

SISTEMA DE DESPACHO AUTOMATIZADO DE PEDIDOS DE AUXILIO MEDICO

Elena M. C. Alonso de Bramano

Gerardo Gurvich

Carlos Isacovich

Oswaldo 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 automáticamente 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, descrito 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 sucintamente 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.

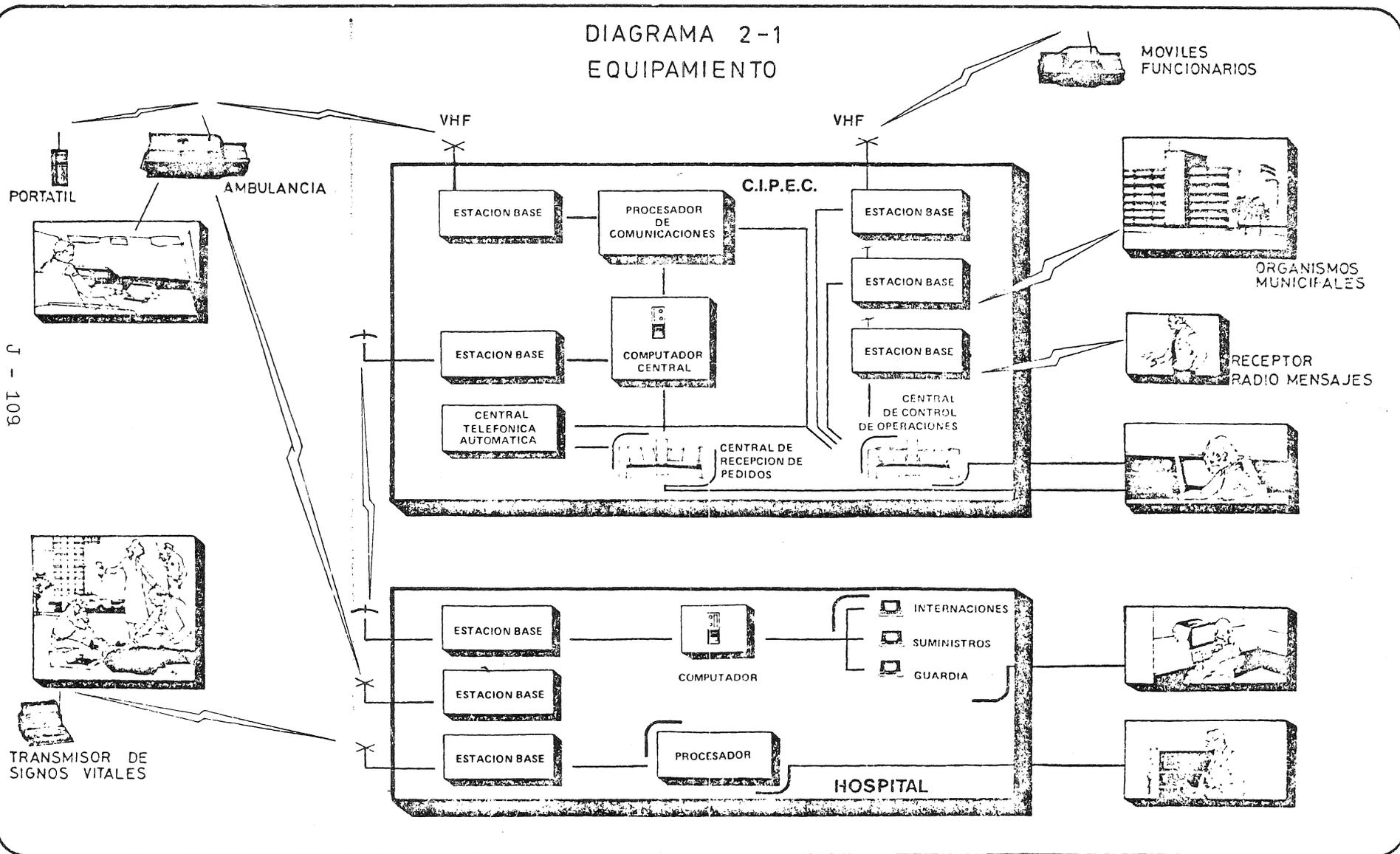
El enlace entre CIPEC y los hospitales se realizará a través de una red de microondas, y de líneas telefónicas directas de 4 hilos que constituyen una alternativa a las microondas.

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



J - 109

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 incluidas 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 este 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 móviles 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 funciones 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 pre suntivos, 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 anomalías 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.

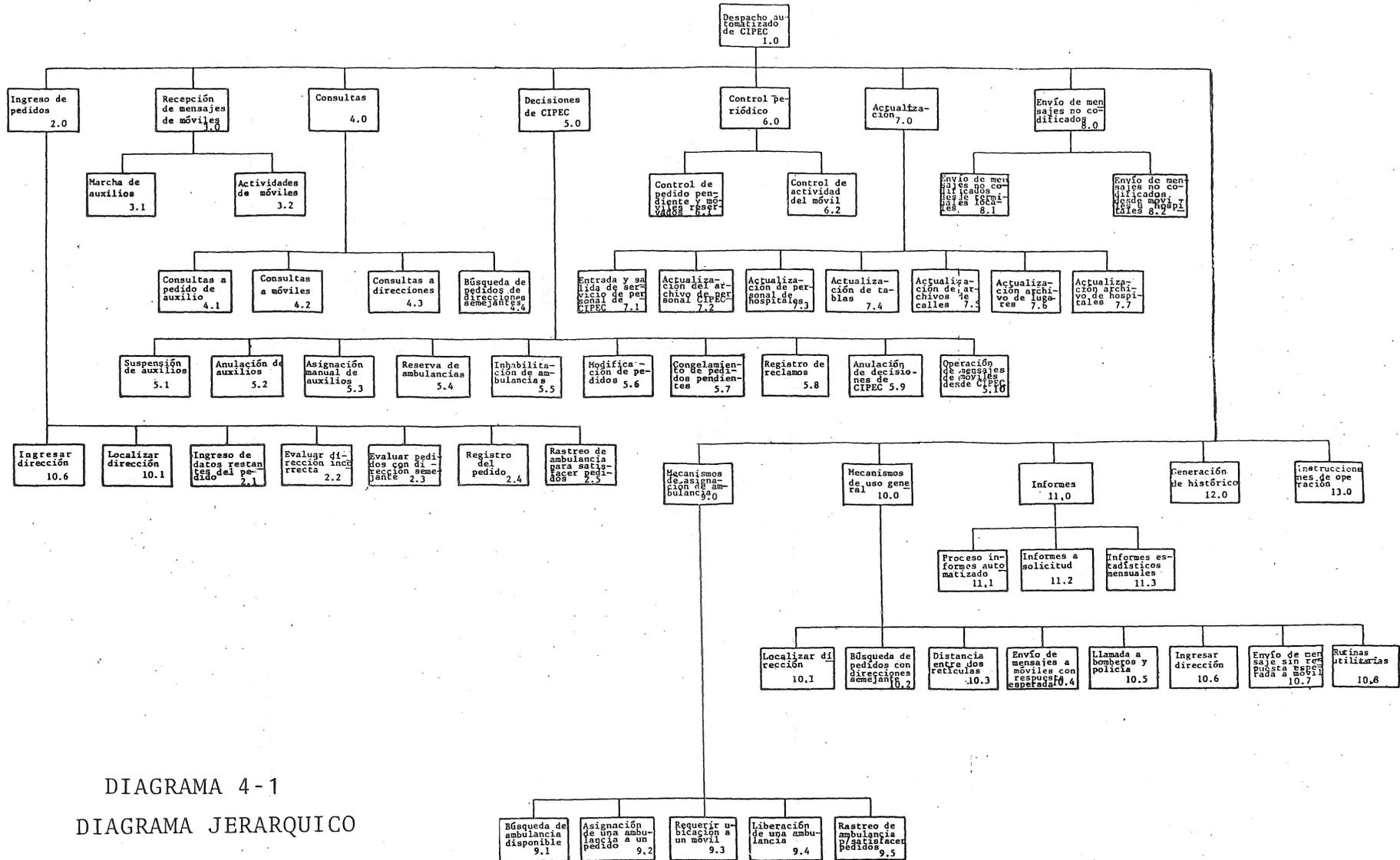


DIAGRAMA 4-1
DIAGRAMA JERARQUICO

DESARROLLO DE UNA FUNCION
DIAGRAMA 4-2

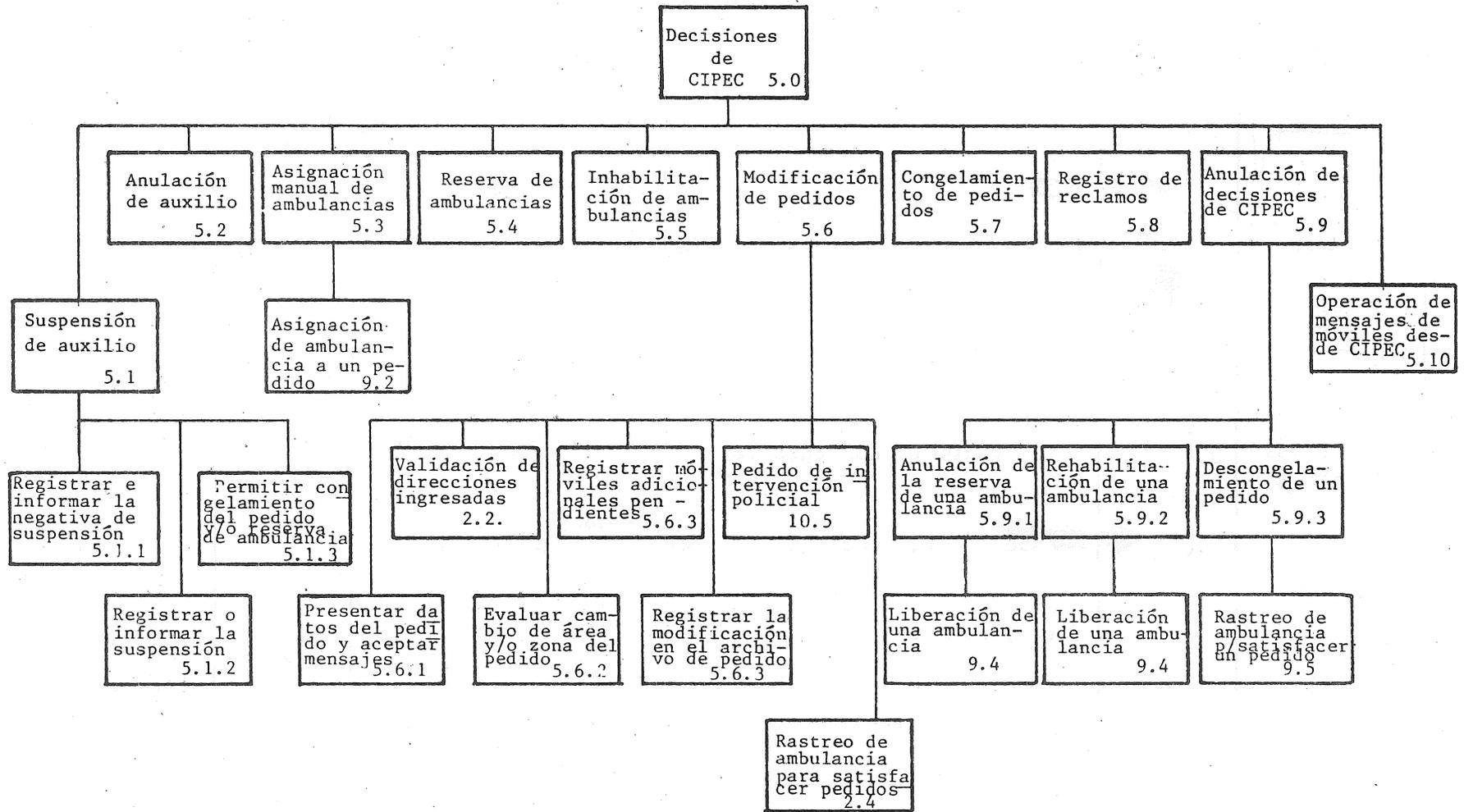
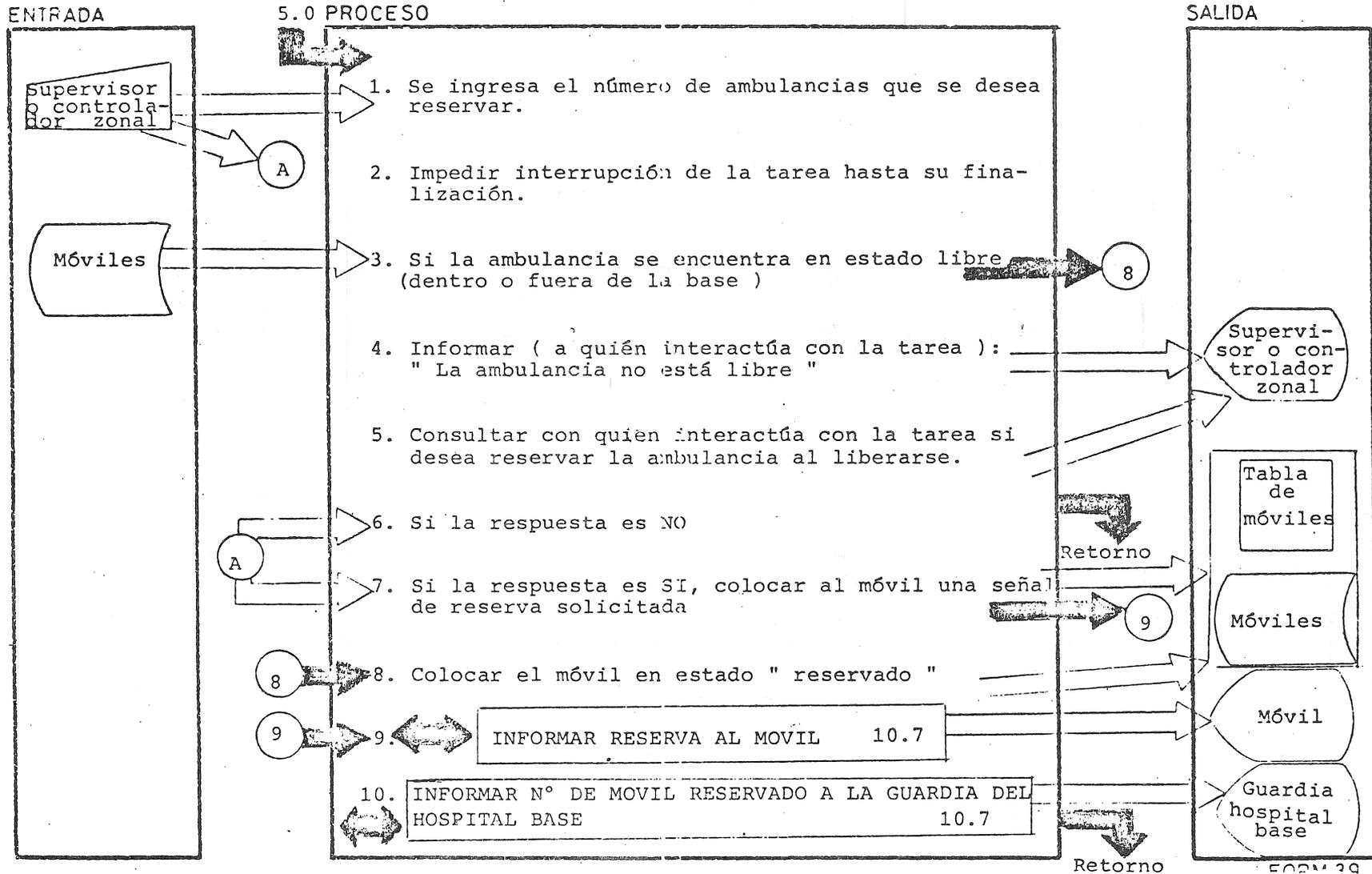


DIAGRAMA 4-3
DEFINICION DE UN MODULO

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.

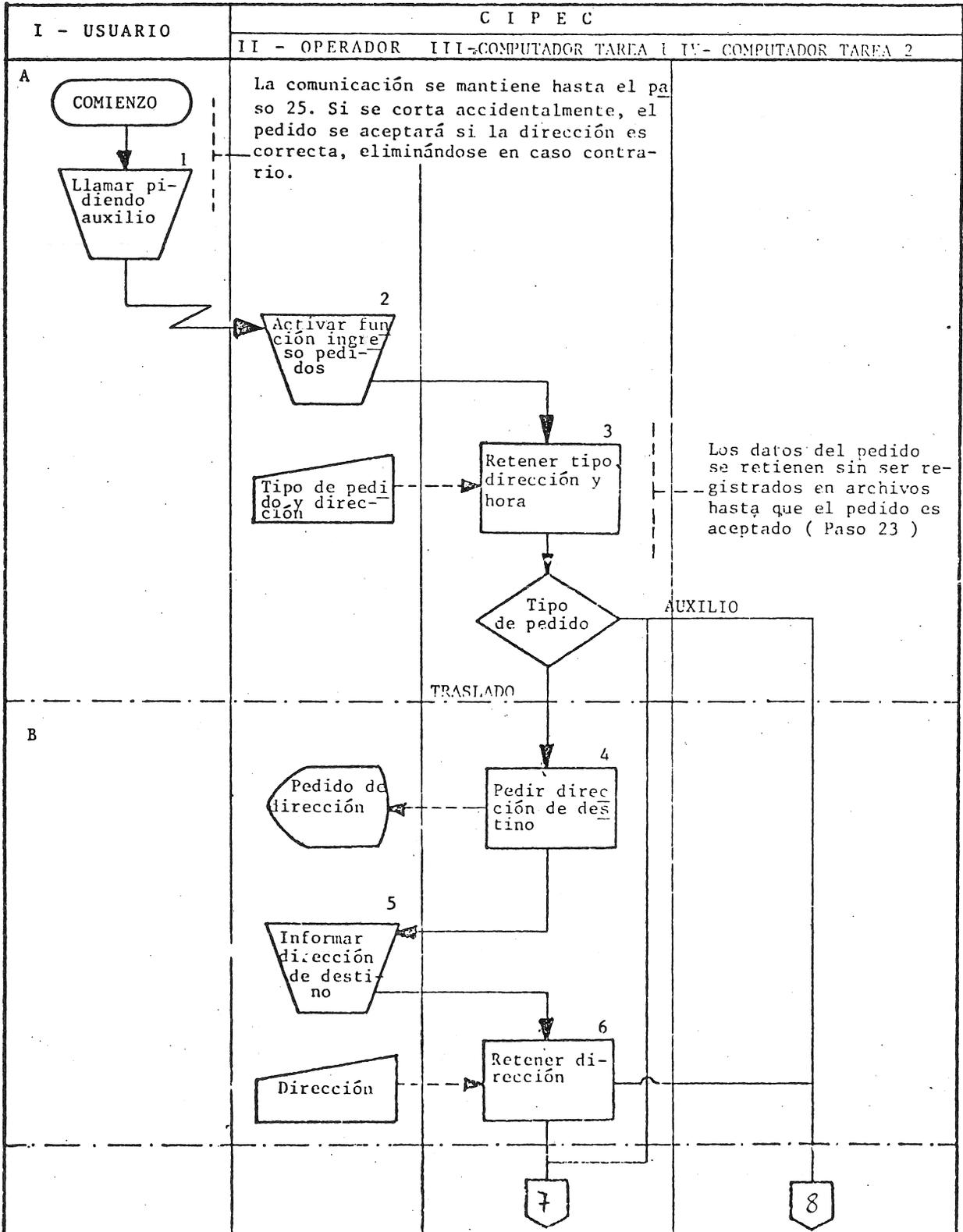
La Base de Datos constituye un modelo del Sistema de Despacho Automatizado, en el sentido de que representa los elementos intervinientes y sus interrelaciones más importantes.

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). Están 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 construido, 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 éstos 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-

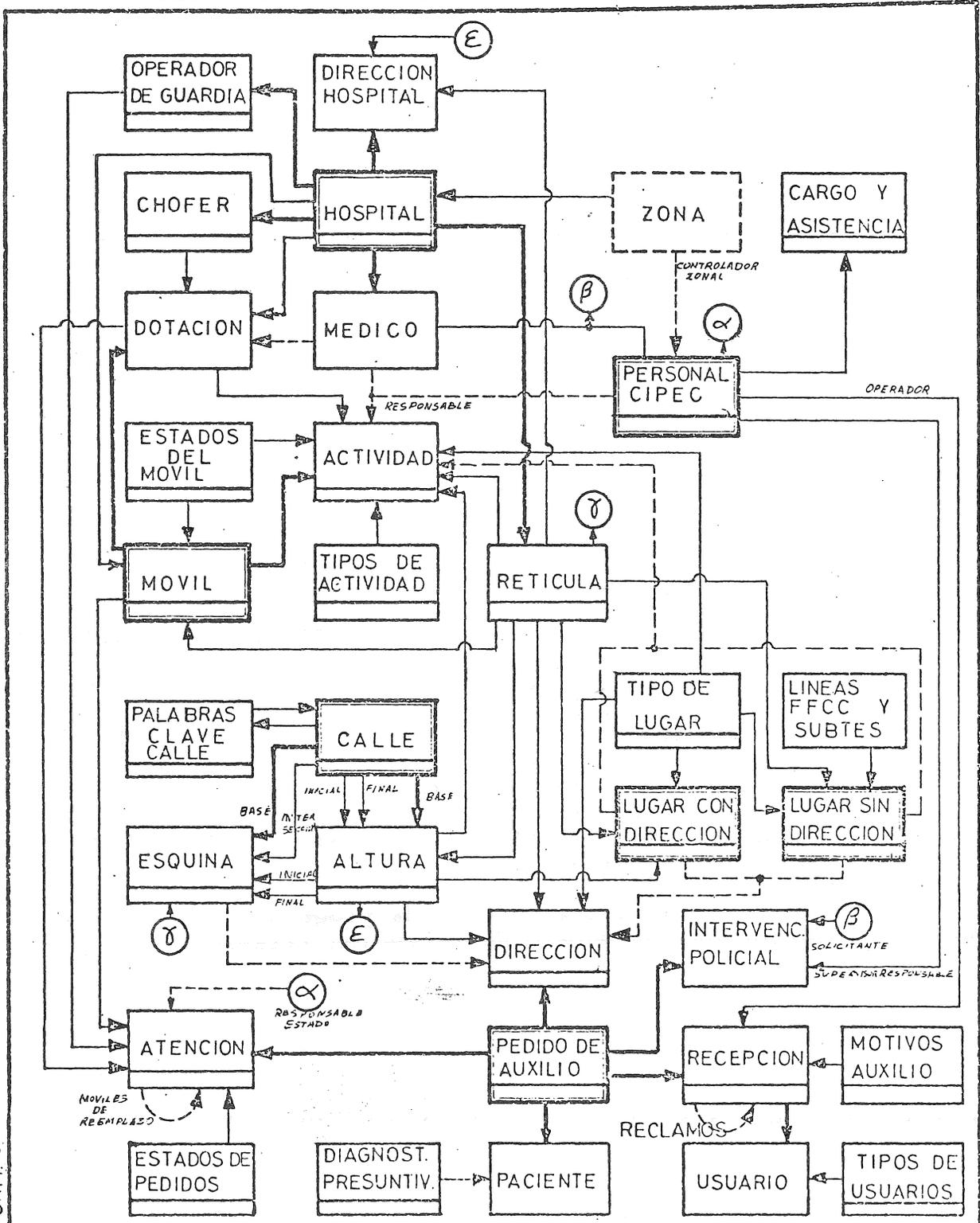
DIAGRAMA 4-5
BASE DE DATOS

Hoja 1 de 1

ESTRUCTURA LOGICA

PROYECTO : CIPEC
SISTEMA : DESPACHO AUTOMATIZADO

FECHA : 04/09/ 80
VERSION : 2
AUTOR : CI



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). Además, 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 algunos 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 están 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 carácter por carácter, 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 móvil.
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

funciones principales:

- A. Recibe la orden de transmisión 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 carácter, 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 periódicamente 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 restablecer 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 Reinhold Company.