado el tratamiento matemático responde a la teoría del control recogiendo la estructura de modelación matemática de la clasificación sectorial.

RELACIONES DEL MODELO

1. SUB REGION RURAL

La renta rural es igual a la productividad de la tierra (variable manejable) por la cantidad de tierras (variable estructural, posible de manejar vía gran des proyectos).

$$Y_R = Q \cdot T \qquad (1)$$

Y_R - Renta rural
Q - Productividad de la tierra
T - Cantidad disponible de tierras

La productiv idad de la tierra es un factor tecnológico de la forma:

$$Q = Q_o (1+\beta)^t \qquad (2)$$

Q - Productividad de la tierra
β - Tasa multiplicador de la tecnología

La cantidad disponible de tierras es :

$$T = T_o + \Delta T \qquad (3)$$

T - Tierras disponibles
T_o - Cantidad de tierras en un período inicial
ΔT - Incremento de tierras

(EQUILIBRIO DE RENTAS RURAL URBANA)

La renta total de la región es igual a las rentas urbanas y rurales así:

$$Y_D = Y_R + Y_U \qquad (4)$$

Y_D - Renta total disponible
Y_R - Renta rural
Y_U - Renta urbana

(POBLACION RURAL)

La población tiene un crecimiento que se explica por un modelo mediante - una suposición del tipo exponencial:

$$P_R = P_{R_o} [\exp (e't)] \qquad (5)$$

(5)

P_R - Población rural
P_{R^o} - Población rural inicial
e' - Elasticidad población rural

(EQUILIBRIO POBLACIONAL DE LA REGION)

La población total de la región la ajustamos mejor mediante una ecuación diferencial del tipo Verhul-Pearl

(6)

$$dP/dt = KP(C-P)$$

cuya solución es:

$$P_T = C \Big/ \left(1 + b \exp(-cKt)\right)$$

P - Población de la región
b -
C - Máximo posible permitido por la región
K - entropía de la región

$$K = -\frac{\ln\left((c-N1)/(bN1)\right)}{C} \quad (7)$$

$$P_U = P_T - P_R \quad (8)$$

(DEMANDA AGRARIA)

La demanda agraria percápita queda planteada como una relación exponencial de la renta percápita:

$$D_{pc} = A\,(Y_{pc})^{r} \quad (9)$$

D_{pc} - Demanda percápita
Y_{pc} - renta rural percápita

Si la demanda crece a una tasa y la población con una tasa e' podemos poner la ecuación 9 en función de sus valores iniciales y hallar $\bar{u}$

na tasa propia de crecimiento para la demanda:

$$\frac{(1+\pi)^t D_{R^o}}{(1+\epsilon')^t P_{R_o}} = A \left[\frac{Y_{R_o}(1+\alpha)^t}{P_{R_o}(1+\epsilon')^t} \right]^{\gamma} \qquad (10)$$

como a través del tiempo los comportamientos son:

$D_{R^o} = Y_{R^o}$

$D_{R_t} = Y_{R_t}$ esto nos hace igualar y:

$$D_{R_t} = A' D_{R_o} \left[(1+\alpha)^{t\gamma} (1+\epsilon)^{t(1-\gamma)} \right]$$

$$A' = A P_o^{1-\gamma}$$

(11)

(POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA)

La población economicamente activa de la región es:

$$L_t = Lr_t - Lu_t \qquad (12)$$

L_t - Población total de PEA de la región
Lr_t - Población rural de la región (PEA)
Lu_t - Población urbana de la región

La relación de la población total y el PEA es:

$$L_t = \lambda P_t \qquad (13)$$

λ - Tasa de participación

La variable de manejo de relación ingresos agrícolas con ingresos urbanos es la siguiente :

$$\rho = \frac{Yr/Lr}{Yu/Lu} \qquad (14)$$

El estudio de la población economicamente activa PEA en un período t está definida como el crecimiento natural del PEA menos la migración que se produce hacia las regiones urbanas:

$$L_{r_t} = (1+\mu) L_{r_0} - M_L \qquad (15)$$

$$L_{u_t} = L_t - L_{r_t} \qquad (15')$$

La migración total es la migración PEA entre el factor de participa - ción:

$$M_T = M_{PEA} / \lambda \qquad (16)$$

La migración del PEA corresponde a un factora de la diferencia de las rentas percápita entre las regiones sobre la distancia por un factor de proporcionalidad que recoge los incentivos de tipo cultural, espectati - vas, etc. (*)

$$M_{PEA} = \left[\frac{Y_{upc} - Y_{rpc}}{d} \right] C \qquad (17)$$

(SECTOR URBANO)

La producción de la región urbana está dividida en sectores, y ella es obtenida de los activos fijos por medio de los coeficientes de producti vidad de los activos fijos:

$$x_i(t) = K_i(t)\, S_i(t) \qquad (18)$$

$x_i(t)$- producción total del sector i en el año t
$K_i(t)$- tasa de producción total del activo fijo en el sector i para el período t
$S_i(t)$- stock del activo fijo en el período t.

$$X_u(t) = \sum_{i=1}^{N} x_i \qquad (19)$$

La producción total de los sectores es la suma de las producciones sec toriales.

Puesto que cada sector produce bienes de inversión a una cierta tasa de producción, esta tasa es usada para aumentar la inversión bruta en

el año t. El Balance oferta-inversión es:

$$\sum_{i=1}^{N} \Omega_i x_i (t-\theta) = I^B(t) + B1(t) \qquad (20)$$

Ω_i - tasa de bienes producidos para inversión con el propósito de producción total.

$x_i(t-\theta)$ - producción sectorial producida en un tiempo de madiración θ

$B1(t)$ - comercio externo o balance de bienes de inversión en el período t.

$I^B(t)$ - inversión bruta en el período t.

La inversión total en el nivel de la economía nacional puede ser formado como la suma de las inversiones de los factores. Consideramos dos factores separables:

$$I^B(t) = \sum_{i=1}^{N} \left(I^D(t) - I^N(t) \right) \qquad (21)$$

$I^D(t)$ - Inversión de sustitución depreciación de activos fijos en el período t.

$I^N(t)$ - Inversión neta en el período t.

Por las especificaciones anteriores la inversión fija depreciada puede ser ligado al activo fijo en el último año.

$$I^D(t) = \delta_i \, S_i(t-1) \qquad (22)$$

δ_i - tasa de depreciación del sector i

$S_i(t-1)$ - activo fijo en el período anterior

La inversión neta en cada año es igual al aumento en los activos fijos en t-1 al año t.

$$I_i^N(t) = \Delta S_i(t) = S_i(t) - S_i(t-1) \qquad (23)$$

BALANCE DE BIENES INTERMEDIOS

El trabajo con los bienes intermedios tiene como instrumento la PEA a través de la productividad de la fuerza de trabajo, cantidad del pea y el cambio intersectorial:

$$\sum_{i=1}^{N} \eta_i \; S_i(t) \; K_i(t) = \sum m_i \; K_i(t) + S_i(t) + B_2 \quad (24)$$

η_i - tasa de producción de productos intermedios.
m_i - tasa de insumos de productos intermedios para la producción del sector i.
B_2 - Balanza comercial externa de productos intermedios

El ingreso urbano se define como la suma de todas la s relaciones que sujetan la producción industrial:

$$Y_u = SSE + PTG + DIV - IMP \quad (25)$$

Y_u - Ingreso urbano de la región en el período t.
SSE - Sueldos y salarios de particulares.
SSG - Sueldos y salarios del gobierno.
DIV - Dividendos
IMP - Impuestos

$$IMP = (INIMP)(SSE + SSG + DIV) \quad (26)$$

INIMP - Indice del impuesto personal.

Para la función de demanda suponemos un comportamiento tal como se expresa en el gráfico No.4 en el que los ejes son: la absisa es la densidad de los demandantes que está dado por el número de bienes requeridos en el período anterior/el número de familias de la región. El eje Y es el coeficiente de la demanda urbana y rural.

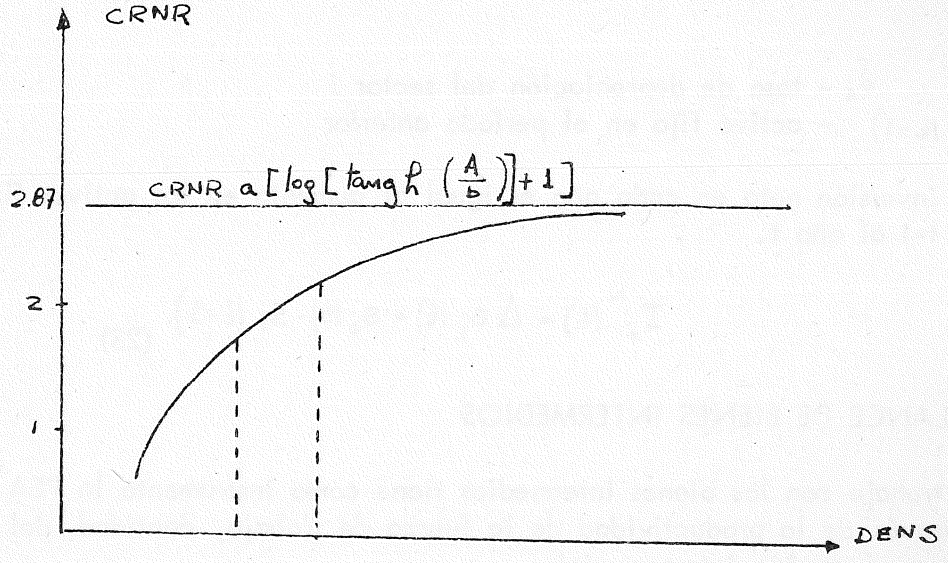


GRAFICO N° 1 FUNCION DE DEMANDA

$$UDTVB_i = MAX\left[a\left[\log_{10}\left[\tanh\left(\frac{\alpha Y_u + b' Pm_t + \gamma'(PB_i + CRED_i)}{b}\right)\right]+1\right], QDP\right]$$

(27)

Y_u - Demanda en términos de valor para los bienes tipo i en el perído t urbana.
Pm - Renta urbana
$P_{\bar{m}}$ - Precio medio en el sector
PB - Préstamo bancarias
$CRED$ - créditos a las familias
QDP - Quantum de demanda potencial

El precio medio lo vamos a suponer con una distribución normas del tipo :

$$Pm_t = \left(1/\sqrt{2\pi}\,\sigma\right) exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}\left(P_{t-1}\right)^2\right] + P_{t-1} \qquad (28)$$

VARIABLE DE CONTROL

La distribución de las inversiones determina la tasa de crecimiento de los sectores. El uso de ésta variable hace posible el control del desarrollo y de la economía.

$$u_i = \Delta S_i(t) / \Sigma \Delta S_i(t)$$
$$u \in U \qquad U = \left\{ u_i / \Sigma u_i = 1 ; u_i \geq 0 \right\} \qquad (29)$$

ANALISIS POR NIVELES

Vista las relaciones de producción, comportamiento poblacional y mecanismos de desarrollo podemos definir la función objetivo en un nivel superior, que será el consumo a nivel nacional integrando las relaciones regionales. El consumo estará definido como la sumatoria en las regiones de los sectores de producción. Por ello contemplará una tasa de consumo de bienes del total de la producción en la región i por la producción sectorial definida en la ecuación número 18 mas la balanza comercial externa entre regiones y el extranjero de los bienes de consumo dado un horizonte de tiempo

$$max\, C = \sum_{t=1}^{T}\left(\sum_{i=1}^{n} \gamma' K_i(t) S_i(t) + B_3\right) \qquad (30)$$

C - Consumo de bienes finales
γ'_i - tasa de consumo de bienes del total de la producción de la región i en el período t.
$B3$ - balanza comercial externa (entre regiones y el extranjero de bienes de consumo finales e interme-

dios para la producción
T - horizonte de tiempo

SOLUCION POR NIVELES.

Vayamos ahora a la solución del modelo de control usando un sistema multinivel con la propiedad de distribución probabilística. La figura No.7 nos dá la estructura jerárquica de lo observado.

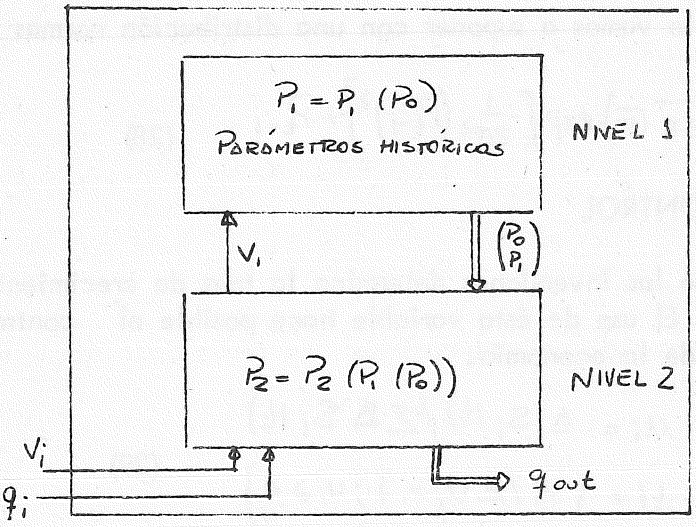


Fig.2 Esquema Jerárquico

El sistema de ecuaciones de manera general será:

$$\dot{x} = f(x, v_2(k), v_3, q(in), P_1(k), P_2, \alpha)$$
$$q_{out} = q(x, q(in), P_1(k), P_2, \alpha)$$
$$Y = q(x, q(in), P1(k), P_2, \alpha)$$

En el primer nivel las variables de control están sujetas o gobernadas por los parámetros de estado independientes que son el comportamiento histórico como entrada al modelo, esto es los P1 dependen directamente de los recursos Po.

$$P1(k) = P1(P_0(k))$$

El segundo nivel consiste en un sistema gobernado por los valores del nivel anterior:

$$P2(k) = P2(c, P1(k))$$

El tercer nivel (gubernamental) tiene el control de la estructura en su conjunto:

$$P3(k) = P3(c_1, P2, P1)$$

Y el sistema completo puede ser reescrito:

$$\dot{x}_3 = f3(x_3 | t), r(x2 | t)), u(t), t)$$
$$\dot{x}_2 = f2(x_2 | t), V | t), t)$$
$$\dot{x}_1 = f1(x1 | t) \in X0), u | t) \in U)$$

OPTIMIZACION

Estamos en un sistema de control de flujo con leyes de control realimentario como problema no lineal

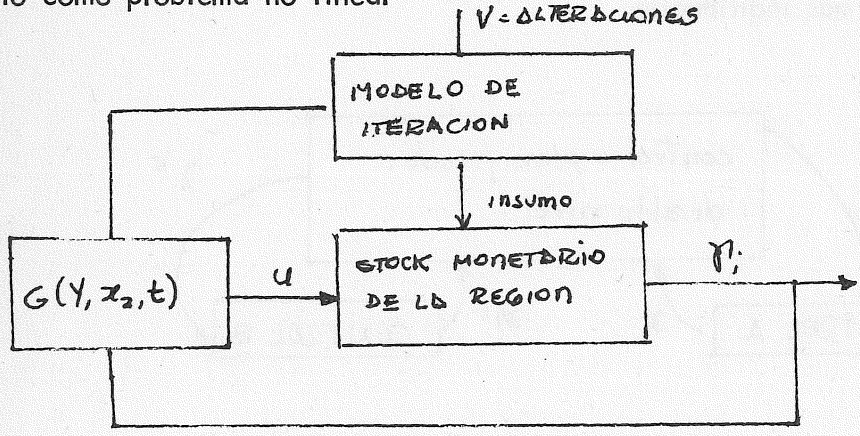


Fig. No. 3 Control Regional

Si B_{ki} es una matriz de interacción, de recursos por los M grupos: La representación matemática será:

$$\text{Max } f_i(X_i, U_i, m_i, X_i)$$

sujeta a

$$\left.\begin{aligned} & g_i(X_i, U_i, m_i, X_i \alpha_i) \leq 0 \\ & r_i = H_i(X_i, U_i, m_i, X_i) \\ & X_i = \sum_{J=1}^{N} C_{ij} r_j \end{aligned}\right\} \; j = 1, \ldots, N \text{ RECURSOS}$$

$$\text{Max} \sum_{p=1}^{M} \rho^k (x^k, v^k, m^k, \alpha^g)$$

$$\text{s.a.} \quad g_k (x^k, v^k, m^k, \alpha^k) \leq 0$$

$$y^k = H^k (x^k, v^k, m^i, \alpha^k)$$

$$x^k = \sum_{j=1}^{M} c^{kj} y^k$$

donde:

α - vector de parámetros relevantes de los subsistemas

m_i - es un vector de variable manipulables, es decir variables de decisión

c_{ij} - son matrices de interacción entre los subsistemas

y - vector de salidas de los subsistemas.

v - vector de entradas o insumos (no manipulables) a los subsistemas

f_i, ρ^k - representaciones de criterios de eficiencia o de comportamiento

g - restricciones de operación de los subsistemas.

h - son funciones de transferencia entreda-salida para los subsistemas indifiduales

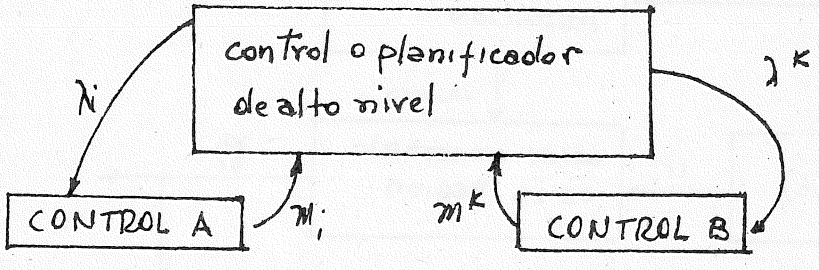


Fig. 4 Optimización
Estrategia General

CONCLUSIONES

1.- Los resultados obtenidos en una computadora IBM 360/406 fueron ajustados para datos de soles 1964 mostrando un buen ajuste con una media del error del 7%, probándose diversas políticas de desarrollo para la economía peruana. Un resúmen breve de los resultados nos arroja para:

   a. Demanda-una baja elasticidad de ingreso para los productos rurales - que tiende a hacer disminuir la producción al aumentar el ingreso per cápita urbano. La recomendación es un incremento en la inversión - óptima de 200% para el sector rural.

   b. Oferta.- La oferta del sector urbano puede expandirse al reactivar el mercado, descentralizando la economía por medio de un eficiente y - racional sistema de infraestructura en el transporte.

2.- La comparación entre políticas "puras" : Neokeynesianas y Neoclásicas - dá un 20% de ventaja en monto de crecimiento para las políticas neoclásicas indicándonos que la estructura del mercado es más adaptable a esta política; pero una buena combinación de ambas acelera el proceso de - crecimiento para las clases más pobres en un periodo de 10 años, pues - dado que los programas rurales puros dan 79.4% y los programas urbanos puros dan 34.6%, una combinación entre ambas que sea orgánica y de - saneamiento dió un 67.7% que nos parece una política óptima entre las posibilidades disponibles.

BIBLIOGRAFIA

1. Jan Tinbergen. Ensayos de Teoría Económica. Colección Ciencias Sociales N°42. Editorial Tecnos S.A. Madrid 1965.

2. Alan Hourie, Michael P. Polis y Pierre Yanseuni. On the optimal control on an infinite planning of consumption, pollution, population and natural resource. 5 th Conference on optimization techinique s. Springer Verlang. 1973.

3. Ramon Tamames. La polémica sobre los límites del crecimiento. Alianza Editorial. Madrid 1974.

4. Jay W. Forrester. World Dinamics. Wright-Allen Press Cambridge-Massa - chussets. 1971.

5. Robert Pindic. Optimal Planning for economic stabilization. The aplica - tion control theory to stabilization policy. North Holland American Elsevier. Amsterdam 1975. Segunda Edición.

6. Bernardo Nicoletti y Luigi Moriani. Problems of optimal economic invest ment with finite lifetime capital. 5th. Conference on optimization techniques. Springer Verlang 1973.

7. Jan Tinbergen y C. Boss . Modelos matemáticos de crecimiento económi co. Editorial Aguilar . Madrid 1960.

8. ILPES -ILDES . Planificación regional y urbano para América Latina. Siglo XXI. Editores y editorial universitaria S.A. Santiago de Chile.

9. I. Liguetti. An optimal growth for the Hung arian National Economy . 5th. Conference on Optimation Techniques. Springer Verlang 1973.

10. Lê - Chaû . Investigación básica socioeconómica. Una metodología didác tica. Editorial Horizonte. Lima, 1976.

11. A. Illescas C, Sistemas de Modelación y Control Optimo de la Economía Peruana . Tesis de Grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima-Perú 1979.

12. Oscar Varsavsky . Modelos matemáticos para América Latina. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 1971.

Anales PANEL'81/12 JAIIO
Sociedad Argentina de informática
e Investigación Operativa. Buenos Aires, 1981

ALGORITMOS LINEALES PARA TESTEAR CONEXION, BICONEXION Y PLANARIDAD DE GRAFOS

Gustavo Rossi (*)

Centro de Técnicas Analógico-Digitales
Facultad de Ingeniería, Univ. Nac. de la Plata
La Plata, Argentina

INTRODUCCION:

Son bastantes conocidas las relaciones entre la teoría de grafos y otras disciplinas (la Química y la Electrónica entre otras) y la importancia que tiene en los problemas reales decidir si un grafo dado es planar o sea si es posible una representación gráfica del mismo en el plano sin cruces entre aristas, y encontrar dicha representación.

Este problema cobra fundamental importancia en el diseño de circuitos electrónicos impresos y máscaras de híbridos e integrados, puesto que representa un notable ahorro al no necesitar una doble faz de aluminizado en circuitos relativamente sencillos (ver Ref. 3). De la misma manera es importante decidir si un grafo es conexo o biconexo.(Para mayores detalles respecto a estas definiciones ver la sección siguiente).

Estos problemas justifican ampliamente la búsqueda de métodos para el testeo de planaridad, conexión y biconexión entre otros, y más aún justifican el empleo de métodos eficientes en lo que a tiempo de cómputo se refiere, puesto que en las aplicaciones reales los grafos a ser analizados son en general de gran magnitud en número de vértices y aristas.

El análisis que se presenta a continuación ha sido realizado en el Centro de Técnicas Analógico-Digitales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, como base de un conjunto de programas de ayuda al diseño automático de circuitos y componentes electrónicos.

(*) Trabajo realizado bajo la dirección del Ing. Antonio A. Quijano.

El autor agradece la colaboración del Sr. Carlos Meza.

BREVE DESCRIPCION DE LOS ALGORITMOS USADOS:

Por razones de claridad se presenta un análisis separado de la resolución de los tres problemas planteados (conexión, biconexión y planaridad) ordenados por grado de complejidad.

Para mayor conprensión de ciertos tópicos teóricos, ver definiciones en el Apéndice 2.

a) Testeo de Conexión:

Se dice que un grafo G es conexo si para todo par de vértices x e y de G existe un camino de x a y.

Para resolver este problema se ha utilizado una técnica de búsqueda que consiste en renumerar los vértices del grafo según la siguiente regla: el vértice 1 recibe el número 1; dado un vértice numerado como I se numera como I+1 al primer vértice adyacente a él, aún no numerado y de no existir tal vértice se procede igual con el vértice I-1.

Es sencillo ver que si un grafo es conexo, todos sus vértices son numerados durante el proceso, mientras que si G es no conexo existe al menos un vértice x tal que x no será numerado en la búsqueda.

Se podrá ver a continuación como esta técnica sumamente sencilla permite simplificar la resolución del testeo de biconexión de un grafo.

b) Testeo de Biconexión:

Se dice que un grafo G es biconexo si al eliminar un vértice cualquiera x de G, y todas las aristas que inciden él, se obtiene un subgrafo de G conexo o equivalentemente, si dados 3 vértices cualesquiera, v, w, z existe un camino de v a w que no contiene a z. Si para alguna terna v,w,z, de vértices, todo camino de v a w contiene a z, z se denomina punto de articulación. Esta última definición permite dar la siguiente caracterización: Un grafo es biconexo sí y sólo sí no contiene puntos de articulación.

Es evidente que este problema tiene una solución trivial aplicando el algoritmo de conexión, descripto en la sección anterior, a cada uno de los subgrafos de G obtenidos eliminando uno a uno todos los vértices del grafo. Sin embargo esta solución dista en mucho de ser la óptima, lo que podrá apreciarse claramente al presentarse el análisis estadístico de estos métodos.

Para analizar la biconexión de un grafo se ha utilizado un método propuesto por Tarjan (Ref. 1) basado en la técnica de búsqueda explicada en la sección anterior y que consiste en convertir el grafo G en un grafo orientado compuesto por un árbol generador T y un conjunto de aristas llama-

das frondas; definiendo durante el proceso de numeración una función(LOWPT(v)) de los vértices, que se obtiene intuitivamente de la siguiente manera: LOWPT(v)es el menor de los vértices que se pueden obtener siguiendo un camino en T con inicio en v, teniendo como última arista una fronda.

Esta función permite aplicar muy fácilmente la caracterización de grafo biconexo dada anteriormente,basándose en la siguiente propiedad: Si la arista $(a,v) \in T$ y $LOWPT(v) \geq a$,entonces a es un punto de articulación.

(Para una definición más rigurosa de la función LOWPT ver referencia 1).

c) Testeo de Planaridad:

Se dijo en la INTRODUCCION que un grafo es planar si es posible encontrar una representación en el plano tal que no existan cruces entre aristas.

Para resolver este problema existen dos corrientes perfectamente definidas: la analítica, que basa su análisis en un criterio de Kuratowsky, y la constructiva que busca encontrar una representación plana del grafo.En esta corriente se encuentran los métodos propuestos por Demoucron, Malgrange y Pertuiset (ver Ref. 2 y 3), y Hopcroft y Tarjan (ver Ref. 4) El análisis que se presenta en este trabajo se basa en la implementación realizada del algoritmo propuesto por Hopcroft y Tarjan, aplicable a grafos biconexos, y que básicamente se puede resumir en los siguientes pasos:

1) Numeración de los vértices mediante la técnica de búsqueda explicada anteriormente y definición de dos funciones de los vértices (LOWPT y LOWPT2).

2) Reordenamiento de las listas de adyacencia.

3) Búsqueda de caminos en el grafo con las nuevas listas de adyacencia.

4) Trazado de los caminos en el plano.

Cuando el paso 4) finaliza exitosamente se ha encontrado la representación plana del grafo, en caso contrario el grafo es no planar.

La implementación de los pasos 3) y 4) (con varias diferencias respecto al método propuesto por Hopcroft y Tarjan) hace que el algoritmo de testeo sea sumamente eficiente en tiempo de C.P.U., sobre todo para grafos de gran magnitud.

ANALISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS METODOS PRESENTADOS:

En todo problema relacionado con la teoría de grafos la eficiencia de un algoritmo se mide com la relación entre el tiem

po de cómputo y el número de vértices y aristas.

Los algoritmos presentados en este trabajo tienen una cota lineal respecto al tiempo de cómputo; para ser más precisos existen constantes A,B y C tal que $T \leq AN + BM + C$, para cualquier grafo con N vértices y M aristas, lo que para este tipo de problemas representa el máximo grado de eficiencia posible. (De aquí en más T representará el tiempo en segundos).

Para realizar este análisis se han implementado diversas rutinas de construcción de grafos, las que fueron utilizadas posteriormente como datos para los programas de inspección de conexión, biconexión y planaridad. (Una descripción completa de estos programas se presenta en el Apéndice 1).

Nuevamente, para mayor cohesión, es conveniente analizar los resultados obtenidos en la resolución de cada uno de los probelmas por separado: (Los algoritmos aquí descriptos han sido implementados en lenguaje PL1 y ejecutados en la IBM 360/50 de la UNLP).

a) CONEXION: En el análisis de este problema puede verse claramente la importancia que tiene elegir las estructuras más adecuadas para la representación de grafos en computadora. Para ejemplificar se analizó la conexión de grafos de grado 3, 4 y 5 utilizando el método presentado anteriormente con dos estructuras de información: matriz de incidencia y listas de adyacencia, (para una descripción de estas estructuras ver Apéndice 2). Los resultados pueden verse en la Figura 1. Se aprecia allí claramente el comportamiento lineal del método descripto, respondiendo a ecuaciones $T = 0.034\ N + 1,2$, $T = 0.035\ N + 1,4$ y $T = 0.036N + 1,5$ para los grafos de grado 3 4 y 5 respectivamente, y la notable diferencia existente respecto a los tiempos del método que utiliza la matriz de incidencia.

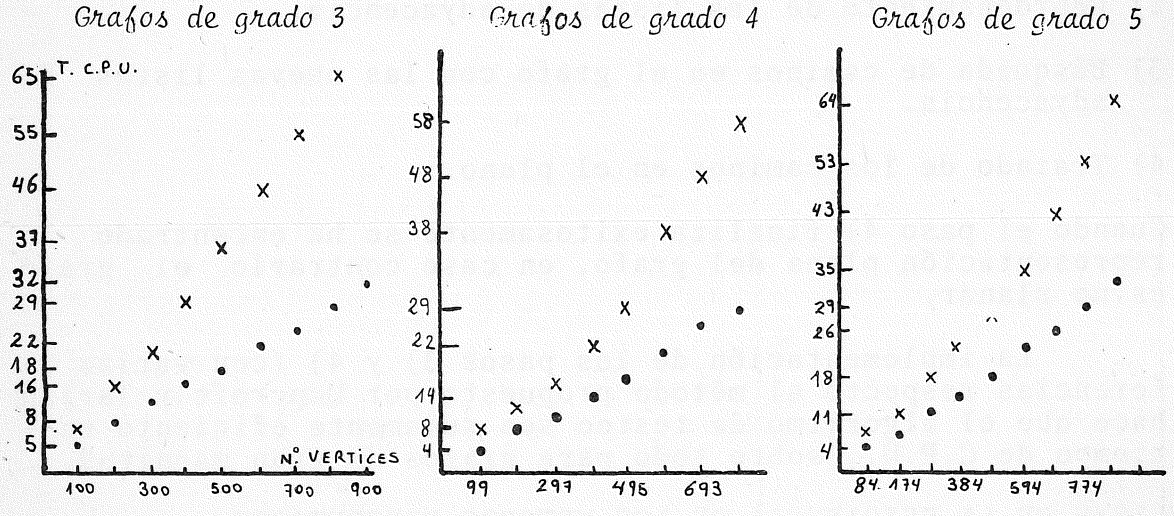
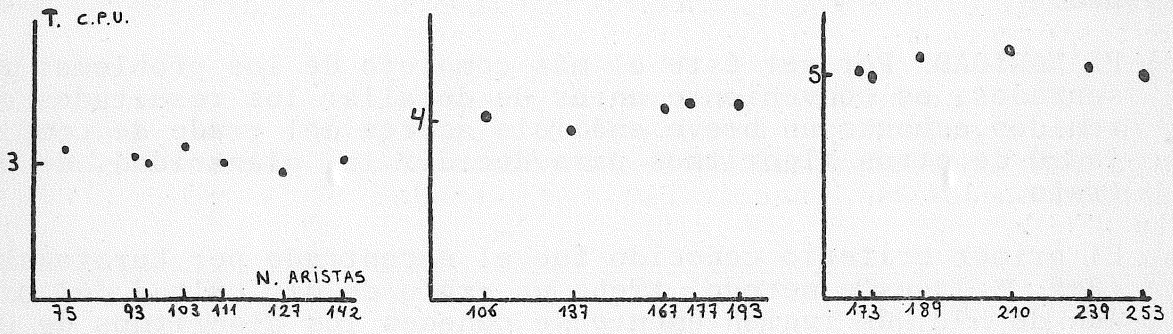


FIGURA 1: Test de Conexión.
(. usando listas de adyacencia · x usando matriz de incidencia)

Finalmente, en la Figura 2 se puede ver algunos de los resultados obtenidos mediante el empleo de grafos aleatorios generados automáticamente, y con los cuales, mediante el empleo de técnicas estadísticas, se obtuvo la siguiente ecuación:
$T = 0.036N + 0.0005M + 1,8$, que representa la relación aproximada entre tiempo de cómputo y número de vértices y aristas para testear la conexión de grafos arbitrarios. Con dicha ecuación se confirma analíticamente la independencia del tiempo de cómputo respecto al número de aristas, lo que también puede apreciarse en la figura

FIGURA 2: Test de Conexión (Grafos aleatorios)

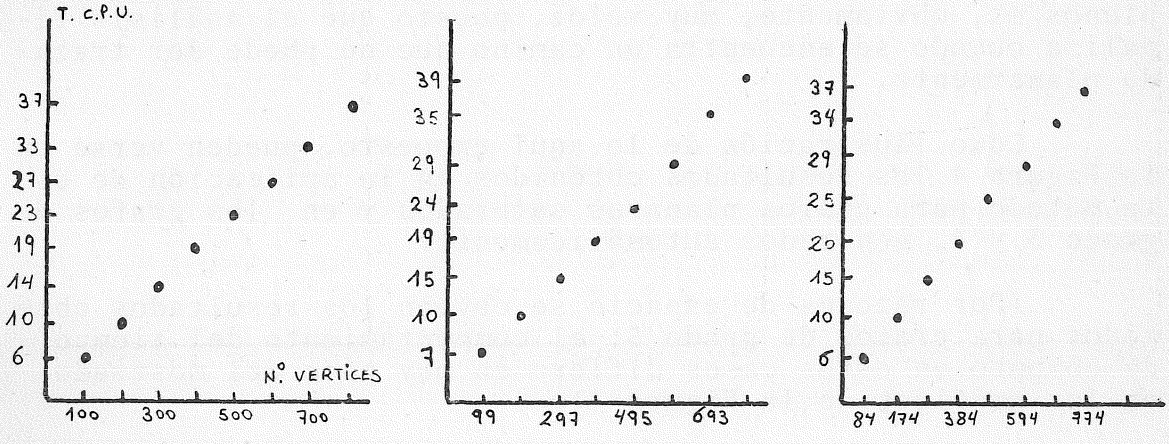


50 vértices *60 vértices* *80 vértices*

b) BICONEXION: Respecto a este problema es importante destacar la gran diferencia existente entre el análisis de la biconexión de un grafo utilizando la definición de grafo biconexo y el criterio enunciado anteriormente..

Sea G un grafo con N vértices; en el primero de los casos es necesario analizar la conexión de N grafos con N-1 vértices cada uno, lo que implica, un tiempo proporcional a N^2 mientras que el algoritmo presentado aquí presenta un grado de complejidad lineal en el número de vértices, lo que se puede apreciar en los gráficos de la Figura 3.

FIGURA 3: Test de Biconexión



grafos de grado 3 *grafos de grado 4* *grafos de grado 5*

Estas rectas corresponden a las ecuaciones $T= 0.043\ N+1,5$, $T= 0.045\ N+1,75$, $T= 0.047\ N+1,6$.

Por último y mediante las rutinas de generación de grafos al azar se obtuvo la siguiente ecuación de regresión : $T= 0.037\ N+0.004\ M +1.68$ que ajusta estadísticamente la recta que relaciona el tiempo de cómputo y el número de vértices y aristas.

c) PLANARIDAD: Por ser éste el más complejo de los problemas presentados, es conveniente antes de detallar los resultados obtenidos,esbozar un breve análisis acerca del grado de complejidad de otros algoritmos para decidir la planaridad de un grafo.

El primer criterio conocido fue el encontrado por Kuratowsky (Ref. 5); este método tiene un grado de dificultad del orden de N^6. Más recientemente se conocen los algoritmos de Demoucron, Malgrange y Pertuiset, con un grado de complejidad del orden de N^3 y de Tarjan (Ref.6) con una relación tiempo de cómputo T N log N.

El método aquí presentado,que tiene un comportamiento estadístico cercano a la linealidad, ha resultado sumamente eficiente, más aún teniendo en cuenta que el lenguaje PL1(en el cual se realizó la implementación) no dispone de estructuras adecuadas para el manejo de grafos y árboles.

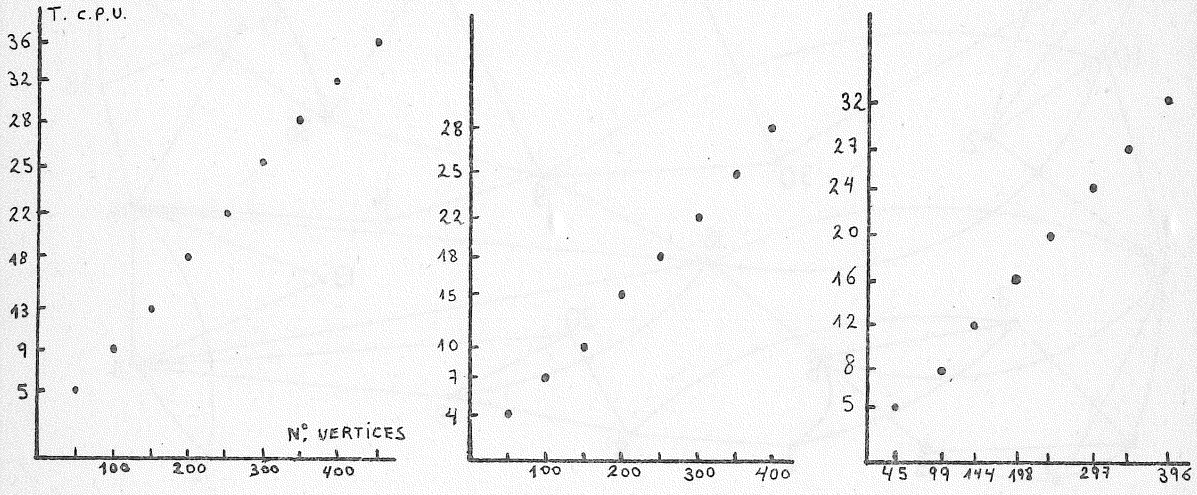
El programa ha sido probado con los grafos que representan el peor caso para este algoritmo, los grafos saturados, puesto que el número de aristas en este caso es máximo. Los resultados obtenidos son excelentes; se analizó un grafo de 500 vértices en 39 s de C.P.U.

Es importante destacar que la detección de grafos no planos es, obviamente, muy veloz, puesto que el análisis finaliza cuando se encuentra un camino que no puede ser trazado planarmente.

Como ilustración de lo aquí expuesto, pueden verse en la Figura 4 los resultados obtenidos en la aplicación de este método para grafos planares saturados y en los grafos de grado 3 y 4, generados automáticamente.

(Por razones de espacio se obvian los resultados obtenidos para grafos de grado 5; el comportamiento del tiempo de cómputo en estos casos difiere en muy poco del mostrado en los gráficos de la Figura 4).

FIGURA 4: Test de Planaridad



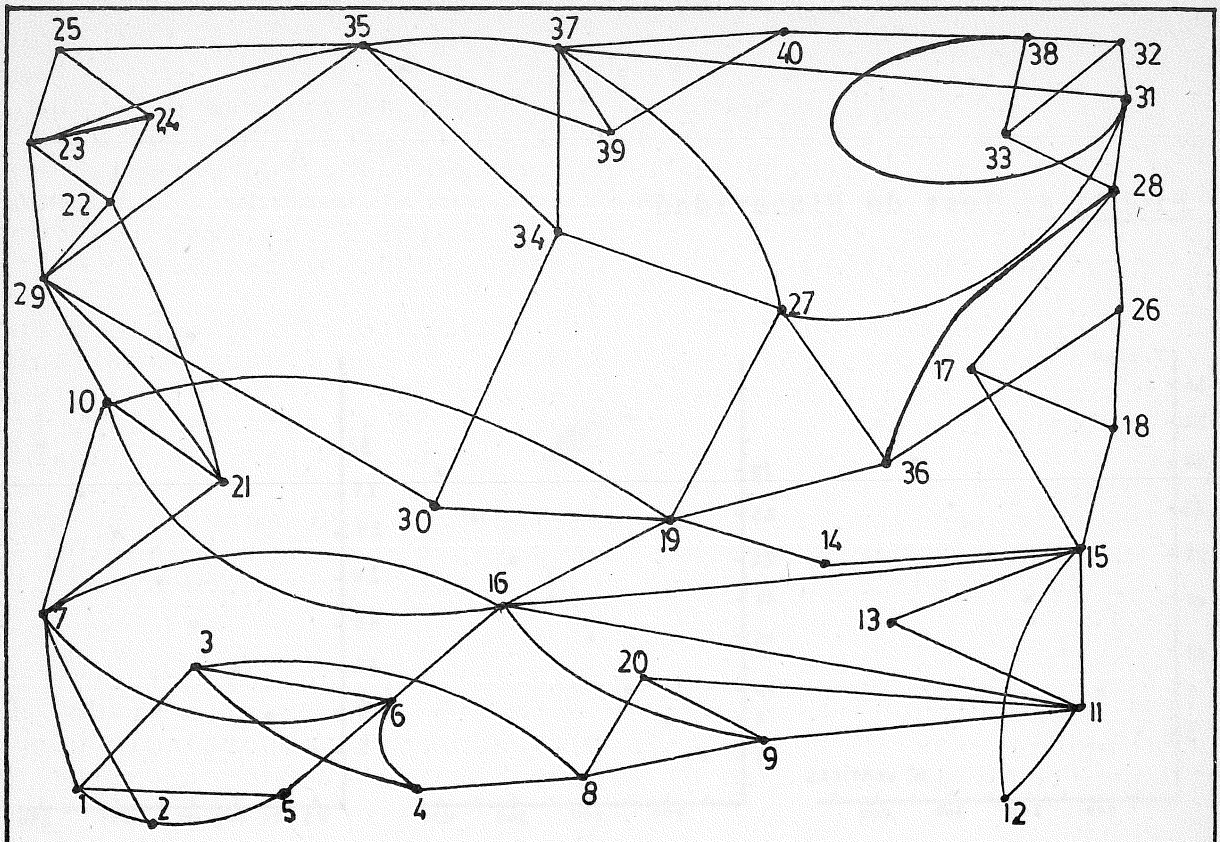
Grafos saturados *Grafos de grado 3* *Grafos de grado 4*

Puede observarse el comportamiento lineal del tiempo de cómputo para el análisis de estos grafos fuertemente conectados (más precisamente sin vértices de grado 2).

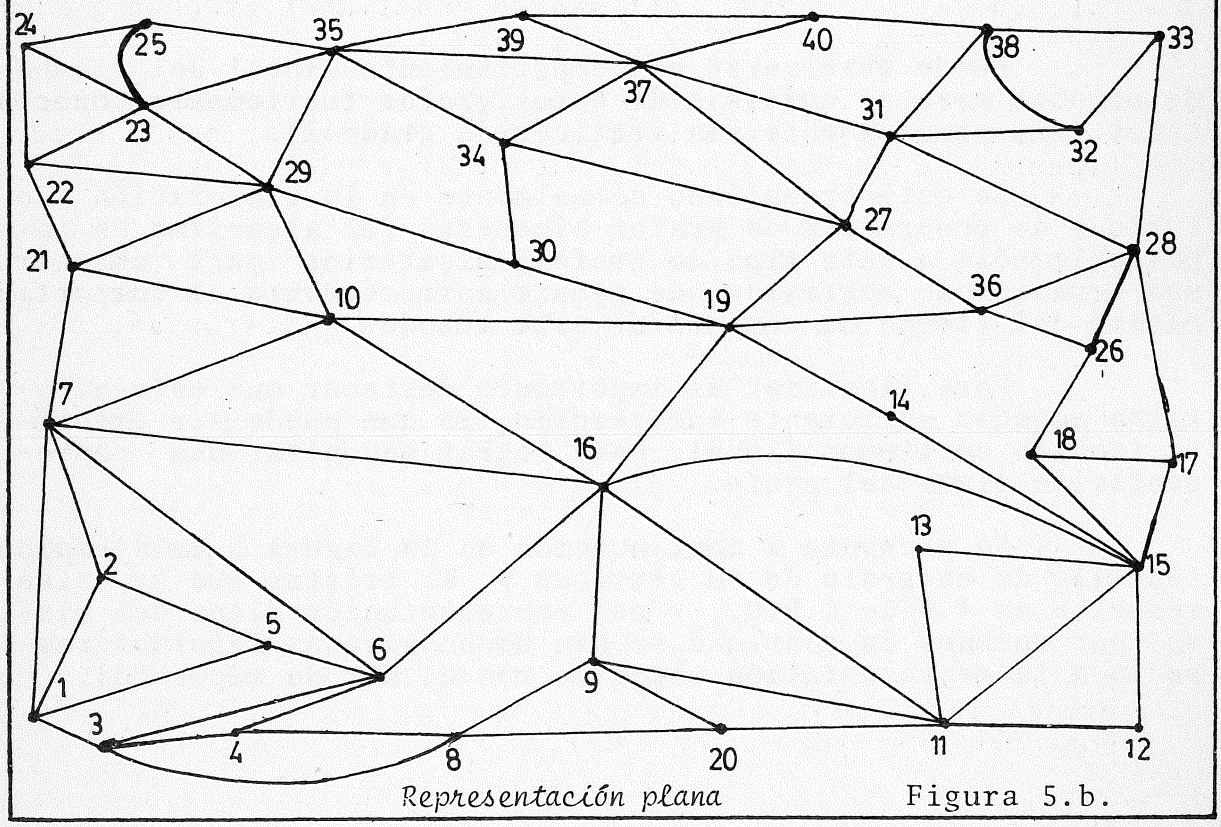
Se está trabajando actualmente en la elaboración de rutinas de generación de grafos biconexos (el algoritmo es aplicable sólo a este tipo de grafos) aleatorios para obtener una ecuación de regresión que ajuste correctamente el comportamiento del tiempo de cómputo de este método.

Para finalizar es importante destacar que este algoritmo colecta suficiente información, la que puede ser obtenida también en tiempo lineal, para lograr encontrar una representación plana del grafo.

Se presenta a continuación en la Figura 5 un ejemplo sencillo de un grafo de 40 vértices y 82 aristas que ha sido resuelto en 4 s de C.P.U., y una representación plana del mismo (por razones de claridad se han hecho algunas reformas respecto a la representación obtenida con el método expuesto).



Grafo dato Figura 5.a.



Representación plana Figura 5.b.

CONCLUSIONES:

Se ha presentado un conjunto de algoritmos de manejo de grafos con un alto grado de eficiencia, y se han detallado los resultados obtenidos en la aplicación de estos métodos sobre un conjunto de grafos generados automáticamente, quedando perfectamente demostrada la bondad de estos algoritmos respecto a otros que buscan resolver el mismo tipo de problema.

Convendría antes de finalizar este trabajo, hacer un breve comentario acerca de los tópicos que se están analizando actualmente, estrechamente relacionados con los aquí presentados El primero de ellos es obtener a partir de la información colectada por el algoritmo de planaridad una representación planar - automática del grafo con métodos interactivos, y el segundo de ellos es obtener un algoritmo eficiente para testear si un grafo es planar-exterior o sea si es posible una representación - plana del mismo de manera que todos sus vértices queden en la periferia

Por último, es importante reiterar que el esfuerzo realizado en obtener algoritmos de este tipo con un alto grado de eficiencia está ampliamente justificado en la importancia que - pueden tener los mismo en el diseño interactivo de circuitos electrónicos impresos, entre otras aplicaciones.

REFERENCIAS:

1.- R.E. Tarjan - "Depth first search and linear graph algorithms", SIAM J. comput, 1 (1972) - pag. 146-159.

2.- G. Demoucron, Y. Malgrange y R. Pertuiset - "Graphes planaires Reconnaissance et construction des representations". Revue Francaise de Recherche Operationnelle. Vol 8, pag. 33-47. Año 1964.

3.- A. De Giusti, C. Gutzner, G. Rossi y J. Diaz - "Planarización de grafos por computadora. Aplicación a circuitos electrónicos". - Publicación del Plan Nacional de Electrónica, Año I N°3, pag. 4-10, Noviembre 1979.

4.- Hopcroft y Tarjan, "Efficient planarity testing" - Journal of the association for-conputing machinery, Vol. 21, N°4 October 1974 - pag. 549-568.

5.- C. Berge - "Theorie des graphes et ses applications". DUNOD 1963.

6.- R. Tarjan - "Planarity testing in V Log V seteps: Extended abstract" - Proc IFIP cong. 1971: Foundation of information processing, Ljubljana, Yugoslavia, Aug. 1971, North Holland Pub. Co. Amsterdam - Pag. 18-22.

7.- Meza, Rossi y Diaz: "Generación de grafos por computadora Informe Técnico CeTAD 101/80.

APENDICE 1

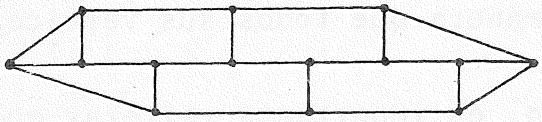
GENERACION DE GRAFOS POR COMPUTADORA:

Es sumamente importante disponer de una batería de programas de generación de grafos por computadora no sólo para un testeo intensivo de la corrección de los algoritmos implementados, sino también para realizar un análisis amplio y profundo de la eficiencia de dichos algoritmos.

Para la elaboración del análisis aquí presentado se confeccionaron rutinas de generación de grafos de los siguientes tipos:

a) Grafos regulares de grado 3: Se generan grafos triconexos - planares que responden al esquema de la Figura 6.

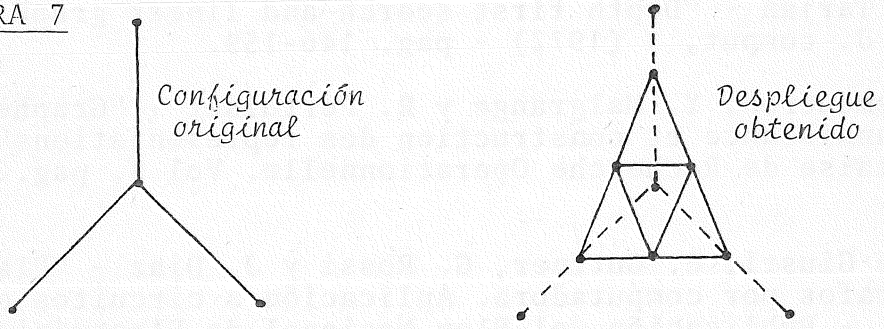
FIGURA 6



Grafo regular de grado 3 con 14 vértices

b) Grafos regulares de grado 4: Para producir estos grafos planos se utilizó una técnica de despliegue que consiste en reemplazar cada vértice de un grafo generado por el método anterior, por seis vértices conectados entre sí(Figura 7).

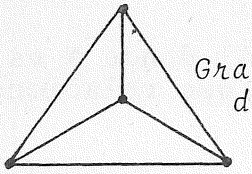
FIGURA 7



c) Grafos regulares de grado 5: En este caso se reemplazó cada vértice de un grafo generado por el método anterior por una representación compleja obteniéndose un grafo planar (Para mayores detalles ver Ref. 7).

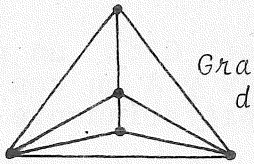
d) Grafos planares saturados: (Un grafo planar se dice saturado si no es posible agregarle ninguna arista sin afectar la planaridad). En este caso se utilizó para generar los grafos planos saturados el siguiente método: Dado como base el grafo de 4 vértices de la Figura 8, se obtiene un grafo de 5 vértices eligiendo al azar una de las 3 caras triangulares, colocando allí un vértice y uniéndolo con los 3 vértices que limitan la cara (Figura 9). En general dado un grafo planar saturado de I vértices de este tipo, se obtiene un grafo de

I + 1 vértices eligiendo al azar una de las 2I - 5 caras -- triangulares internas y aplicando el proceso explicado anteriormente.



Grafo saturado de 4 vértices

FIGURA 8



Grafo saturado de 5 vértices

FIGURA 9

e) Grafos aleatorios de tipo 1: Se construyeron este tipo de grafos utilizando rutinas de generación de numeros al azar, decidiéndose en forma aleatoria cuántas y qué aristas formarían el grafo.

f) Grafos aleatorios tipo 2: En este caso se generaron grados completos (cada vértice está conectado con todos los demás) y se eliminaron un número aleatorio de aristas elegidas también mediante el proceso explicado en e). Es importante aclarar que este tipo de grafos aleatorios tienen una fuerte tendencia (debido al método utilizado) a resultar conexos y en menor medida biconexos, lo que permitió hacer un análisis de la eficiencia de los métodos de testeo en casos que la propiedad buscada se cumpliera y en casos en que no fuera así.

Un análisis completo de las propiedades de todos estos grafos generados automáticamente se presenta en la Referencia 7.

APENDICE 2

DEFINICIONES MATEMATICAS Y FORMAS DE REPRESENTAR UN GRAFO POR COMPUTADORA:

Un grafo G es un par ordenado (X,A) donde X es un conjunto de vértices y A un conjunto de aristas que relacionan estos vértices arbitrariamente.

Si cada arista está formada por un par (u, v) no ordenado de vértices, el grafo se dice no orientado, en caso contrario el grafo se dice orientado. Se dice que 2 vértices son adyacentes si existe una arista que los une.

Se denomina grado de un vértice al número de aristas que inciden en él; un grafo se dice regular si todos los vértices tienen el mismo grado.

Sean u y w dos vértices de G; un camino de u a v es una sucesión de aristas $(l_i)_{i=1,n}$ tal que $l_i=(V_i, V_{i+1})$ con $V_i=u$ y $V_n=w$.

Un subgrafo G', de G es un grafo tal que G' = (X, A) con $X' \subset X$ y $A' \subset A$; Si G es orientado un subgrafo T se denomina árbol si T está formado por un vértice V (llamado raiz) en el que no incide ninguna arista y en todo vértice $u \neq v$ incide una y sólo una arista. Si todo vértice de G es vértice de T el árbol se denomina generador; toda arista de G que no pertenece a T se denomina fronda.

Finalmente un grafo G se puede representar por una matriz M tal que $m_{ij} = 1$ si y sólo si el vértice i está conectado al vértice j y en caso contrario $m_{ij} = 0$; 0 por un conjunto de listas, donde la lista i contiene todos los vértices adyacentes al vértice i.

INDICE TOMO 2

CAPITULO H - APLICACIONES EN INGENIERIA

- Resolución del cableado longitudinal de un puente pretensado construido por el método de avance por vanos — H - 2
  R. Balcar, A.R. Nordmann
  Univ. de la República, Uruguay

- Aplicaciones de la Investigación de Operaciones en la Ingeniería Eléctrica de Potencia — H - 4
  P.A. Rebolledo Reyes
  Empresa Nacional de Electricidad S.A., Chile

- Ecuación general de movimiento de vigas: Estabilidad numérica de su simulación en diferencias finitas — H - 12
  C.P. Filipich
  Univ. Nacional del Sur, Argentina

CAPITULO I - SISTEMAS DE INFORMACION

- Seleçao de objetos na descriçao de Sistemas de informaçao — I - 2
  M. Emil Hehl, J. Sahao Junior, M. Lavand
  Instituto de Ciencias Matemáticas de Sao Carlos, Brasil

- Desarrollo de sistemas de información: uso de un enfoque de sistemas — I - 11
  W. Gunawardena
  Univ. de Los Andes, Venezuela

- Especificaçao e verificaçao de sistemas automatizados, uma avaliaçao do estado da arte — I - 24
  A.R. Cavalcanti da Rocha, A. von Staa
  Univ. Pontificia Católica de Rio de Janeiro, Brasil

- Sistemas de información Gerencial: lineamientos para su desarrollo y tecnología requerida - Un caso real — I - 38
  R. Rodríguez Ulloa, C. Vásquez-Mejía
  Verástegui, Perú

- El análisis estructurado en la empresa — I - 61
  E. Said
  Servicios Eléctricos del Gran Buenos Aires, Argentina

CAPITULO J - APLICACIONES EN SALUD

- Um sistema de computaçao para controle de uma unidade de hemodialise — J - 2
  C. Sabani
  Univ. Federal de Rio Grande Do Sul, Brasil

- Automatización de procesos en un laboratorio de investigación y aplicaciones clínicas en otorrinolaringología — J - 19
  A. Sendra Cardona, F. Gómez Molinero, F. Antoli-Candela Cano
  Centro Especial Ramón y Cajal, España

- Informática biomédica: Proyección y Aplicaciones — J - 28
  E. Passarello
  Soc. Arg. de Informática e Inv. Operativa, Argentina

- Estudio de la factibilidad de implementación de un sistema de información integrado en un hospital Nacional — J - 43
  M.I. Sciusco, C.A. Delbue
  Hospital Nac. Dr. A. Posadas, Argentina

- Consideraciones básicas para diseñar un modelo de historia clínica computarizable — J - 50
  C.A. Delbue, M.I. Sciusco, N. Oliva
  Hospital Nac. Dr. A. Posadas, Argentina

- Estudio sobre implantación de un sistema de información provincial en el área de la administración hospitalaria — J - 65
  V.J. Jácubsohn
  Soc. Arg. de Informática e Investigación Operativa, Argentina

- Sistema de información para instituciones médicas — J - 82
  A.M. Orbe
  Círculo Médico de Tandil, Argentina

- Desarrollo de un sistema de historia clínica computada — J - 92
  R. Wachenchauzer, J. Colombo, R. Jamschon
  Sanatorio Güemes, Buenos Aires, Argentina

- Sistema de despacho automatizado de pedidos de auxilio médico — J - 106
  E.M.C. Alonso de Bramano, G. Gurvich, C. Isacovich, O. Gosman, J. Redondo Soto
  Comdata S.A., Buenos Aires, Argentina

CAPITULO K - APLICACIONES CIENTIFICAS

- Aplicación de sistemas de procesamientos de datos a la química cuántica K - 2
  N. Sbarbati Nudelman, H. Grinberg, J.C. Facelli, R.H. Contreras
  Univ. de Buenos Aires, Argentina

- Cálculo de niveles de energía y de propiedades nucleares K - 19
  S.M. Abecasis, C.A. Heras, N. Sedo
  Univ. de Buenos Aires, Argentina
  Univ. de Oriente, Venezuela

- Análisis estadístico de tolerancias en sistemas continuos K - 22
  D. Suiter
  Univ. Técnica Federico Sta. María, Chile

- Aceleración de la convergencia en la resolución iterativa de sistemas lineales, mediante sobre relajación K - 35
  J.A. Reyes, R.E. Rossi
  Univ. Nacional del Sur, Argentina

- Algunos aspectos del tratamiento numérico de modelos matemáticos K - 53
  P.E. Zadunaisky
  Comisión Nac. de Investig. Espaciales, Argentina

- Uso de las técnicas de modelización matemática y simulación en los proyectos hidroeléctricos K - 56
  M.H. Gradowczyk
  Estudio Gradowczyk y Asoc., Argentina

CAPITULO L - OTRAS APLICACIONES

- Informática Jurídica y Tratados Internacionales L - 2
  E. Pasarello
  Naciones Unidas

- Un modelo potencial iterativo de la distribución poblacional intraurbana L - 17
  H.A. Torres
  Univ. de Belgrano, Argentina

- Modelos multiecuacionales recursivos para la exploración de la oferta de mano de obra L - 33
  F. Pimentel
  Centro de Informaciones y Estudios, Uruguay

CAPITULO M - COMPUTACION EN EDUCACION

- Laboratorio de matemática computacional M - 2
  D. Moraes Claudio, L. Vieira Toscani
  Univ. Federal de Rio Grande Do Sul, Brasil

- Instruçao e avaliaçao assistida por computador. Tecnicas e aplicaçoes M - 11
  N. Arruda Leonel, S. Porto Klein
  Univ. Federal de Rio Grande Do Sul, Brasil

- Enseñanza asistida por computador M - 26
  C.M. Cinto
  Univ. Complutense, España

- LDSC - Uma Linguagem para a descriçao e simulaçao de computadores M - 40
  C. Traina Junior,E. Luiz Recchia, F.S. de Rodrigues Germano
  Instituto de Ciencias Matemáticas de Sao Carlos, Brasil

CAPITULO N - EDUCACION EN COMPUTACION

- Tendencias metodológicas en la formación de los recursos humanos en Informática N - 2
  C. Cortés Amador
  Univ. Nacional de Colombia

- Propuesta para el establecimiento de un plan de acción de Informática y Sistemas N - 9
  E.S. Draier, R.J. Naveiro
  Univ. John F. Kennedy, Argentina

- Necesidades de recursos humanos especializados en computación e Informática y su solución a través de un programa nacional de capacitación N - 17
  J. Durán Reyes, J. Melgarejo Melgarejo
  Univ. Técnica del Estado, Chile

- Experiencia educacional de un Laboratorio de Computación N - 35
  J. Cazenave P., A. Salinas C.
  Univ. Técnica del Estado, Chile

CAPITULO 0 - TEORIA DE SISTEMAS Y CIBERNETICA

- Definición de un sistema informático para la simulación de modelos de adaptación cronobiológica 0 - 2
  F. del Pozo, A. Sendra, C.F. Baizán, L. Pérez, R. Portaencasa
  Facultad de Informática, España

- Semiótica de la información 0 - 13
  F. Puleo P.
  Univ. de Los Andes, Venezuela

- Ensayo de un modelo dinámico para el planeamiento 0 - 23
  C. Panzone
  Argentina

CAPITULO P - INVESTIGACION OPERATIVA

- Representación plana de grafos: Algoritmos de cómputo P - 2
  F.J. Díaz
  Univ. Nacional de La Plata, Argentina

- Register allocation via coloring P - 13
  G.J. Chaitin, M.A. Auslander, A.K. Chandra, J. Cocke, M.E. Hopkins, P.W. Markstein
  IBM T.J. Watson Res. Center, U.S.A.

- Analise de Localizaçao: Usos, modelos e tenicas de soluçao P - 25
  P.M. Franca
  Univ. Estadual de Campinas, Brasil

- El uso del algoritmo de Uzawa en problemas de Programacion Lineal P - 50
  R.L.V. González
  Univ. Nac. de Rosario, Argentina

- Análisis del algoritmo de khachiyan y estudio de su implementación en Computadora, usando lenguaje BASIC P - 60
  E. Poyard de Vincenti
  Instituto Nac. de Tecnología Industrial, Argentina

- Teoría de integración regional y optimización mediante el uso de computadores P - 71
  A.M. Illescas Castillo
  Univ. Nacional de Ingeniería, Perú

- Algoritmos Lineales para testear conexión, biconexión y planaridad de grafos P - 84
  G. Rossi
  Univ. Nacional de La Plata, Argentina