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.

7. 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:

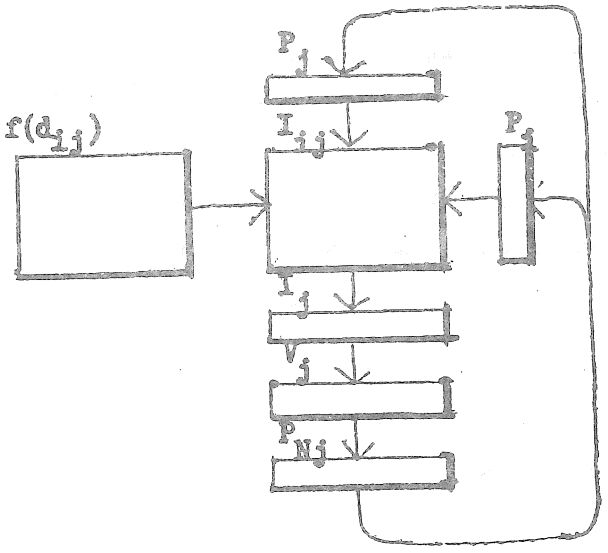
(1) Se asigna en primer lugar un valor arbitrario al vector P_j por ejemplo una distribución uniforme cuya suma sea el total poblacional dado.

(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_i 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:



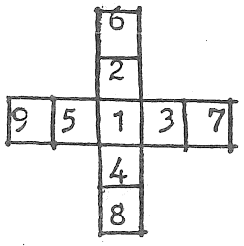
Desarrollo de ejemplos

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 aun 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

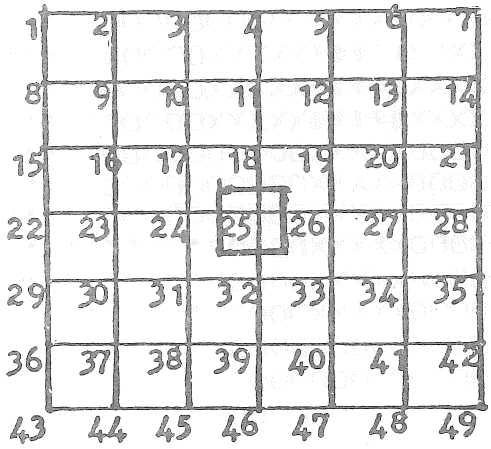
De manera consistente con este panorama, el trabajo de investigación que sirve de base al modelo aquí presentado ha seguido una estrategia dirigida al desarrollo de modelos parciales como paso previo al desarrollo de un modelo general de usos del suelo. Si bien la finalidad última de estos modelos, como 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.

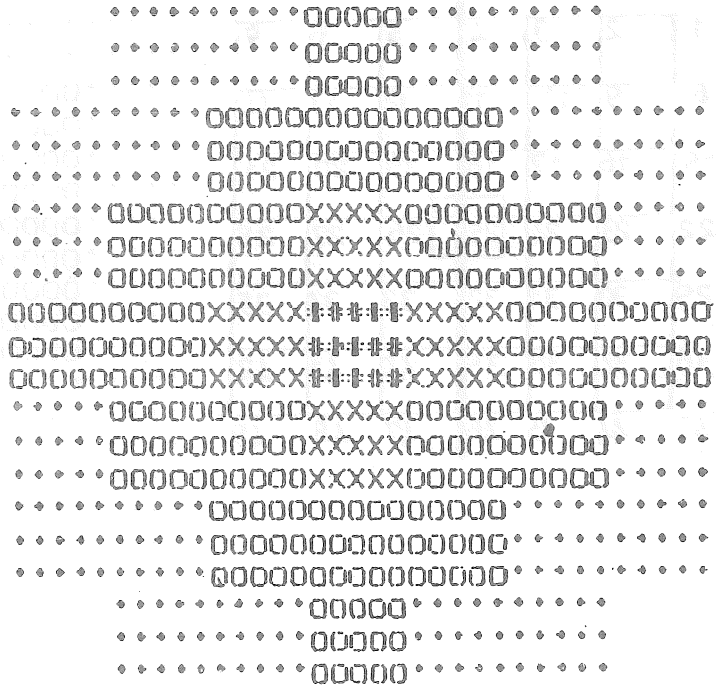
Se sostiene en este trabajo que muchas aplicaciones prácticas son posibles mediante el uso de modelos como el que aquí se expuso, sin necesidad de esperar a la formulación de un modelo generalizado de usos del suelo. Una aplicación de actualidad en Buenos Aires podría ser un intento de predicción de 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.

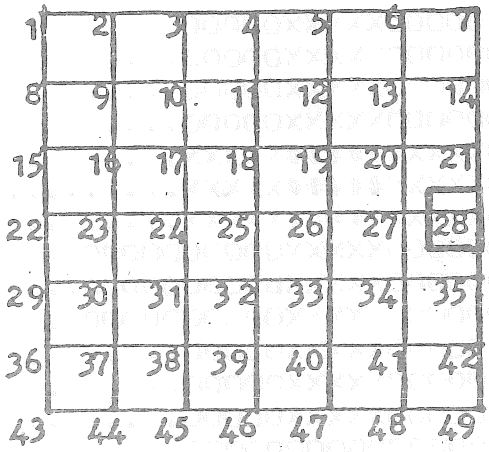
Distintos casos - Los siguientes son los valores paramétricos que se mantienen en todos los casos: Población total = 250000 habs., valor del parámetro b = 1.2

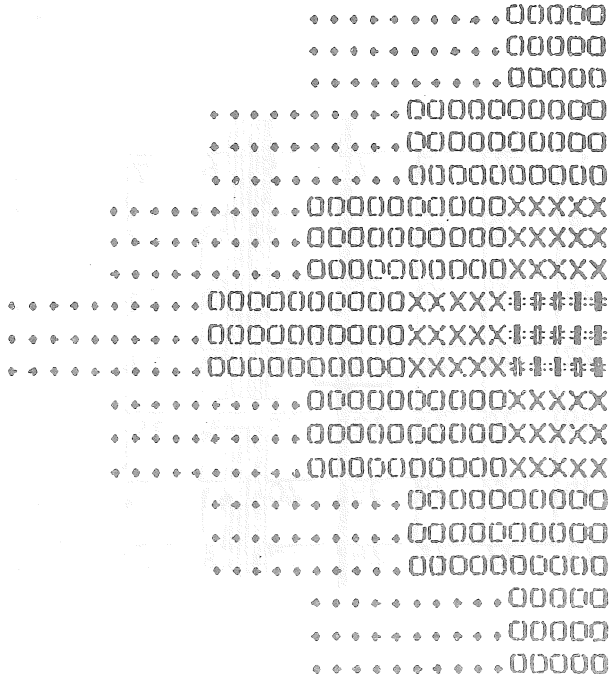
Caso 1. Se supone una red vial de velocidad uniforme en todos los vínculos (30 km/h) fijándose la posición del centro en el nodo 25.



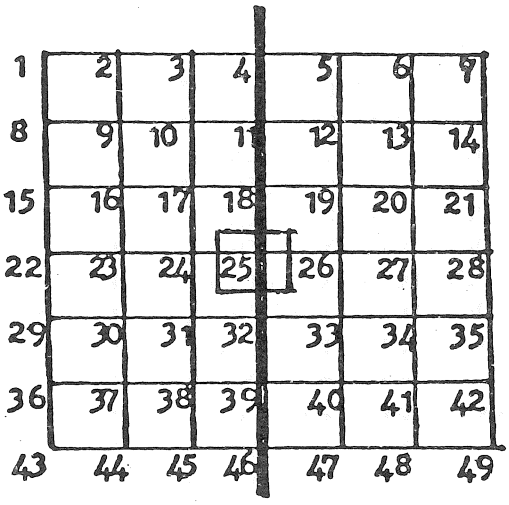


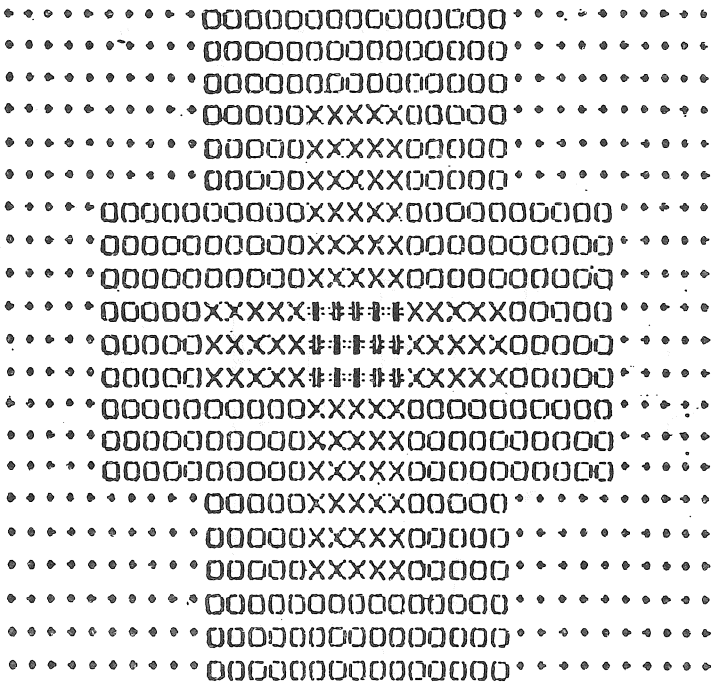
Caso 2. Idem anterior. Se fija la posición del centro en el nodo 28



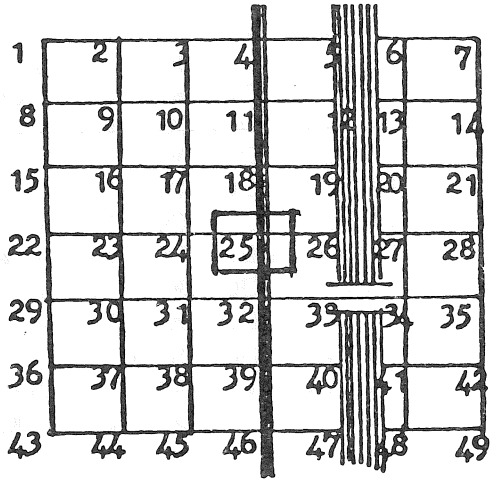


Caso 3. Idem caso 1 introduciendo un eje norte-sur de tránsito rápido (60 Km/h).





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.