



# Universidad Nacional Autónoma de México

---

---

E. N. E. P. ACATLAN

UNA VISION GENERAL DE LOS SISTEMAS  
Y MODELOS URBANOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N

FERNANDO JIMENEZ LOPEZ

ROGELIO ANDRES CARRILLO ISAIS

MEXICO, D.F.

1981

M-0028623



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A NUESTROS PADRES

A NUESTROS HERMANOS

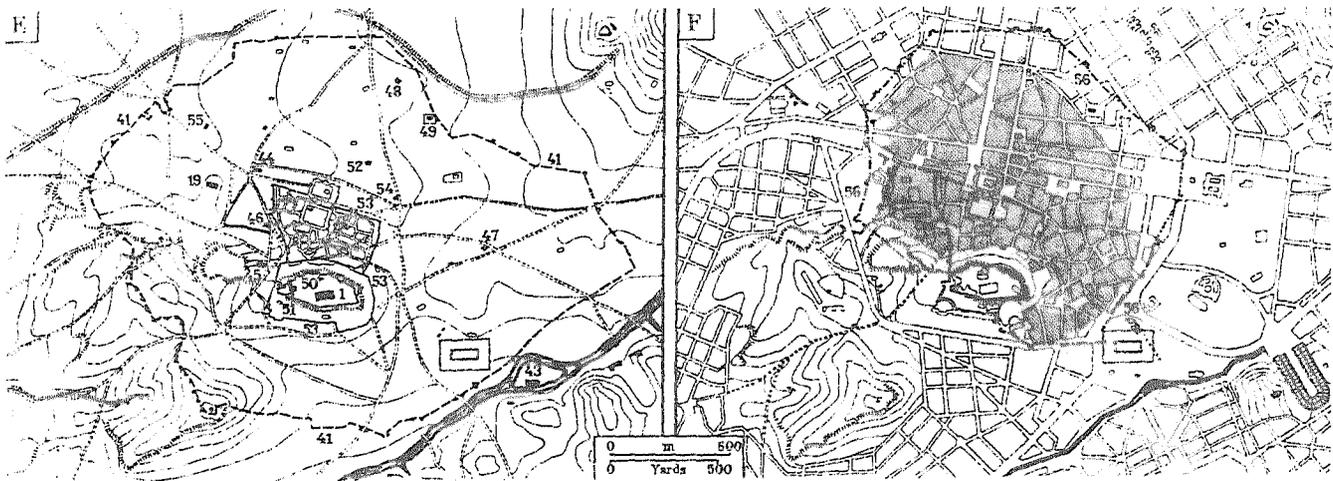
A NUESTROS FAMILIARES  
Y AMIGOS

AL H. JURADO

A LA E.N.E.P. ACATLAN

A LA U.N.A.M.

# UNA VISION GENERAL DE LOS SISTEMAS Y MODELOS URBANOS



UNA VISION GENERAL DE LOS SISTEMAS Y MODELOS URBANOS

TESIS ELABORADA EN EL SEMINARIO DE SISTEMAS URBANOS POR:

FERNANDO JIMENEZ LOPEZ 7318991-6

ROGELIO ANDRES CARRILLO ISAIS 7748804-6

ALUMNOS DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.

DIRECTOR DE TESIS: ING. IGNACIO LIZARRAGA GAUDRY

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

E.N.E.P. ACATLAN

1981



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"  
COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA Y ACTUARIA.

CAI-C-073/81.

Sres.:  
Jiménez López, Fernando  
Carrillo Isáis, Rogelio Andrés  
Alumnos de la Carrera de Ing. Civil  
P r e s e n t e s .

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha, 23 de Enero de 1981, me complace notificarles que esta Coordinación tuvo a bien asignarles el siguiente tema de tesis: "Una Visión General de los Sistemas y Modelos Urbanos", el cual se desarrollará como sigue:

- Introducción
- I.- Introducción a los Sistemas
- II.- Sistemas Urbanos
- III.- Modelos
- IV.- Modelos Urbanos
- V.- Estructura básica de un modelo urbano de simulación dinámica de Cd. Nezahualcóyotl
- Conclusiones

Asímismo fué designado como Asesor de Tesis el señor Ing. Ignacio Lizárraga Gaudry, profesor de esta Escuela.

Ruego a ustedes tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar exámen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A t e n t a m e n t e  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
a la U.N.A.M., a 11 de Junio de 1981.



ING. ALEJANDRO RAMIREZ SECEÑA  
Coordinador del Programa

ENEP - ACATLAN de Ingeniería y Actuaría.  
COORDINACION DE

## AGRADECIMIENTO

La presente tesis es el resultado de una experiencia inolvidable que tuvimos al participar en el Seminario de Sistemas Urbanos, hábilmente dirigido con gran éxito por el Ing. Ignacio Lizárraga Gaudry. Asimismo, se debe a nuestro interés personal por estudiar la cuestión urbana y a la enorme motivación y ayuda que se nos proporcionó en el Seminario.

Queremos dejar testimonio de nuestro más profundo y sincero agradecimiento al Ing. Ignacio Lizárraga Gaudry por la oportunidad que nos brindó, por compartir con nosotros sus grandes conocimientos en la materia y por sus valiosas orientaciones sugerencias y consejos que nos dió durante todo el proceso de elaboración de este trabajo.

## INDICE

### INTRODUCCION

#### PRIMERA PARTE: LOS SISTEMAS URBANOS

##### I. Introducción a los sistemas

- A. El enfoque sistémico
  - 1. Definición de sistema
  - 2. Utilidades del enfoque sistémico
- B. Escalas de un sistema
  - 1. Entorno o medio ambiente
  - 2. Subsistemas
  - 3. Elementos o componentes
- C. Clasificación de los sistemas
  - 1. Clasificación de Beer
  - 2. Clasificación de Hall y Hagen
- D. Otras características de los sistemas
  - 1. Tamaño
  - 2. Estructura
  - 3. Niveles de desagregación
  - 4. Niveles de resolución
  - 5. Similitud de sistemas

##### II. Sistemas Urbanos

- A. Algunas definiciones de sistema urbano
- B. El subsistema ecológico
- C. El subsistema económico
- D. El subsistema político-jurídico
- E. El subsistema social-cultural
- F. El subsistema administrativo

## SEGUNDA PARTE: LOS MODELOS URBANOS

### I. Modelos

- A. El concepto de modelo
- B. Funciones de los modelos
- C. Clasificación de los modelos
- D. Técnicas utilizadas por los modelos matemáticos

### II. Modelos Urbanos

- A. Utilidad de los modelos urbanos
- B. Características generales de los modelos urbanos
  - 1. Objetivos y propósitos de los modelos urbanos
  - 2. Variables de los modelos urbanos
  - 3. Agregación de los modelos urbanos
  - 4. El uso del factor tiempo en los modelos urbanos
- C. Bases teóricas de los modelos urbanos
  - 1. El enfoque económico o de comportamiento
  - 2. El macro-enfoque o física social
  - 3. El enfoque de simulación

### III. Estructura básica de un modelo urbano de simulación dinámica de Ciudad Nezahualcóyotl

- A. Introducción
- B. Objetivos y propósitos del modelo
- C. Descripción del modelo
- D. Modelo
- E. Resultados del modelo obtenidos  
en la computadora Burroughs B6700

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

Antes de fin de siglo, las pirámides de Teotihuacán estarán sobre glorietas, con - semáforos, para evitar la congestión de vehículos.

- Arq. Enrique Avila Riquelme  
Actual Presidente del Colegio de Arquitectos de México.  
(Excélsior, 07/03/74)

Mientras más grandes crecen nuestras extensas ciudades, más irresistible es la atracción que - ejercen sobre los hijos del campo, que son fascinados por ellas, igual que los pájaros son fascinados por el faro, o la mariposa por la flama.

- Havelock Ellis (1859-1939)

# **INTRODUCCION**

## INTRODUCCION.

La explosión demográfica y el desordenado crecimiento urbano son dos de los principales problemas de nuestro tiempo. A comienzos del siglo XX sólo el 1 % de la población mundial vivía en las grandes ciudades. Para 1920 ya era el 14 % y actualmente llega al 40 %. Para el año 2000, más de la mitad de la población de la Tierra, es decir unos 3200 millones de personas vivirán en las enormes urbes.

Uno de los casos más dramáticos, sin duda alguna, es el de la Ciudad de México<sup>1</sup>. En 1970 ocupaba el sexto lugar en número de habitantes y hoy día es la tercera metrópoli más poblada del mundo, con 13.9 millones de habitantes. Como tiene uno de los índices más altos de crecimiento es probable que en 1990 constituya la segunda ciudad más poblada, con 21.6 millones de habitantes, después de Tokio (23.5 millones de habitantes) y, para ese entonces se pronostica que habrá superado en población a Nueva York (20.1 millones de habitantes).

En efecto, la dinámica del crecimiento de las grandes ciudades en América Latina posee una fuerza aterradora e incontenible, que de aquí al año 2000 ocasionará grandes problemas a los futuros gobiernos: insuficiencia de agua potable, exorbitante suministro alimenticio y energético, contaminación ambiental,

---

1. Los datos de población fueron obtenidos del New York Times del 30 de diciembre de 1979.

falta de viviendas, de empleo, de transporte; encarecimiento e insuficiencia de los servicios públicos, migración masiva del campo a la ciudad, proliferación de cinturones de miseria, de posesiones ilegales; incremento de la criminalidad, disolución del núcleo familiar, y en suma, la degradación de la convivencia humana.

En el tiempo que resta del siglo será imprescindible la proyección y construcción de tantas ciudades como las que ahora existen. Ante esta perspectiva, el Ingeniero Civil de nuestro tiempo reconoce que la "producción de ciudades" constituye una de las principales empresas del hombre contemporáneo, y aunado a esto, acepta también que la problemática urbana actual debe examinarse globalmente. ¿Y cómo se puede examinar globalmente este fenómeno? Pues, mediante el enfoque sistémico, es decir, necesitamos concebir a la ciudad como un sistema: como un sistema urbano; identificar sus múltiples subsistemas y entender cómo interactúan; pero no basta únicamente con "sistematizar" a la ciudad, sino que es indispensable además, representarla mediante un modelo, esto es, por medio de un modelo urbano que produzca un cuadro simplificado e inteligible de la realidad: de nuestra realidad.

A través de la divulgación, comprensión y estudio del fenómeno urbano, las acciones serán solidarias y se acercarán cada vez más a su solución. Este es el motivo del presente trabajo.

Principia nuestra tesis con el concepto de sistema y la utilidad del enfoque sistémico. Esto es fundamental, pues lo que

continúa -escalas, clasificación y otras características de los sistemas- está basado en estos conceptos. Esto se realizó con el fin de unificar criterios y contar con un sólido apoyo para cimentar el estudio de los sistemas urbanos. Se expone lo concerniente a: entorno o medio ambiente, subsistemas, elementos o componentes, tamaño, estructura, niveles de resolución y similitud de sistemas.

Después de esta introducción a los sistemas, se inicia el estudio de los sistemas urbanos. Aquí se efectúa un análisis comparativo de las distintas definiciones de sistema urbano hasta encontrar la más adecuada. De esta manera se observó que un sistema urbano está configurado por varios subsistemas: el ecológico, el económico, el político-jurídico, el social-cultural y el administrativo, entre los más importantes. Por lo que se diseñaron diagramas explicativos de los mismos, en donde se pueden advertir sus interrelaciones y componentes.

La segunda parte de nuestra tesis cuenta con una estructura similar a la primera, porque se empieza con la noción de modelo; también se trata lo referente a funciones, clasificación y técnicas utilizadas por los modelos matemáticos. Con esta base firme se presenta lo correspondiente a los modelos urbanos: su utilidad, sus características generales y sus bases teóricas -conforme a los tres enfoques actuales (el enfoque económico o de comportamiento, el macro-enfoque o física social y el enfoque de simulación).

Finalmente, se desarrolla un caso práctico, la problemática urbana de Ciudad Nezahualcóyotl, por medio de un modelo urbano de simulación dinámica. Aquí se construye y se prueba un modelo teórico matemático que sirve para pronosticar la dinámica del crecimiento urbano de Ciudad Nezahualcóyotl. Se calculan varias proyecciones para el año 2000, ya que el modelo es simulado desde 1970 hasta el año 2000. Para simular el modelo se utilizó la computadora Burroughs B6700 del Centro de Servicios de Cómputo de la U.N.A.M. El modelo se formuló en DYNAMO que es un lenguaje de simulación para modelos dinámicos.

La idea de desarrollar una tesis sobre este tipo de cuestiones no surgió únicamente con el afán de alejarse de lo tradicional, sino de nuestro interés personal por tratar de entender la problemática urbana de nuestro tiempo.

En el Seminario de Sistemas Urbanos se nos dió esa oportunidad. Allí fuimos motivados y orientados al respecto desde el inicio del mismo, por medio de conferencias y pláticas de destacados especialistas. Se trataron temas referentes a ingeniería, planeación y sociología urbana; historia de las ciudades y urbanismo, entre muchos otros. También se expusieron problemas de gran trascendencia en el ámbito municipal, en donde, todos tomamos parte en diversas maneras, algunas veces investigando y otras expresando nuestra opinión.

Por eso, nuestra participación en el Seminario de Sistemas Urbanos fue determinante en la elaboración de este trabajo, ya que pudimos conocer cabalmente el fenómeno. Agradecemos sinceramente a todos los conferencistas que intervinieron en el Seminario y muy en especial, al Ing. Ignacio Lizárraga Gaudry - quien lo dirigió magistralmente.

# **PRIMERA PARTE**

## **LOS SISTEMAS URBANOS**

## I. INTRODUCCION A LOS SISTEMAS.

### A. EL ENFOQUE SISTEMICO.

El estudio y tratamiento de los problemas con un enfoque - sistémico constituye una nueva opción que se ha estado aplicando, con gran éxito, en muchas disciplinas, tanto en el campo - científico, administrativo, tecnológico e inclusive en el campo social.

Este punto de vista, desarrollado en los últimos años, ha - demostrado ser muy útil y necesario para la investigación, planeación, diseño, operación y control de sistemas integrados - por hombres, máquinas y otros recursos.

Se han proporcionado muchas definiciones de sistema. Sin embargo, aunque parezca paradójico, se han dado muy pocas y casi todas distintas entre sí, de lo que es un sistema urbano. Por lo que seleccionaremos algunas de estas definiciones para nuestra exposición y así poder explicar, posteriormente, qué es y cómo está configurado dicho sistema urbano.

## 1. DEFINICION DE SISTEMA.

Según L. Von Bertalanffy<sup>1</sup>, podemos llamar sistema al "conjunto de entes y sus atributos interrelacionados, separados del medio ambiente que los rodea, para fines de estudio".

Cabe señalar que esta separación del medio puede hacerse o no, de acuerdo con la complejidad del sistema, de lo cual, dependerá si el sistema es cerrado o abierto. Pero, si es muy complejo, debemos restringirlo a su medio ambiente para conseguir estudiarlo mejor. Esto significa que los límites del sistema son artificiales, es decir, que han sido impuestos por nosotros para facilitar su estudio y que pueden modificarse a nuestra conveniencia.

Otra definición<sup>2</sup> es la siguiente: "sistema es el conjunto y combinación de objetos o partes integradas e interdependientes, cuyas relaciones entre sí y con sus propiedades, las hacen formar un todo unitario y organizado, que cumple con determinado propósito o realiza determinada función, y que puede mantener un cierto grado de estabilidad, aunque la materia y la energía que lo compongan estén sujetas a cambios constantes".

Dos características importantes de todo sistema son: que los lazos de unión que relacionan al grupo de entes deben ser significativos, así como, los límites del sistema deben estar claramente indicados.

---

1. Von Bertalanffy, L., 1976, TEORIA GENERAL DE SISTEMAS, México, Ed. Fondo de Cultura Económica.

2. Varios autores, 1977, PLANEACION DEL SISTEMA URBANO, México Centro de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.

Las entidades y actividades interrelacionadas se consideran subsistemas; la conexión entre estos últimos puede ser diferente: unos procesos están directamente entrelazados, mientras - que otros lo están por una serie de eslabones intermedios.

Los sistemas son generados debido a una acción recíproca de los elementos que los integran. Este enlace entre los componentes internos de un sistema es más firme y estable que la relación de cada uno de ellos con el medio ambiente.

Una consideración importante es la que nos señala Churchman<sup>3</sup>: "un sistema es un conjunto de partes interconectadas; pero cada parte puede considerarse como un sistema por sí mismo. Y todo el sistema inicialmente definido puede considerarse como - una parte de un sistema mayor".

Por otra parte, si estamos hablando de un sistema urbano, un subsistema puede ser el transporte, y un componente de este último sería el transporte terrestre, por ejemplo. Pero si partimos de un sistema de transporte, un subsistema sería ahora el terrestre, y un componente, el transporte ferroviario. Igualmente, si partimos ahora de un nivel nacional, un subsistema sería el urbano, y un componente de éste, el transporte urbano.

Esta relatividad, que depende de la parte que se quiera estudiar, no nos indica que los sistemas son sólo herramientas - que el hombre ha inventado para clasificar los procesos. De hecho, los sistemas existen como entes ordenados e integrados.

---

3. Churchman, C.W., 1968, THE SYSTEMS APPROACH, Nueva York Dell Publishing Co.

Matemáticamente<sup>4</sup>, se puede definir a un sistema como un conjunto  $S$ , compuesto por un conjunto de elementos  $E$  ( $e_0, e_1, \dots, e_i, \dots, e_j, \dots, e_n$ ) y un conjunto de relaciones  $R$  ( $r_{01}, r_{02}, \dots, r_{ij}, \dots, r_{nm}$ ), ver fig. 1. Los elementos del conjunto  $E$  se identifican como atributos variables de objetos, lo que nos indica que no son los objetos mismos los representados en el sistema, sino ciertos atributos de ellos. Por ejemplo, si los elementos del sistema son personas, la identificación de ellas como elementos está determinada por sus características, tales como edad, sexo, ingreso, etc. Muchos sistemas pueden estar constituidos no sólo por elementos reales, sino también por elementos abstractos, que llamaremos entidades o componentes.

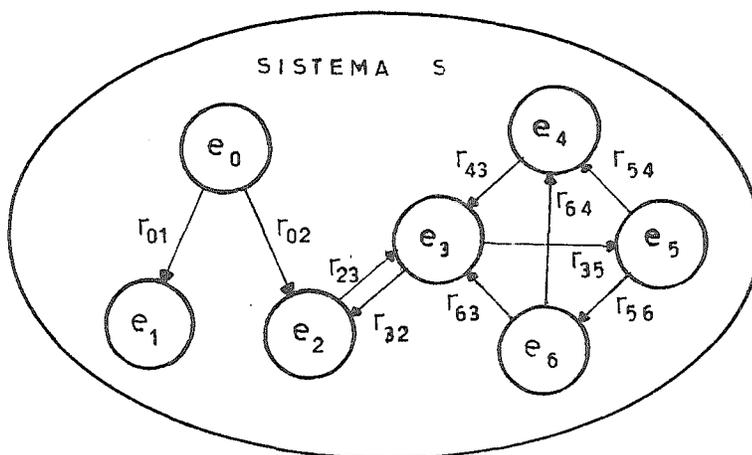


fig.1 EL SISTEMA S.

---

4. Echenique, M. (comp.), 1975, MODELOS MATEMATICOS DE LA ESTRUCTURA ESPACIAL URBANA: APLICACIONES EN AMERICA LATINA, Buenos Aires, Ed. SIAP.

## 2. UTILIDADES DEL ENFOQUE SISTEMICO.

El hecho de concebir y analizar cualquier fenómeno o problema como un sistema resulta de gran utilidad para:

### a. La obtención de postulados.

Que constituye la elaboración y verificación de hipótesis acerca del comportamiento de un sistema sin dejar de tomar en cuenta sus propiedades. Algunas propiedades de los sistemas que se han propuesto son las siguientes:

- 1) INTEGRACION.- Un sistema es un todo indisoluble - que está integrado por partes interrelacionadas, interactuantes e interdependientes, de tal manera que ninguna parte puede ser afectada sin afectar a las demás.
- 2) INTERACCION.- Propiedad que define que todos los sistemas están íntimamente relacionados.
- 3) UNIDAD.- El todo se conduce como la unidad, no importando su grado de complejidad.

- 4) SINERGIA.- Propiedad por la cual la capacidad de -  
actuación del sistema es superior a la  
de sus componentes o elementos sumados  
individualmente.
  
- 5) JERARQUIA.- Los sistemas están relacionados en forma  
jerárquica. Las partes de un sistema  
pueden ser ellas mismas sistemas, y  
las partes de éste, pueden a su vez -  
ser también sistemas.
  
- 6) ESTABILIDAD.- Propiedad de funcionar eficazmente -  
frente a la acción de factores extern  
os.
  
- 7) ADAPTABILIDAD.- Propiedad de evolucionar dinámica-  
mente en relación a su medio ambiente.
  
- 8) SUBORDINACION.- El todo es primario y las partes -  
secundarias. El papel que juegan -  
las partes depende del propósito -  
para el cual existe el todo.
  
- 9) EFICIENCIA.- Propiedad para obtener los objetivos  
mediante el ahorro o la economía de  
medios.

b. Diseño de sistemas.

Este diseño se da mediante un proceso; en una serie de etapas, que se presentan en la evolución de la solución a un cierto problema. Estas etapas<sup>5</sup> son las siguientes:

- 1) FORMULACION DEL PROBLEMA.- Este se define en forma amplia y sin detalles.
- 2) ANALISIS DEL PROBLEMA.- En esta etapa se le define con todo detalle.
- 3) BUSQUEDA DE SOLUCIONES.- Las soluciones alternativas se reúnen mediante investigación, evaluación, etc.
- 4) DECISION.- Todas las alternativas se seleccionan, comparan y evalúan hasta que se obtiene la solución óptima.
- 5) ESPECIFICACION.- La solución elegida se expone por escrito, detalladamente.

---

5. Krick, V.E., 1976, INTRODUCCION A LA INGENIERIA Y AL DISEÑO EN INGENIERIA, México, Ed. Limusa



A partir de cuando Von Bertalanffy concibió la idea de una teoría general de sistemas han surgido de ella algunas ramas; que tienen, como uno de sus objetivos fundamentales, la elaboración de una metodología para el diseño de sistemas. Tales ciencias, de reciente creación, son:

- 1) LA INGENIERIA DE SISTEMAS, que es la aplicación del conocimiento humano para el establecimiento de los cursos de acción más eficientes y eficaces para que el sistema cumpla con sus objetivos.
  
- 2) LA INVESTIGACION DE OPERACIONES<sup>6</sup>, que es "la aplicación del método científico por equipos interdisciplinarios a problemas que comprenden el control de sistemas organizados hombre-máquina, para dar soluciones que sirvan mejor a los propósitos de la organización como un todo".

c. Planeación de sistemas.

La persona que diseña, está, al mismo tiempo, llevando a cabo un plan, está definiendo procesos lógicos de operación o de implementación de proyectos, empresas o sistemas.

---

6. Ackoff, R.L. y Sasieni, M.W., 1975, FUNDAMENTOS DE INVESTIGACION DE OPERACIONES, México, Ed. Limusa.

En dichos sistemas, la planeación desempeña un papel muy importante, ya que es responsabilidad de quienes elaboran los - planes de desarrollo para sistemas complejos definir los objetivos reales del sistema, cuyo cumplimiento se define como una responsabilidad de la administración del sistema.

La planeación es también una actividad cíclica; se realiza en varias etapas que permiten conocer y dominar la complejidad de las operaciones sujetas a control por el plan. La información que se tiene en cada fase de planeación permite ajustar los - planes. De esta manera, los pronósticos para la siguiente etapa resultarán más confiables; conforme reduzcamos la incertidumbre en el proceso de implementación y control mediante el uso de esta retroalimentación.

#### B. ESCALAS DE UN SISTEMA.

Las escalas de un sistema son simplemente las partes que influyen en él. Estas partes son:

1. El entorno o medio ambiente
2. El sistema mismo
3. Los subsistemas
4. Las relaciones
5. Los elementos o componentes

## 1. ENTORNO O MEDIO AMBIENTE.

El entorno o medio ambiente es el conjunto de todos los sistemas que no es el que estamos analizando, pero que lo afectan y son afectados por él.

De acuerdo con la definición matemática de sistema, dada anteriormente, dentro del conjunto  $E$  de elementos, existe al menos uno ( $e_0$ ) que contiene al entorno, y en él se encuentra todo aquello que no se incluye en los elementos del sistema. Si el entorno y los elementos del sistema están activamente relacionados ( $r_{0i}$  o  $r_{i0} \neq 0$ ) el sistema es abierto. De otra forma, si no hay interacción ( $r_{0i}$  o  $r_{i0} = 0$ ) el sistema es cerrado, ver fig. 3.

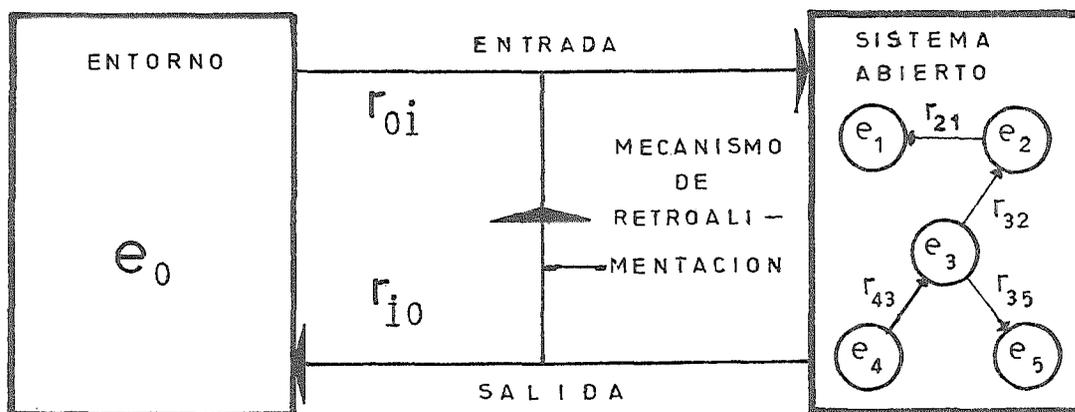


fig. 3 EL SISTEMA Y SU ENTORNO.

## 2. SUBSISTEMAS.

Para facilitar el manejo de los sistemas éstos se dividen - en subsistemas, siempre y cuando estas partes separadas conten gan cierto grado de comunicación interna y sus procesos sean - claramente identificables. Los subsistemas también se forman - cuando agrupamos cierto número de elementos del sistema que se identifican entre sí o están interconectados fuertemente por - tener características similares.

Desde otro punto de vista, se ha definido al subsistema<sup>7</sup> co mo "un concepto general que agrupa requerimientos con fuertes relaciones", entendiéndose por requerimientos a las necesidades evidentes del contexto humano, como la necesidad de enseñanza, vestido, alimentación, etc.

## 3. ELEMENTOS O COMPONENTES.

Los elementos o componentes son las partes más pequeñas de un sistema, la parte menor para analizar o detallar. Sólo nos interesa su comportamiento, no su estructura. Se definen como "cajas negras" por esta característica, ya que es un proceso contenido dentro de ciertos límites, del cual sólo nos interere

---

7. Sánchez, A., 1978, SISTEMAS ARQUITECTONICOS Y URBANOS, Mé- xico, Ed. Trillas

sa lo que entra como insumo y lo que sale como producto, ver -  
fig. 4.

Cuando un elemento está conectado con el medio ambiente, a éste se le llama elemento de entrada al sistema si su relación  $r_{0i}$  es distinta de cero; y elemento de salida, si su relación  $r_{i0}$  es también distinta de cero, ver fig. 5.

Por otra parte, un elemento es endógeno si su valor se determina dentro del sistema y exógeno cuando es dado fuera de éste.

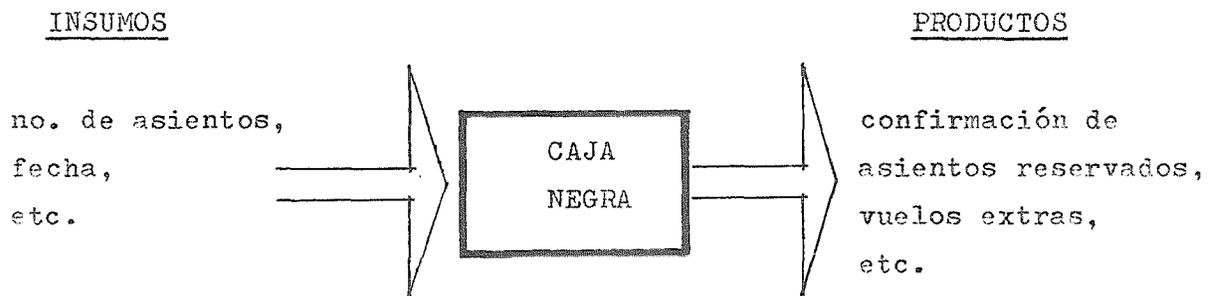
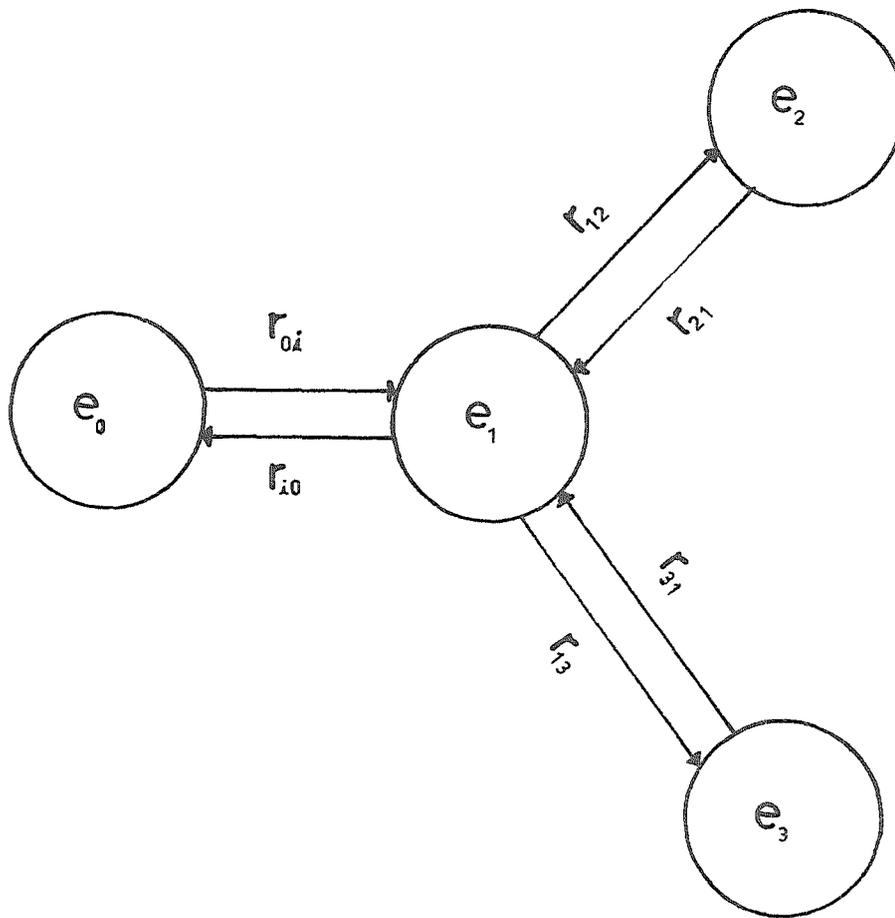


fig. 4 EJEMPLO DEL METODO DE LA "CAJA NEGRA" EN EL CASO DE UNA AGENCIA DE RESERVACIONES DE VIAJES.



$e_0$  = entorno

$e_1$  = elemento de entrada, determinado exógenamente

$e_2, e_3$  = elementos determinados endógenamente

$r_{ij}$  = relaciones entre los elementos

fig. 5 RELACIONES ENTRE ELEMENTO Y ENTORNO.

### C. CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS.

Existen varias maneras de clasificar a los sistemas. Por ejemplo, se pueden clasificar en abiertos o cerrados, en base a su relación con el entorno; en naturales (sistema solar, - sistema biológico, etc.) o artificiales (sistema urbano, sistema económico, etc.).

#### 1. CLASIFICACION DE BEER.

Stafford Beer<sup>8</sup> clasifica a los sistemas de la siguiente manera:

##### a. SISTEMAS DETERMINISTICOS:

- 1) SIMPLES
- 2) COMPLEJOS

##### b. SISTEMAS PROBABILISTICOS:

- 1) SIMPLES
- 2) COMPLEJOS

---

8. Beer, S., 1966, DECISION AND CONTROL, Nueva York, Wiley

## 2. CLASIFICACION DE HALL Y HAGEN.

Esta clasificación es más detallada y específica que la anterior, y una de las más completas que se han dado. Esta clasificación se muestra en el cuadro 1.

### D. OTRAS CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS.

#### 1. TAMAÑO.

El tamaño de un sistema no se puede medir físicamente. Sólo se puede medir cuantitativamente en base al número identificable de subsistemas y sus relaciones posibles.

Por ejemplo, un sistema que esté formado por 5 subsistemas que estén todos relacionados recíprocamente (con flechas bidireccionales), tendrá una "variedad" de  $5 \times 4 = 20$ . El 4 es el número de subsistemas con que está interactuando recíprocamente un subsistema cualquiera del sistema.

El número de variedad nos indica el tamaño del sistema. Cuando existe un sistema dinámico -con relaciones recíprocas de - sus subsistemas- la variedad se hace mayor. Si en el ejemplo citado anteriormente, el sistema fuera dinámico, su variedad se convertiría en  $2^{20} = 1,048,576$ .

Cuadro 1. Clasificación de los sistemas, propuesta por Hall y Hagen.

PRIMER NIVEL (Por nivel de energía)

1. Abióticos
2. Bióticos
3. Ecológicos

SEGUNDO NIVEL (Por complejidad de organización energética)

1. Subatómicos
2. Atómicos
3. Moleculares
4. Celulares
5. Orgánicos
6. Organísmicos
7. Grupales
8. Organizacionales

TERCER NIVEL (Por uso de energía e información)

1. Cerrados
2. Abiertos
3. Complejos
4. Teleológicos
5. Retroalimentados
6. Determinísticos
7. Probabilísticos
8. Estáticos
9. Dinámicos

CUARTO NIVEL (Por sus límites generales espacio-temporales)

1. Cosmológicos
2. Geológicos
3. Climáticos
4. Botánicos
5. Zoológicos
6. Humanos
7. Macroecológicos
8. Microecológicos

QUINTO NIVEL (Por sus límites particulares espacio-temporales)

1. Mundiales
2. Internacionales
3. Nacionales
4. Regionales
5. Urbanos
  - 5.1. Arquitectónicos
  - 5.1a. Técnicas constructivas

SEXTO NIVEL (Por su operatividad general)

1. Abstractos (no operativos)
  - 1a. Simbólicos
  - 1b. Filosóficos
  - 1c. Estéticos
2. Concretos (operativos)
  - 2a. Humanos
  - 2b. Mecánicos
  - 2c. Humano-mecánicos

SEPTIMO NIVEL (Por su operatividad particular)

1. Económicos
2. Sociológicos
3. Políticos
4. Psicológicos

## 2. ESTRUCTURA.

El comportamiento de un sistema depende de su estructura y de su estado, entendiéndose por este último al valor de los elementos y sus relaciones en un determinado momento en el tiempo. La estructura es la manera en que se relacionan unos elementos con otros. Los principales tipos de estructuras se muestran en la fig. 6.

La estructura de un sistema se mantiene generalmente constante, siendo su estado el que varía.

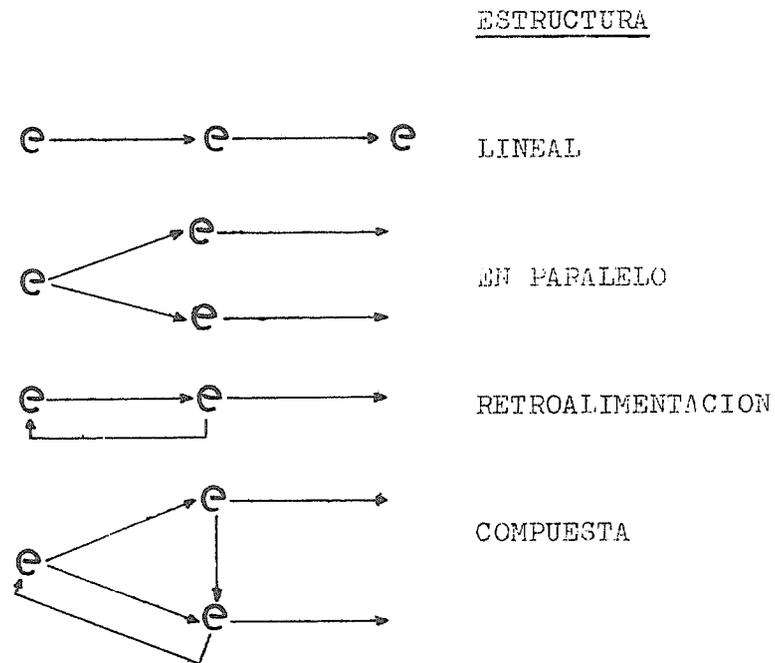


fig. 6 DIFERENTES ESTRUCTURAS DE UN SISTEMA.

### 3. NIVELES DE DESAGREGACION.

El nivel a que se analizan los elementos del sistema se llama nivel de desagregación y éste depende de los recursos de que se dispone y de la intención con que se estudia el sistema. Un ejemplo de niveles de desagregación que da Echenique<sup>9</sup> para un sistema urbano se muestra en la fig. 7.

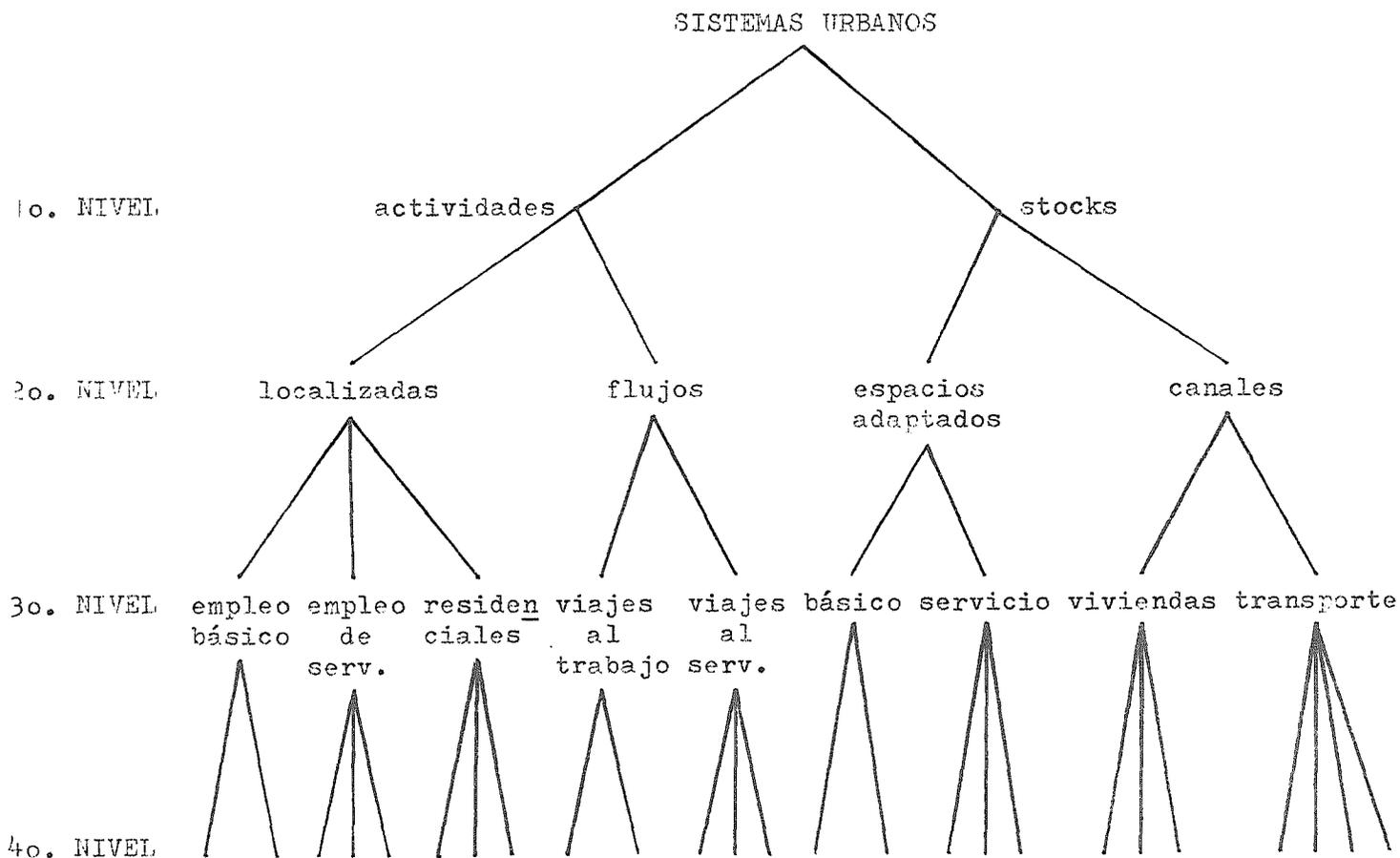


fig. 7 NIVELES DE DESAGREGACION EN UN SISTEMA URBANO.

---

9. Op. cit.

#### 4. NIVELES DE RESOLUCION.

Los niveles de resolución se refieren sencillamente al grado de profundidad en el estudio de un sistema o al grado de detalle en la solución de algún problema en particular. Así, por ejemplo, al estudiar un sistema urbano, un primer nivel de resolución sería el de estudiar la población; un segundo nivel sería el transporte; un tercer nivel podría ser el estudio del empleo, y así sucesivamente hasta donde se considere suficiente para resolver cierto problema o analizar determinadas características del sistema en cuestión.

#### 5. SIMILITUD DE SISTEMAS.

El nacimiento de la teoría general de sistemas se realizó al tratar de definir las propiedades más generales de los sistemas y por esto, se han estado desarrollando estudios sobre leyes de estructura similar (isomorfismo) que sean válidas en distintos campos, surgiendo con esto la posibilidad de tomar modelos y principios de un campo para aplicarlos en otro, así como la posibilidad de unificar las ciencias sociales con las físicas, por ejemplo.

De esta manera, han surgido últimamente teorías tales como la de la física social, en la que se supone que los flujos, ya sea de tráfico, información, mercancías, etc., entre las diferentes zonas de un territorio, son determinados por fuerzas de tipo

gravitacional. Los flujos son proporcionales al tamaño de las actividades que se efectúan en esas zonas, medidas por diferentes parámetros e inversamente proporcionales a una función de distancia entre ellas.

## II. SISTEMAS URBANOS.

En las dos últimas décadas se ha procurado desarrollar una verdadera ciencia de las cuestiones urbanas, esto es, se ha intentado estudiar el fenómeno de una manera científica mediante la elaboración e integración de teorías que permitan pronosticar y controlar ciertas tendencias de crecimiento y desarrollo de las ciudades. Estas teorías pretenden definir una estructura lógica del proceso urbano basándose en la observación y análisis de los fenómenos que ocurren en las grandes urbes, considerando asimismo, como un sistema a la estructura espacial de las ciudades actuales.

Los problemas que surgen en esta área del conocimiento no son menos difíciles que lo que pudiera pensarse. De hecho, el número de factores y variables que intervienen en el proceso urbano es muy elevado, y por consiguiente, se debe manejar una información muy extensa, dispersa, y muchas veces incompleta - lo que ocasiona que el estudio de estos problemas sea de un nivel de complejidad muy grande y que el tiempo para realizar estos estudios sea considerable.

Sin embargo, la concepción de la ciudad como un sistema urbano ha permitido obtener muchos beneficios y ventajas, como - las siguientes:

- a) Se permite establecer analogías entre el sistema urbano -que es todavía poco conocido- y otros sistemas que han sido claramente comprendidos. De esta manera, se pueden deducir propiedades y formular hipótesis sobre la "forma" de las relaciones que se dan entre - los componentes del sistema.
- b) Se puede alcanzar una descripción lógica, y por lo tanto, comunicable y medible del sistema urbano analizado.
- c) Se puede describir el estado del sistema urbano, esto significa fijar valores precisos para los elementos - del sistema y sus relaciones; lo cual permite crear un criterio objetivo de comparación entre la descripción del sistema y la realidad.

A. ALGUNAS DEFINICIONES DE SISTEMA URBANO.

Para entender el concepto de sistema urbano es necesario - dar respuesta a preguntas tales como:

1. ¿Cuáles son las relaciones internas -subsistemas y elementos- que existen en un sistema urbano y cómo interactúan?
2. ¿Cuáles son las relaciones externas -medio ambiente- y de qué manera influyen en el sistema urbano?

En relación a la primera pregunta, Reif<sup>1</sup> clasifica en cuatro grupos a los elementos básicos del sistema urbano:

OBJETOS

POBLACION

MERCANCIA

VEHICULOS

ACTIVIDADES

RESIDENCIAL

TRABAJO

---

1. Reif, B., 1978, MODELOS EN LA PLANIFICACION DE CIUDADES Y REGIONES, Madrid, Ed. Instituto de Estudios de Administración Local, Col. Nuevo Urbanismo no. 27.

COMERCIO

ENSEÑANZA

PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS

OCIO

INFRAESTRUCTURA

EDIFICIOS:

VIVIENDAS

ESCUELAS

TIENDAS

FABRICAS

OFICINAS

MEDIOS DE TRANSPORTE:

CARRETERAS

VIAS DE FERROCARRIL

AEROPUERTOS

PUERTOS

ETC.

SUELO

DIFERENTES USOS DEL SUELO

Reif también menciona que estos elementos se pueden agrupar para formar subsistemas, y que al estar algunos elementos incluidos en dos o más de ellos se demuestra la interacción que existe en el sistema urbano, ver fig. 1. Pero debido a la falta de conocimiento de algunas relaciones entre los elementos del sistema urbano, algunos subsistemas se han tenido que estudiar cerrados; teniendo que aislar -artificialmente- los distintos subsistemas con la esperanza de que investigaciones ulteriores proporcionen más información sobre las relaciones entre los subsistemas, y por ende, entre todos los elementos del sistema urbano.

Por otro lado, Echenique<sup>2</sup> concibe al sistema urbano como una entidad separable, es decir, como un conjunto de niveles de desagregación, ver fig. 2. El explica que el sistema urbano se puede desagregar inicialmente en dos componentes: las actividades humanas, como son el trabajar, el viajar, el estudiar, etc., y los stocks físicos, tales como los edificios, el suelo y los canales de comunicación que contienen dichas actividades.

En el siguiente nivel, las actividades humanas se desagregan en otros dos elementos: las actividades localizadas, que son las que se desarrollan en un determinado lugar (el trabajo, la escuela, etc.) y las actividades de flujo, que son tales como el viajar o el suministro de mercancías.

---

2. Echenique, M. (comp.), 1975, MODELOS MATEMATICOS DE LA ESTRUCTURA ESPACIAL URBANA: APLICACIONES EN AMERICA LATINA, Buenos Aires, Ed. SIAP.

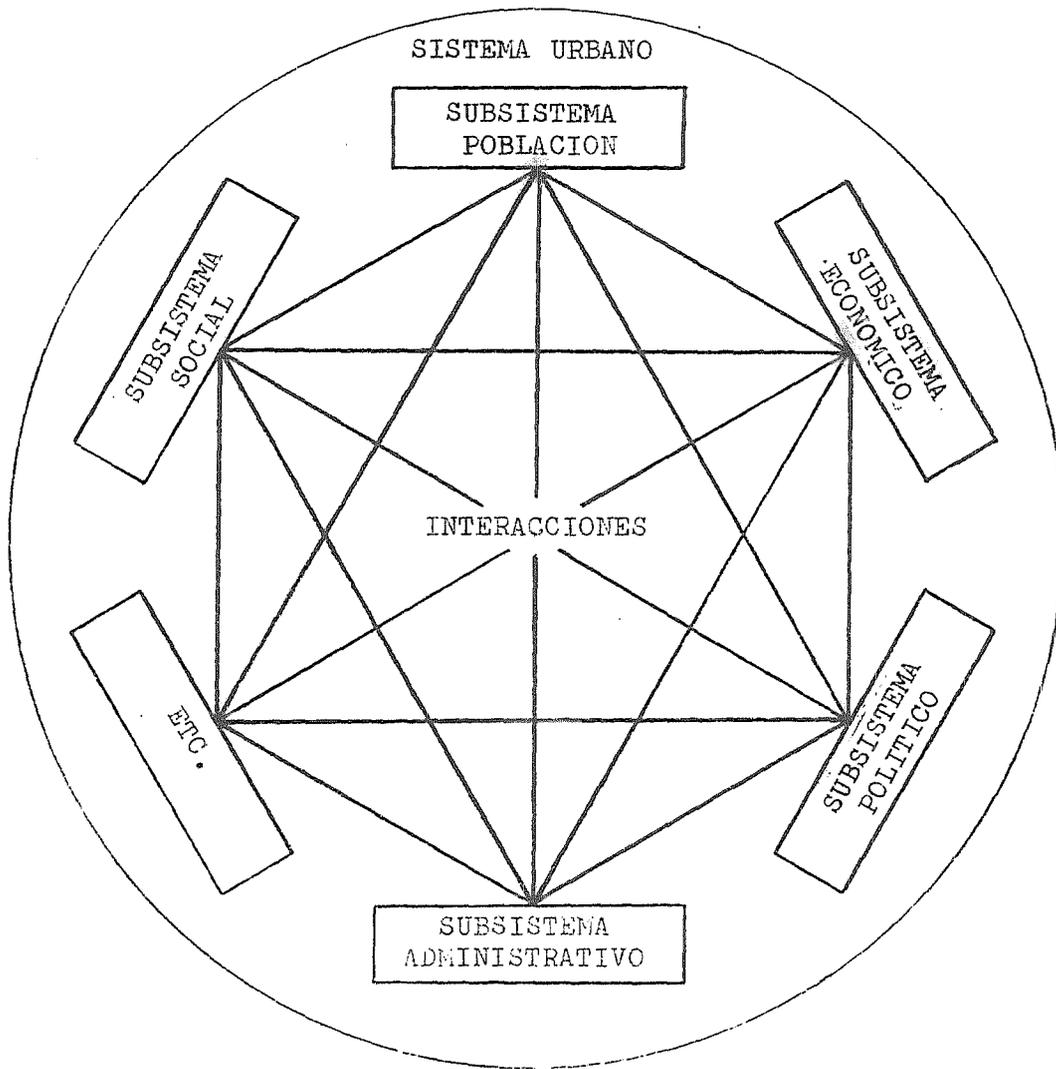


fig. 1 EL SISTEMA URBANO CONSIDERADO COMO LA INTEGRACION ESTRUCTURADA DE VARIOS SUBSISTEMAS.

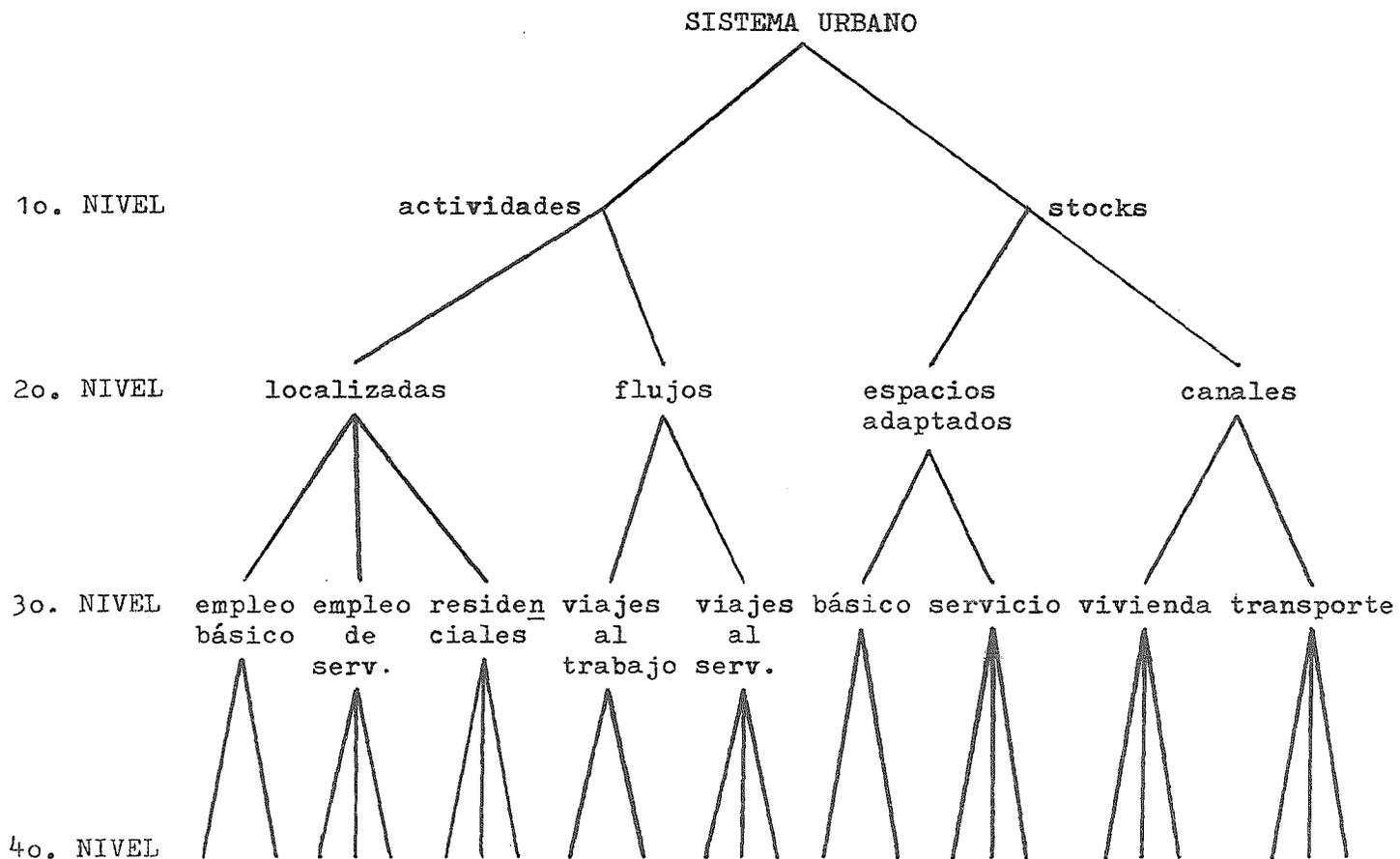


fig. 2 EL SISTEMA URBANO, SEGUN ECHENIQUE.

Así también, los stocks físicos se desagregan en espacios - adaptados o locales que sirven para el desarrollo de las actividades localizadas (por ejemplo, los edificios) y en canales de comunicación, que contienen los flujos. Dentro de este nivel se pueden aplicar los modelos de transporte para estimar los - flujos producidos.

En el tercer nivel las actividades localizadas se desagregan en varios tipos, como las de empleo básico, empleo de servicio y las residenciales. En este nivel se pueden aplicar los llamados modelos de accesibilidad, que permiten determinar la localización de los residentes, si se conoce la localización de ciertas actividades, como el empleo. Asimismo, los flujos se desagregan en viajes al trabajo y en viajes al servicio; los espacios adaptados en espacios básicos y en espacios de servicio y los canales de comunicación, en transportes y viviendas.

De este modo pueden seguir apareciendo más niveles de desagregación, pero cada vez más complejos y con más datos necesarios para analizarlos.

Ahora bien, partiendo de lo general a lo particular se muestra en la fig. 3 una visión general de un sistema urbano. Aquí se puede observar que el sistema urbano en estudio está interactuando con otros sistemas urbanos, con un sistema ecológico externo<sup>3</sup> y con sistemas rurales o regionales; y también recibe -

---

3. Posteriormente se verá que existe un sistema ecológico interno, es decir, como un subsistema del sistema urbano.

influencias externas, reflejadas como flujos migratorios, políticas internacionales, etc.

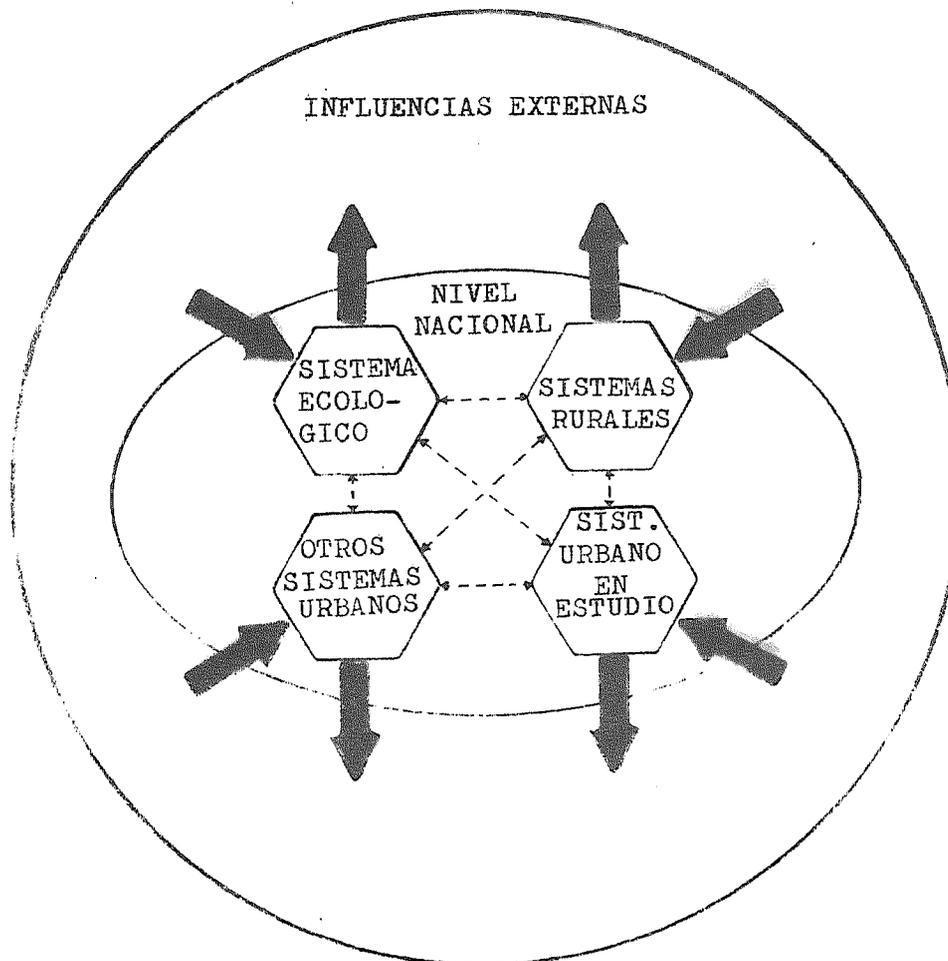
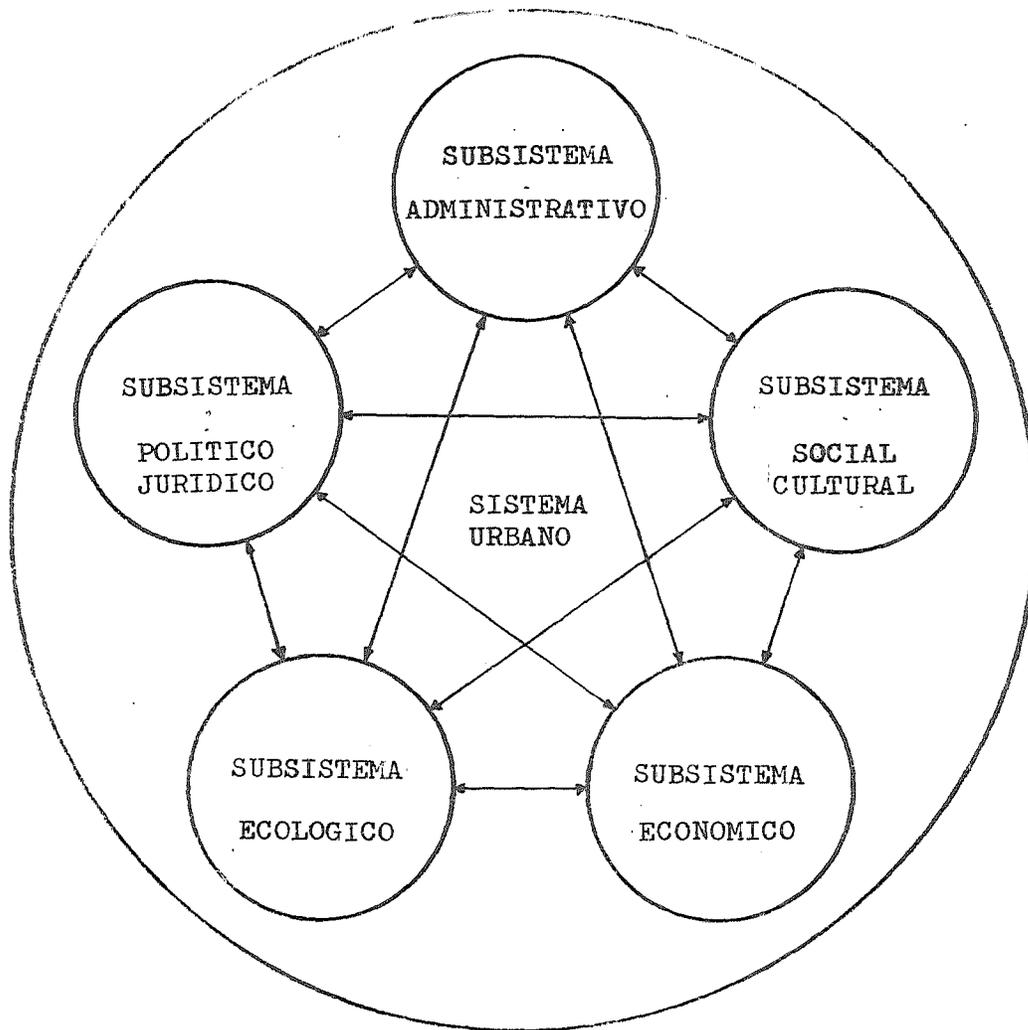


fig. 3 VISION GENERAL DE UN SISTEMA URBANO.



fig. 6 EL CONCEPTO DE SISTEMA URBANO.



En resumen se tiene que el sistema urbano se puede definir como un conjunto de partes identificables (el subsistema ecológico, el económico, el administrativo, el político-jurídico y el social-cultural) que organizadas funcionalmente y con capacidad de interactuar pretenden simbolizar a la ciudad y a su entorno urbano como un todo integrado.

## B. EL SUBSISTEMA ECOLOGICO.

Desde los inicios de la humanidad el hombre ha estado en contacto con la naturaleza y ha dependido directamente de los recursos que ésta le ofrece. En un principio esta dependencia era absoluta, ya que el hombre formaba parte de un ecosistema en el cual tenía un nicho ecológico determinado. Con el paso del tiempo el ser humano fue modificando las condiciones iniciales del medio ambiente hasta llegar a crear sus propios ecosistemas en forma de ciudades.

Los biólogos han estudiado la localización y distribución en comunidades de plantas y animales. Esta localización y distribución obedece a determinados procesos de competencia, selección y cooperación entre los organismos, cuyas causas y leyes muchas veces se pueden definir. Lo mismo sucede con el hombre civilizado cuando le enfocamos bajo un ángulo ecológico.

Pero veamos qué es la ecología. La ecología<sup>4</sup> es la parte de la biología que estudia las relaciones de los seres vivos entre sí con el medio ambiente que los rodea. El concepto más importante en ecología es el ecosistema, que se define como un sistema abierto en donde conviven el factor biológico multiespecífico y los elementos no vivientes, dentro de una área definida en el tiempo y en el espacio.

---

4. González, González Jorge et al., 1972, ECOLOGIA, México, Ed. ANUIES.

Podemos tomar como ejemplos de ecosistemas: un bosque, una laguna, un desierto, una selva, un parque, un acuario, o una ciudad con sus integrantes. Esto es muy importante, pues desde el punto de vista ecológico, una ciudad puede considerarse como un ecosistema, una isocenosis<sup>5</sup> o un macrohabitat<sup>6</sup>.

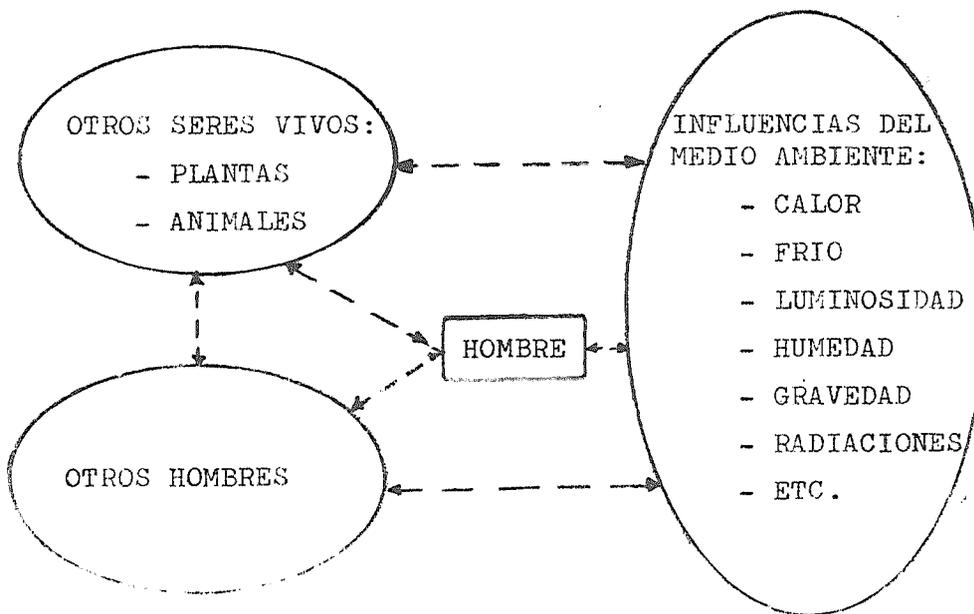


fig. 7 ESQUEMA DE UN ECOSISTEMA.

---

5. Isocenosis es la reunión de varios ecosistemas con características similares.

6. Macrohabitat es el lugar donde un ser vivo encuentra todos los elementos necesarios para sobrevivir y desarrollar todas sus funciones biológicas.

De todas las consideraciones anteriores se muestra a continuación un esquema del subsistema ecológico.

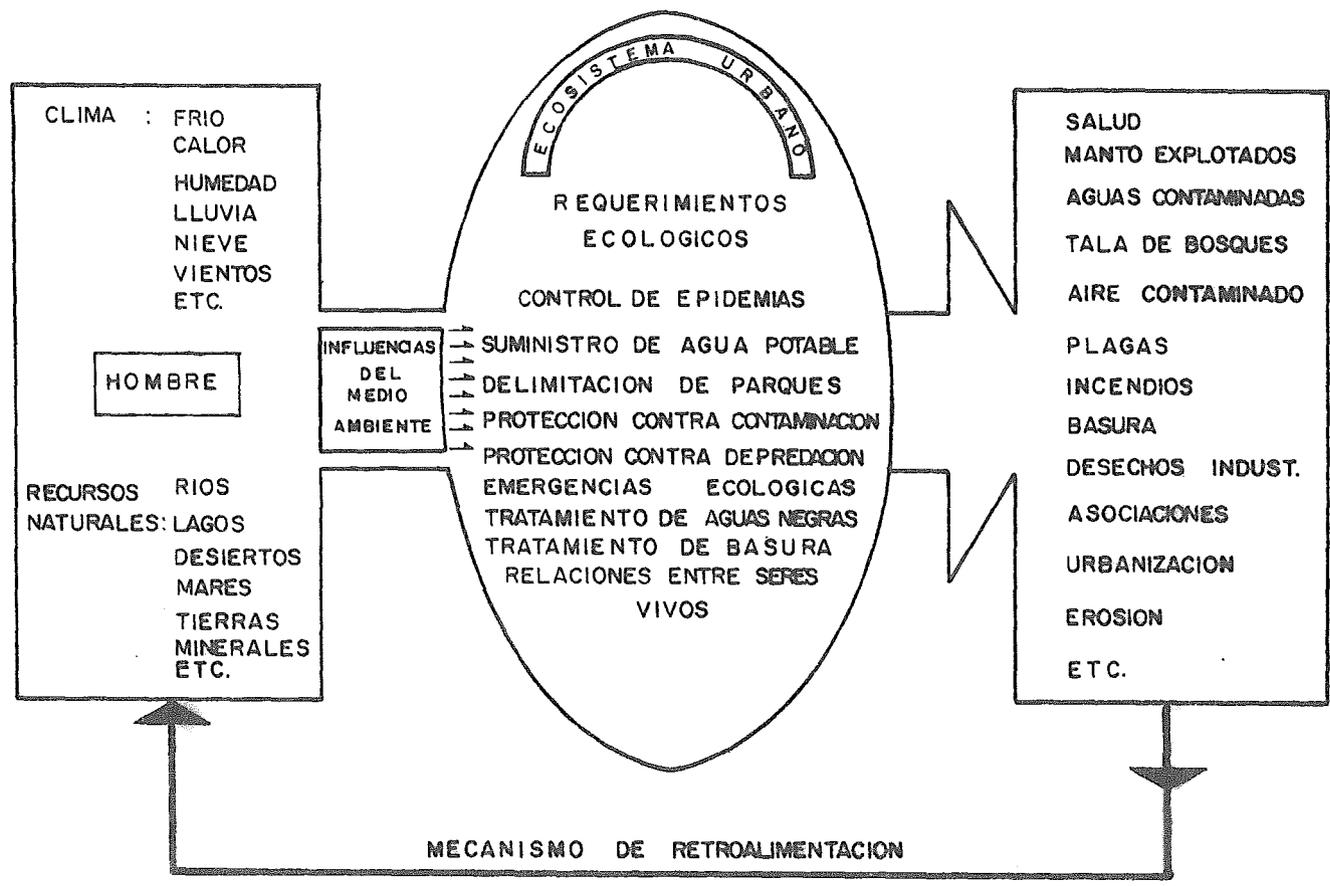


fig. 8 EL SUBSISTEMA ECOLOGICO.

### C. EL SUBSISTEMA ECONOMICO.

La investigación y la actividad económica persiguen el óptimo empleo y la racional distribución de medios limitados, con objeto de alcanzar un cierto objetivo. Lo mismo si se trata de armonizar el empleo de los distintos factores productivos, que de decidir el mejor destino que se pueda dar a una renta, o bien de elegir el procedimiento más eficiente y menos costoso para fabricar un determinado producto, el "principio económico" permanece inalterable: dado un fin, realizarlo con medios mínimos; dados unos medios obtener de ellos el máximo rendimiento. Es lógico, sin embargo, que el principio económico, aunque vigente en numerosos aspectos de la actividad humana, haya encontrado su campo más vasto de aplicación en el trabajo que ha de realizar el hombre para procurarse los bienes necesarios para la satisfacción de sus necesidades.

La economía<sup>7</sup> es, pues, la ciencia que estudia el trabajo humano, empleado directa o indirectamente, para la satisfacción de necesidades, es decir, para la creación de bienes. También se afirma que la economía es la ciencia de la riqueza y ésta consiste en bienes y servicios lo bastante escasos para tener un valor en dinero.

---

7. Scott, H.M., 1970, CURSO ELEMENTAL DE ECONOMIA, México, Ed. Fondo de Cultura Económica.

La economía vista como un sistema es, en esencia, la conceptualización de la misma. Este enfoque<sup>8</sup> se ha llamado con el título de "economía estructuralista" la cual se caracteriza - porque sus manifestaciones se conciben como entes integrados, ordenados e interrelacionados, a juicio de algunos autores; y en opinión de otros, la economía estructuralista define los - factores estructurales como aquellos que son relativamente estables en relación o en comparación con otros.

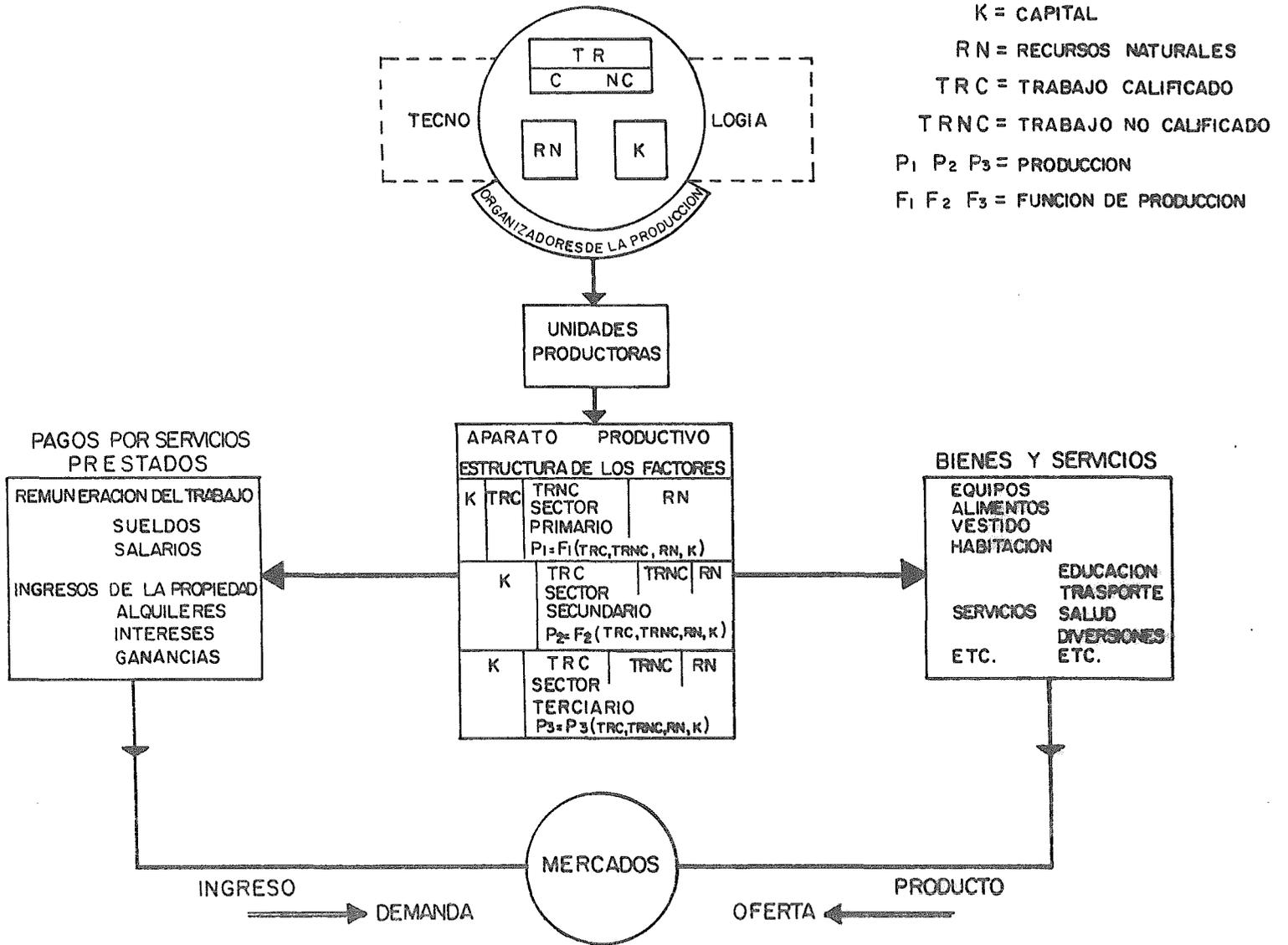
La finalidad del sistema económico es producir una amplia variedad de bienes que puedan satisfacer las necesidades y los deseos del ser humano. Estos bienes se pueden dar gracias a las - instalaciones industriales, los medios de transporte, las escuelas, etc., lo que constituye la "reserva de capital" de una - ciudad, región o país, según sea el caso.

En la fig. 9 se puede observar el sistema económico en general, el cual es estimado como el subsistema económico de un sistema urbano. Así los distintos sectores de la economía: Primario (actividades agropastoriles y extractivas), Secundario (actividades industriales o de transformación) y el Terciario (actividades de prestación de servicios) existen gracias a la organización del capital y del trabajo, ambos respaldados por la - tecnología.

---

8. Barros de Castro, A. y Lessa Carlos, F., 1979, INTRODUCCION A LA ECONOMIA: UN ENFOQUE ESTRUCTURALISTA, México, Ed. Siglo XXI.

FIG. 9 EL SUBSISTEMA ECONOMICO.



D. EL SUBSISTEMA POLITICO-JURIDICO.

Dentro del subsistema político se generan ciertas demandas o bien, existe apoyo a las políticas establecidas. Estas dos -variantes las podemos llamar "insumos", los cuales se convierten en "productos" cuando se gestionan con las autoridades. Así, dichas autoridades toman las decisiones o efectuan las acciones para poder cumplir con las demandas, pero basadas o apoyadas siempre bajo cierta legislación, como se muestra en la -figura siguiente.

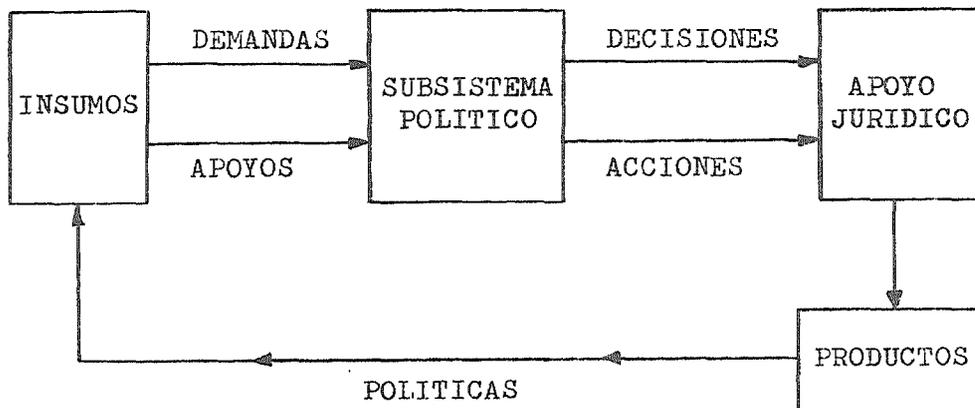


fig. 10 CORRESPONDENCIA DEL SUBSISTEMA POLITICO CON EL APOYO JURIDICO.

<u>FACTORES</u>	<u>DEMANDA</u>	<u>INSTRUMENTOS DE POLITICA</u>
RECURSOS NATURALES	REDUCIR EL COSTO DE EXPLOTACION DE RECURSOS NAT.	SUBSIDIAR LA EXPLORA- CION DE RECURSOS NAT.; BRINDAR INFRAESTRUCTU- RA DE TRANSPORTE.
TRABAJO	AUMENTAR LOS SALA- RIOS REGIONALES.	INCENTIVOS PARA EMPLEA- DOS DE AREAS ESPECIFI- CAS.
TRABAJO	REDUCIR EL COSTO DE LA VIDA REGIO- NAL.	IMPORTACION LIBRE DE DE- RECHOS DE BIENES DE CON- SUMO EN CIERTAS AREAS.
CAPITAL	REDUCIR EL COSTO LOCAL DE BIENES DE CAPITAL.	IMPORTACION LIBRE DE DE- RECHOS DE ALGUNOS BIENES DE CAPITAL.
TECNOLOGIA	REDUCIR EL COSTO DE LA TECNOLOGIA.	SUBSIDIOS PUBLICOS PARA LA INVESTIGACION.

Al igual que el medio ambiente del sistema urbano, el entor-  
no del subsistema político-jurídico también se da a nivel nacio-  
nal como internacional (ver fig. 11) el cual, según Easton<sup>9</sup>  
los elementos se dividen dentro del ambiente intrasocietal y am-  
biente extrasocietal.

---

9. Easton, D., 1974, ESQUEMA PARA EL ANALISIS POLITICO, Buenos Aires, Amorrortu Editores.

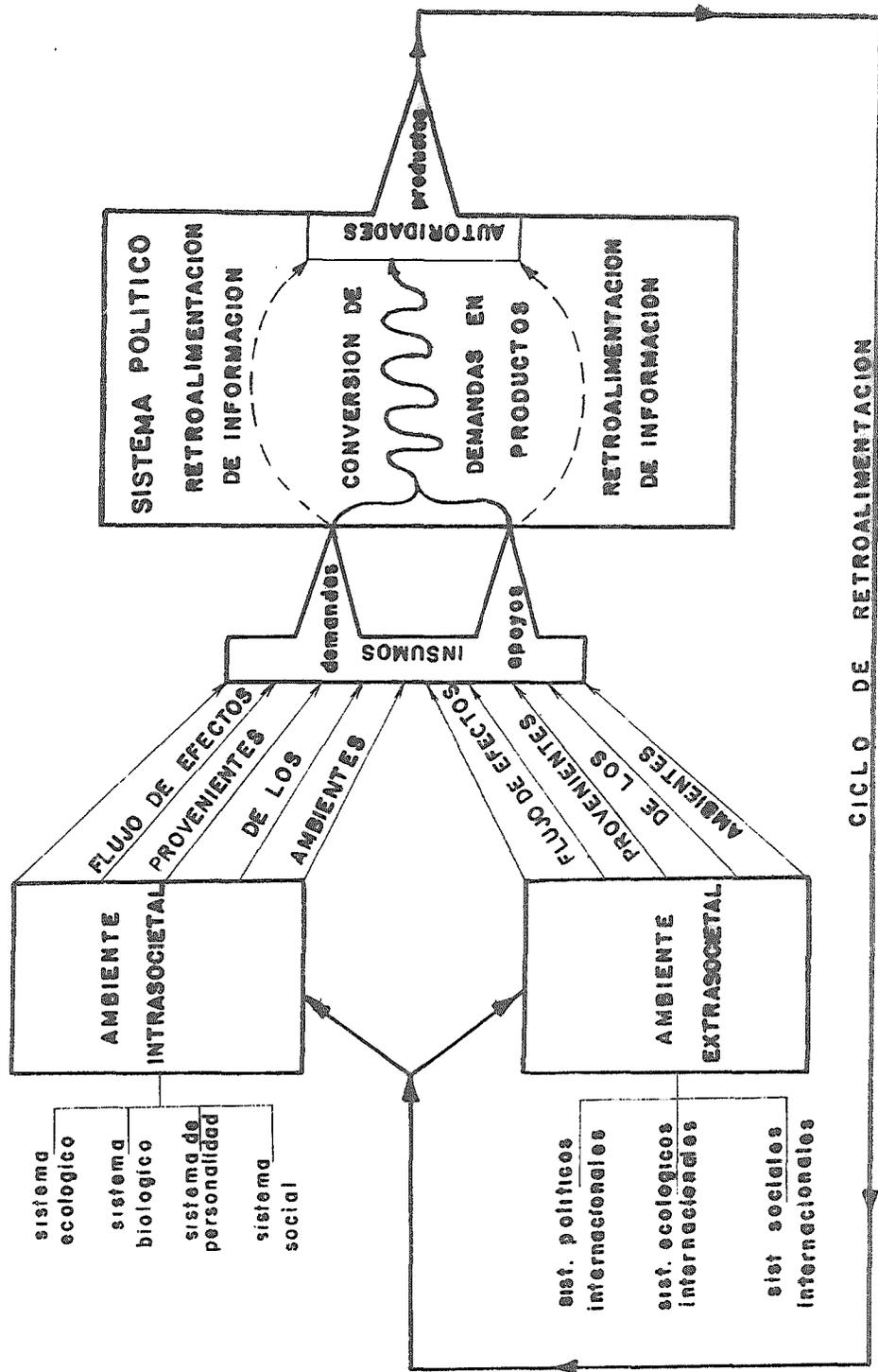


fig. 11 EL SUBSISTEMA POLITICO-JURIDICO.

## E. EL SUBSISTEMA SOCIAL-CULTURAL.

Cuando el hombre abandona su naturaleza puramente natural, instintiva y empieza a formar parte de una colectividad, en ese momento se convierte en un ser social<sup>10</sup>. De esta manera, la sociología tiene como objeto de estudio al ser humano en sus relaciones sociales, así como a las conductas humanas que como producto de la vida del grupo a que pertenecen surgen en el contexto social.

Por lo que respecta a la cultura, ésta se considera como el conjunto de costumbres, formas de vida e instituciones económicas, políticas, sociales, legales, educativas, religiosas y artísticas de una determinada sociedad. Es por ello, que aquí se ha propuesto un subsistema social-cultural.

Un subsistema de esta índole se muestra en la fig. 12. Allí se puede apreciar que las distintas características socio-culturales del hombre entran como "insumos" al subsistema en sus tres aspectos más relevantes: la movilización social y las conductas urbanas, el fenómeno de la institucionalización y el concepto de infraestructura psico-social, que dan como "productos" ciertos patrones de conducta dentro de la sociedad.

---

10. Sánchez Vázquez, A., 1969, ETICA, México, Ed. Grijalbo.

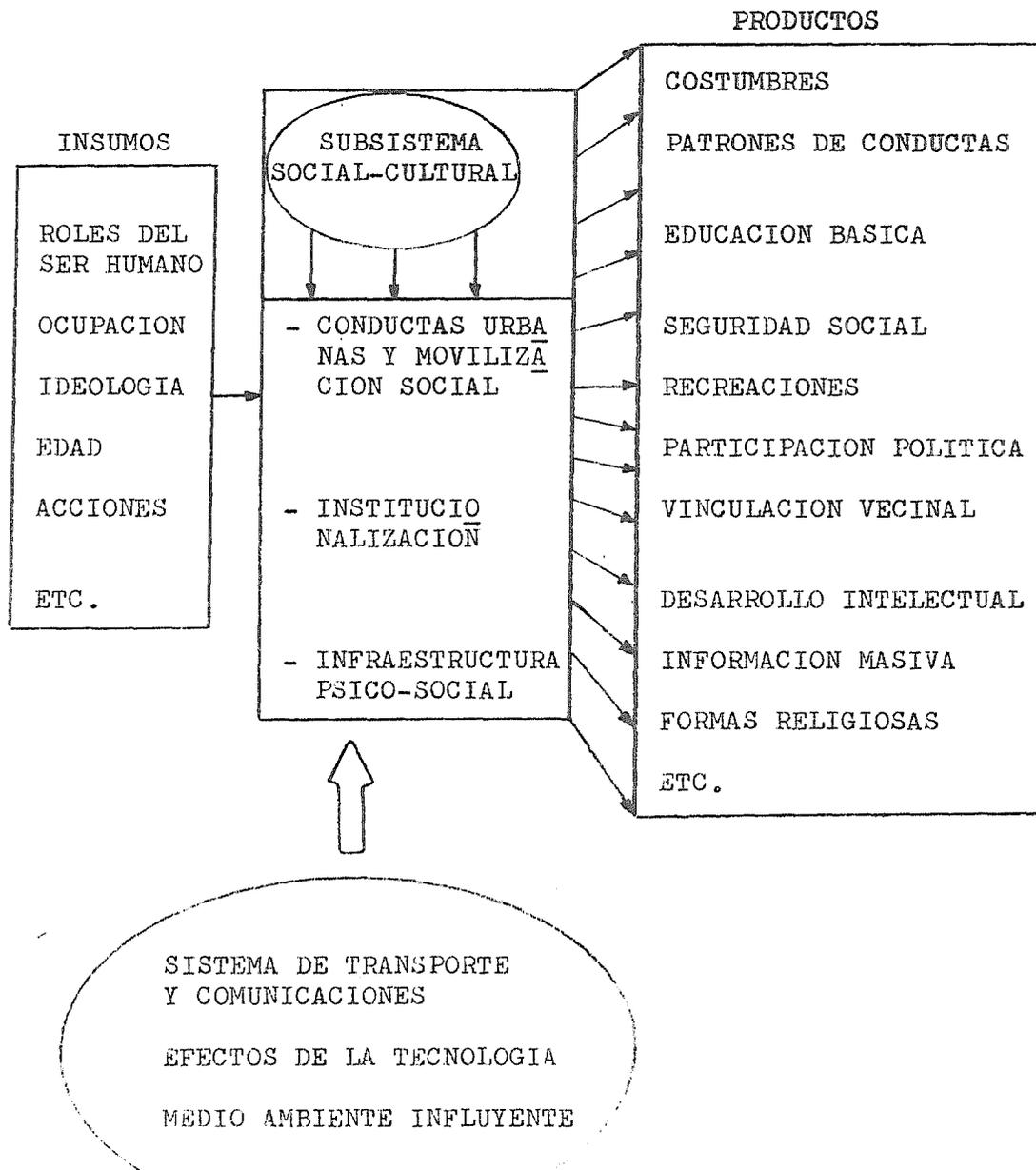


fig. 12 EL SUBSISTEMA SOCIAL-CULTURAL.

Tomando algunas ideas de Béjar<sup>11</sup>, se presenta a continuación un esquema que explica la sociedad multicultural mexicana.

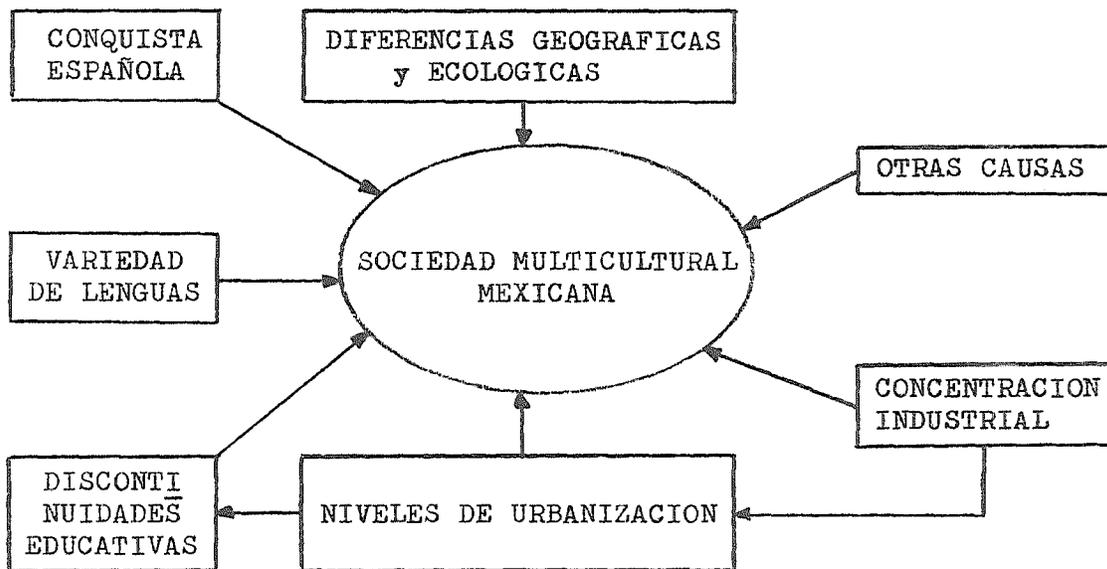


fig. 13 LA SOCIEDAD MULTICULTURAL MEXICANA.

---

11. Béjar Navarro, R., 1977, "Una visión de la cultura en México", EL PERFIL DE MEXICO EN 1980, Vol. III, México, Ed. Siglo XXI.

## F. EL SUBSISTEMA ADMINISTRATIVO.

El fenómeno administrativo<sup>12</sup> se da donde quiera que exista un organismo social, porque en él siempre tiene que existir - coordinación sistemática de medios. Así todo sistema administrativo, entendido como un organismo gubernamental, político, de beneficencia, o bien, una empresa, es "el conjunto integrado de recursos materiales y humanos que a través de un juego de procedimientos tratan de alcanzar un objetivo con la mayor eficiencia. Dicho objetivo puede ser: prestar un servicio, industrializar un producto, conquistar el poder, etcétera".<sup>13</sup>

Estos recursos materiales, junto con los recursos humanos y financieros forman los insumos físicos, que aunados a los insumos de información retroalimentan al subsistema administrativo ver fig. 14. Este subsistema está formado por los departamentos receptores, tanto de insumos físicos como de información, que interactuando con otros departamentos logran un conjunto de procedimientos tendientes a cumplir los fines de la organización.

Por otro lado, si observamos cómo se desarrolla la vida de todo organismo social -y principalmente la de aquellos que, como la empresa, forman los sistemas administrativos- podemos distinguir dos fases o etapas principales: la primera, que par

---

12. Reyes Ponce, A., 1975, ADMINISTRACION DE EMPRESAS: TEORIA Y PRACTICA, México, Ed. Limusa.

13. Zorrilla Martínez, P. et al., 1976, LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL, México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, U.N.A.M., Serie Estudios no. 26.

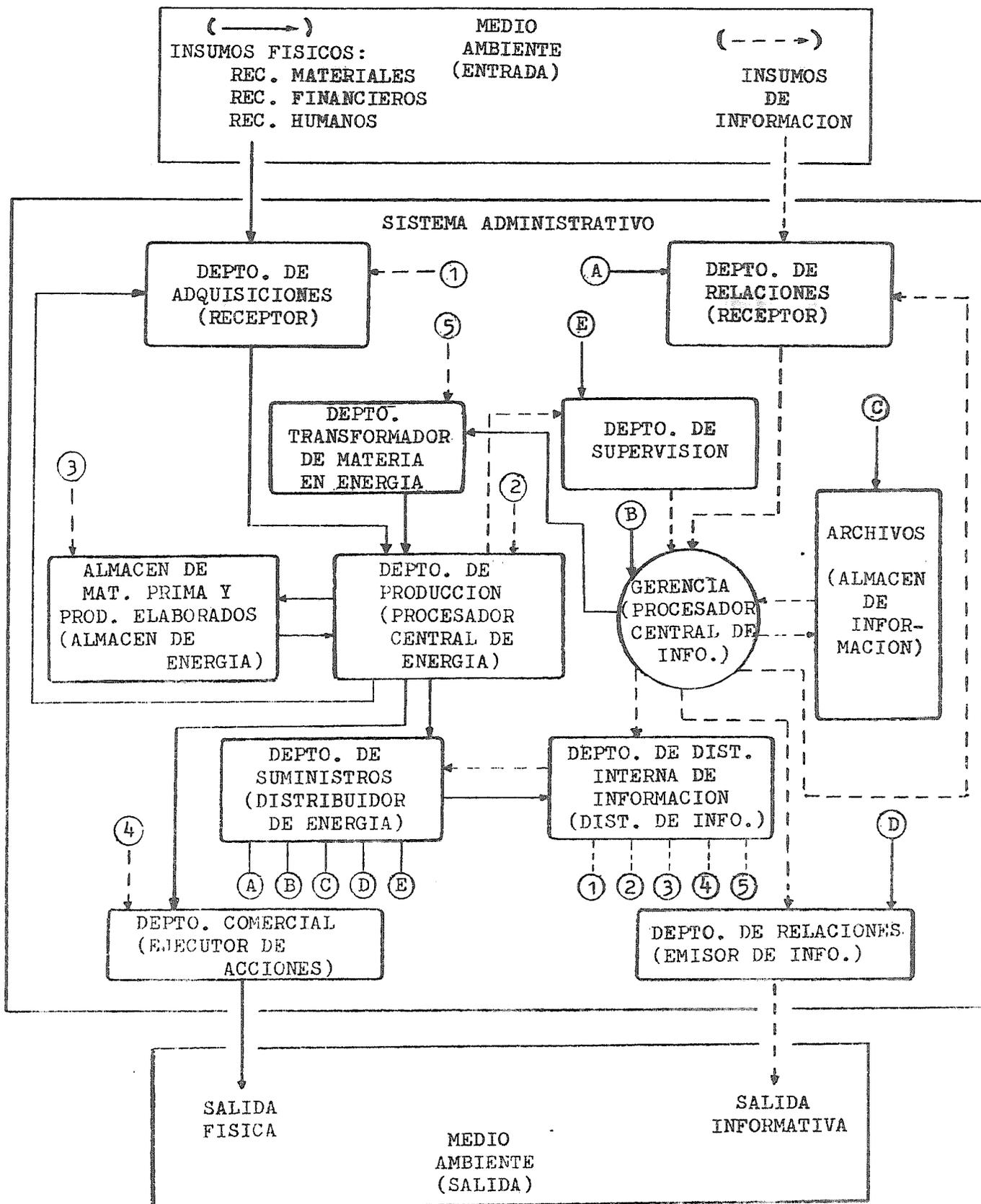
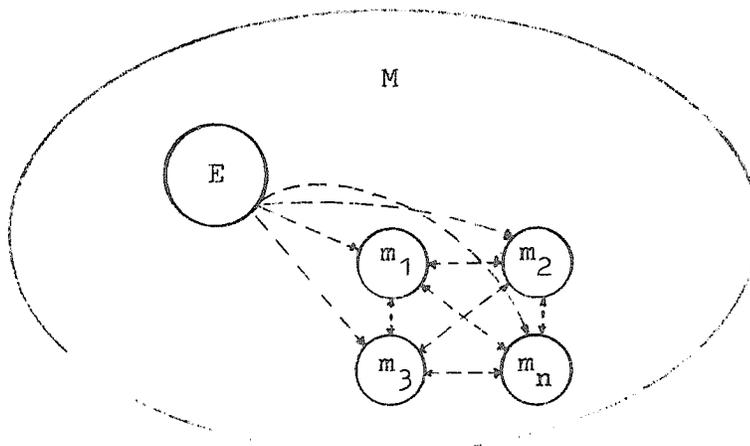


fig. 14 EL SUBSISTEMA ADMINISTRATIVO.

tiendo de la iniciativa de uno o varios individuos, dirigen la estructuración de ese organismo social; y la segunda, que consiste en la operación o funcionamiento normal del mismo, para lograr los fines propuestos.

En nuestro país, el sistema macro-administrativo está formado por la integración de todos los sistemas micro-administrativos, que son subsistemas del sistema federal. El elemento llamado "Presidencia de la República" desempeña un papel dominante y su operación es fundamental para la operación del sistema, como puede notarse en la siguiente figura.



M = SISTEMA MACRO-ADMINISTRATIVO PUBLICO FEDERAL

$m_1, m_2, \dots, m_n$  = SUBSISTEMAS MICRO-ADMINISTRATIVOS

E = ELEMENTO " PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA "

fig. 15 EL SISTEMA ADMINISTRATIVO PUBLICO FEDERAL.

## **SEGUNDA PARTE**

### **LOS MODELOS URBANOS**

## I. MODELOS.

El método de utilizar modelos para estudiar algún aspecto de la realidad tiene como base simple de conocimiento a la semejanza. Un ejemplo muy claro de esto lo proporciona la geometría: todos los triángulos -cuyos ángulos correspondientes son respectivamente iguales- son semejantes, independientemente de la longitud de sus lados. De esta forma, cualquier triángulo semejante puede servir de modelo a otro; si se quiere estudiar uno de ellos, se podrá hacer sobre un modelo.

Un modelo es una representación o abstracción de una situación u objeto real, que muestra las relaciones (directas e indirectas) y las interrelaciones de la acción y la reacción en términos de causa y efecto. Como un modelo es una abstracción de la realidad, puede parecer menos complicado que la misma y más sencillo en su estudio.

Uno de los motivos fundamentales para el desarrollo de modelos es el de descubrir cuáles son las variables importantes o relevantes. El descubrimiento de tales variables está íntimamente asociado con la investigación de las relaciones que existen entre las mismas. De esta manera, un medio eficaz de enfocar la cuestión consiste en aplicar técnicas cuantitativas como las estadísticas y las de simulación para averiguar las conexiones que hay entre las distintas variables de un modelo.

#### A. EL CONCEPTO DE MODELO.

A este respecto, Bailly<sup>1</sup> afirma que "un modelo es una copia, a escala reducida, del mundo; una aplicación experimental basada en una teoría. Es un filtro a través del cual se ve el mundo. Si aquel es bueno, nos permitirá captar una realidad estructurada en lo que antes se nos aparecía como un caos". Toda representación es un modelo y el objetivo de éste es proveer - un cuadro simplificado e inteligible de la realidad con el fin de comprenderla mejor.

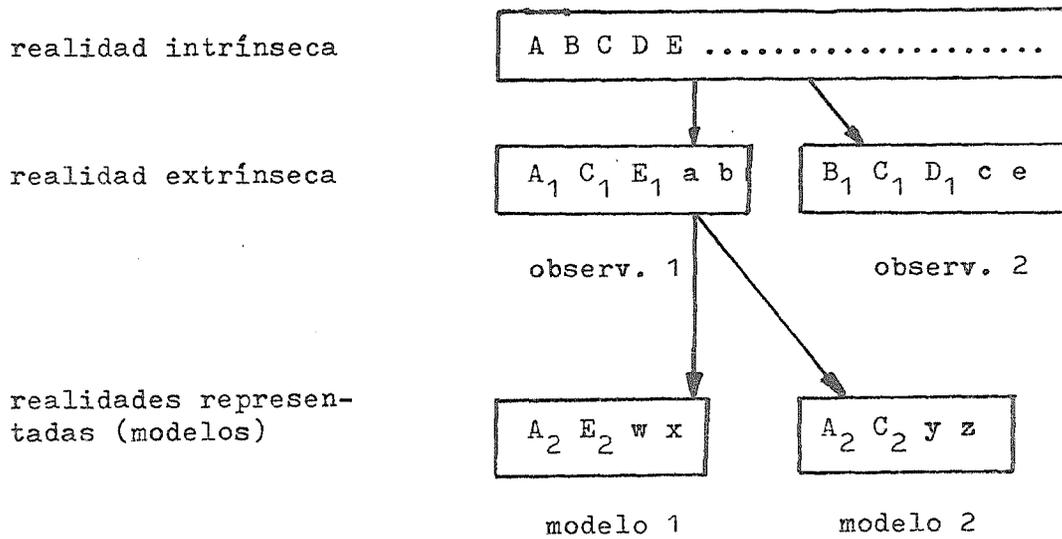
Por representación se entiende la expresión de ciertas características relevantes de la realidad observada, incluyendo ésta los objetos o sistemas que existen, han existido o podrían existir. Se supone que la realidad puede ser conocida a través de procesos de observación y abstracción; pero estos procesos son subjetivos en la medida que el observador, al hacer sus observaciones, posee ciertas intenciones y usa de sus propios - sentidos al evaluar la realidad. Esto lleva a la suposición de que existe una única realidad total e intrínseca y una pluralidad de realidades parciales y extrínsecas que dependen de cada observador y sus intenciones. Esta suposición orienta la selecc*ión* de las características relevantes de la realidad estructu

---

1. Bailly, A., 1978, LA ORGANIZACION URBANA; TEORIAS Y MODELOS Madrid, Ed. Instituto de Estudios de Administración Local.

rada por la intención de quien hace el modelo. En otras palabras, los problemas para cuya resolución se diseña el modelo, determinan la selección de estas características. La selección de los problemas mismos dependerá de la capacidad y entrenamiento de quien hace los modelos, de los recursos de que dispone y de los fines que se persiguen.

fig. 1 REALIDAD Y MODELOS.



- A, B      propiedades del mundo real
- A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>    propiedades del mundo real en la mente del observ.
- a, b      otras propiedades en la mente del observador
- A<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>    propiedades del mundo real representadas en el modelo (analogías positivas)
- w, x      propiedades del modelo (analogías negativas)

Los medios elegidos para representar las características se leccionadas de la realidad pueden ser físicos o conceptuales. Cualesquiera de dichas representaciones es un modelo. Se distinguen dos clases de analogías entre realidad y modelo: las a analogías positivas (similitudes) y las negativas (diferencias). La selección de analogías positivas depende de los problemas - para cuya resolución se diseña el modelo. En algunos casos, la sustancia material del modelo sólo puede constituir una analogía negativa con la realidad, y sin embargo, constituye una analogía positiva en términos de comportamiento, o viceversa.

Se verá que un modelo, sólo al ser inexacto en algunos aspectos, puede representar a su original. Si no fuese inexacto el modelo sería la realidad misma y no una representación. Así, Chorafas<sup>2</sup> sugiere que "un modelo debe ser lo suficientemente simple para su manipulación y comprensión por parte de quienes lo usan, lo suficientemente representativo en toda su gama de implicancias que pueda tener, y lo suficientemente complejo para representar fielmente el sistema en estudio". Se pueden ahora especificar las condiciones para el proceso de construcción del modelo. Deberá haber un objeto o sistema por ser investigado; una intención claramente expresada con la cual hacer una selección; un proceso de observación y abstracción; un proceso de traducción a través de medios de representación; y un proceso de verificación y obtención de conclusiones.

---

2. Chorafas, D.N., 1965, SYSTEMS AND SIMULATION, Nueva York, - Academic Press.

## B. FUNCIONES DE LOS MODELOS.

Como se ha dicho anteriormente, el propósito fundamental de un modelo es proveer un cuadro simplificado e inteligible de la realidad, con el fin de comprenderla mejor. Si ésto se logra, es posible manipular el modelo a fin de proponer mejoras a la realidad. Siendo éste el principal propósito de los modelos en términos generales, se pueden establecer algunas funciones más específicas:

Función psicológica, que permite visualizar y comprender al algún grupo de fenómenos que de otro modo no sería posible, dada su magnitud y complejidad.

Función adquisitiva, que provee una estructura donde la información puede ser definida, coleccionada y ordenada.

Función lógica, que explica cómo ocurre un fenómeno en particular.

Función normativa, que compara algunos fenómenos con otros más familiares.

Función cognoscitiva, que comunica ideas científicas.

Tres funciones adicionales pueden agregarse a éstas: la fun-

ción sistemática, que provee una estructura donde una interpretación de la realidad puede ser verificada; la función partitiva, que provee una estructura donde se pueden definir estudios parciales, conociendo su interacción con el resto del sistema; y la función evaluativa, donde la estructura permite que el efecto de diferentes decisiones dentro de un sistema pueda ser evaluado.

### C. CLASIFICACION DE LOS MODELOS.

Los modelos pueden clasificarse en tres categorías, de acuerdo con los siguientes factores: para qué está hecho el modelo, de qué está hecho y cómo se trata el factor tiempo.

#### 1. PARA QUE ESTÁ HECHO EL MODELO.

El primer aspecto toma en cuenta las interpretaciones de - quien hace el modelo y los problemas que el modelo intenta resolver. Dentro de esta categoría pueden distinguirse cuatro tipos principales de modelos: descriptivos, predictivos, explorativos y de planeamiento.

La intención principal del modelo descriptivo es la comprensión de la realidad, usualmente con la finalidad de establecer cómo sucede un fenómeno en particular y la descripción de las relaciones entre factores relevantes. En otras palabras, la intención principal es explicativa. Este tipo es esencial para -

cualquiera de los demás, dado que no es posible predecir, explorar o planear sin una descripción previa de la realidad en estudio. Por otro lado, según Bunge<sup>3</sup>, "la exactitud del modelo mismo en una situación particular es probable que esté en contradicción con su generalidad, una propiedad que cualquier teoría debe tener. Si nos preguntamos cuál es el uso de una teoría que no puede aplicarse a diferentes situaciones, deberemos considerar la existencia de un compromiso entre la precisión del modelo y su generalidad. Así, para establecer un modelo descriptivo de gran generalidad, no es necesario o deseable que sea muy preciso. A menudo es posible usar valores determinados teóricamente como datos disponibles o, en el caso de una situación específica, ayudar a equiparar la teoría y la realidad usando valores determinados empíricamente".

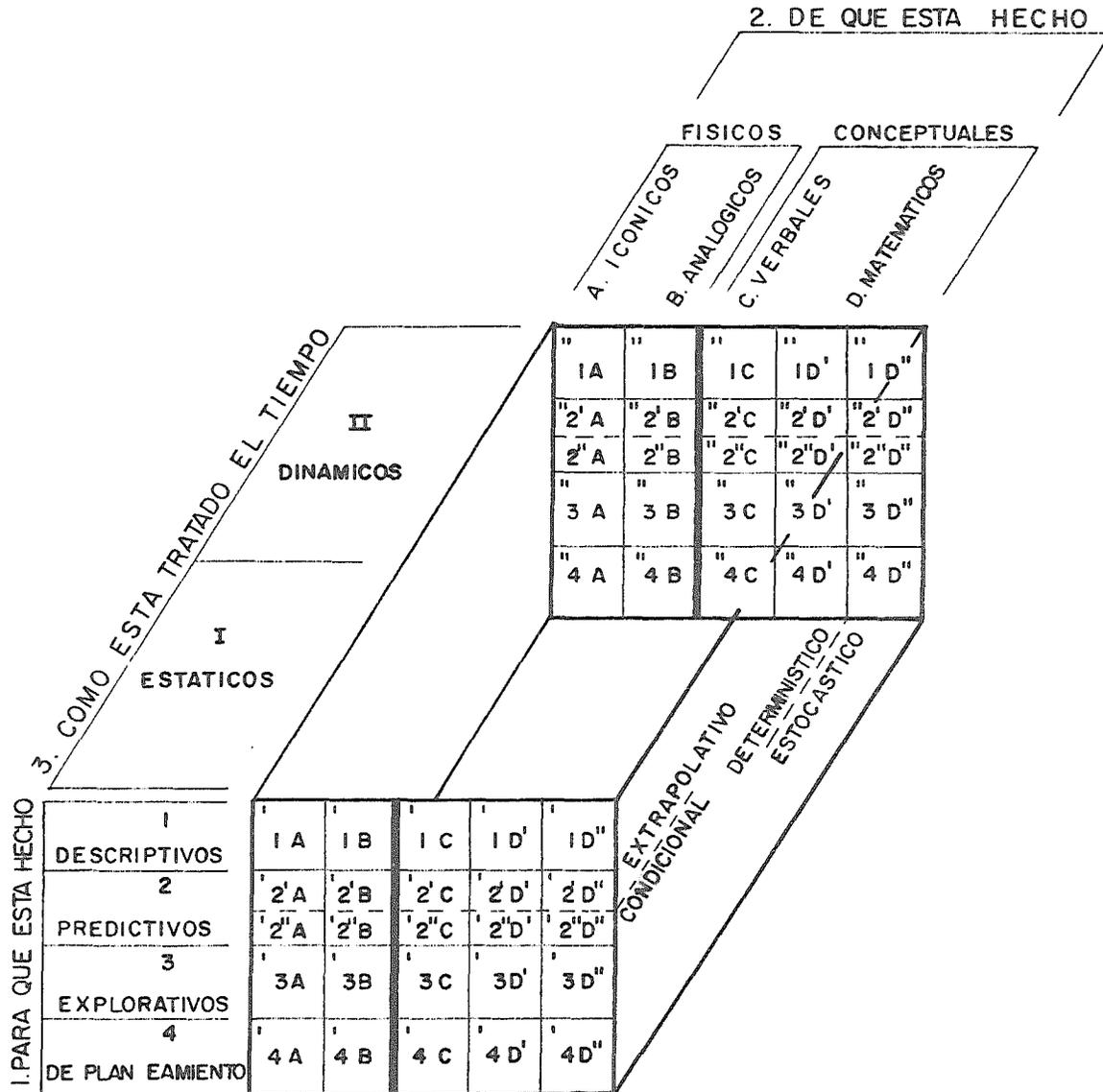
La intención principal de los modelos predictivos es el proveer una imagen futura del sistema. Podemos distinguir dos clases: extrapolativos, donde sólo se expresa la continuación de tendencias históricas que estaban ya en el modelo descriptivo, y los condicionales, donde se especifican los mecanismos de causa y efecto que gobiernan las variables; por ejemplo, si ocurre x, entonces debe ocurrir y (ver el artículo de Lowry<sup>4</sup>). El modelo predictivo está basado, además, en la suposición de

---

3. Bunge, W., 1966, THEORETICAL GEOGRAPHY, Lund Studies in Geography, Serie c., no. 1, Royal University of Lund.

4. Lowry, I.S., 1965, "A short course in model design", JOURNAL OF THE AMERICAN INSTITUTE OF PLANNERS, (mayo).

fig. 2 SISTEMA DE CLASIFICACION DE MODELOS EN TRES CATEGORIAS.



que el modelo representa el modo en que la realidad cambia. Sin embargo, ciertas alternativas pueden ser omitidas por no haber sido descubiertas o por no ajustarse a la teoría que describe los fenómenos.

La principal intención de los modelos explorativos es descubrir por especulación, variando sistemáticamente los parámetros básicos usados en el modelo descriptivo, otras realidades que son lógicamente posibles. Su objetivo es no sólo explorar nuevas posibilidades, sino también volver a la realidad para ver si estas posibilidades, teóricamente determinadas, pueden darse en ella.

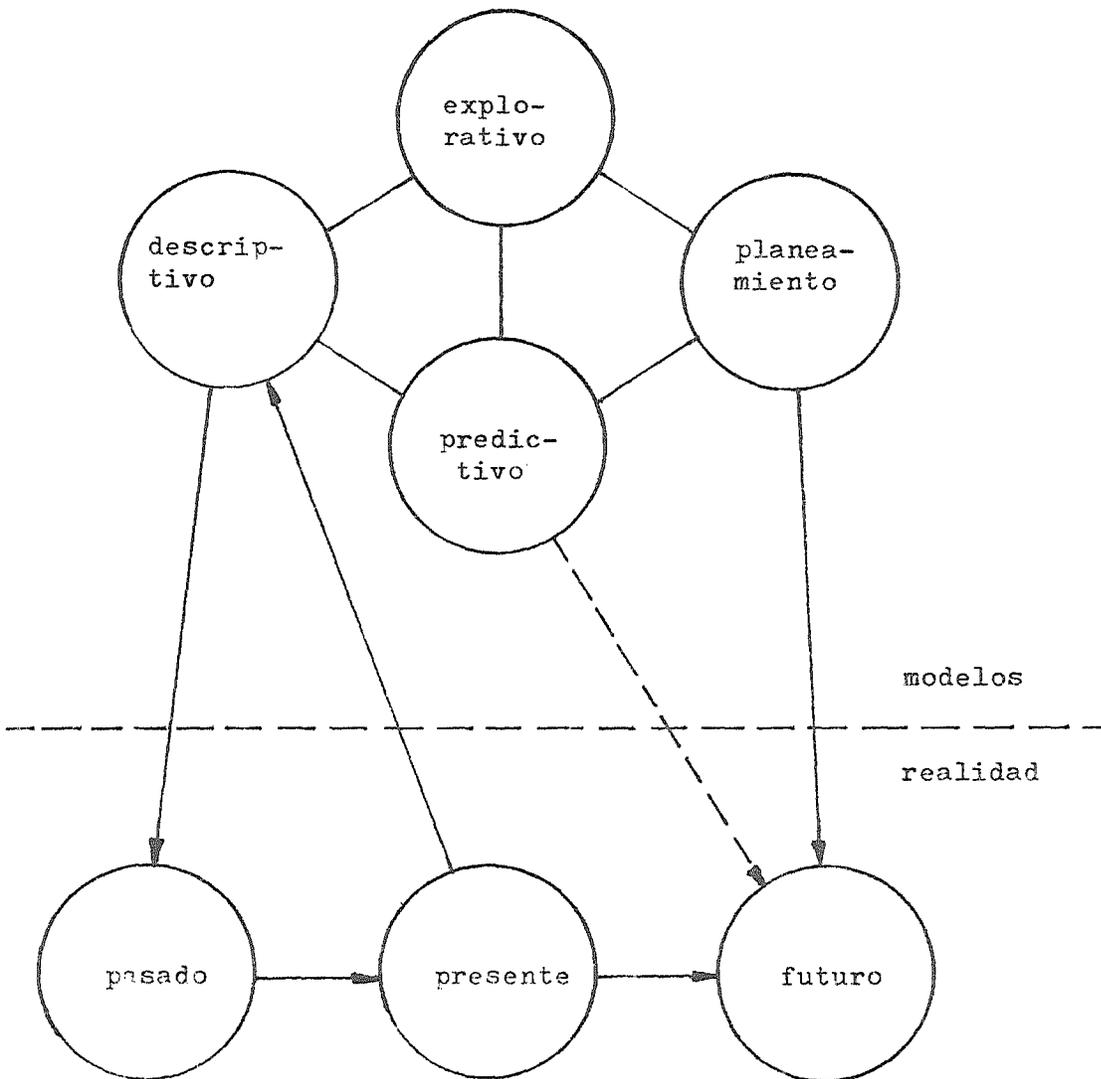
Con el modelo de planeamiento, "se introduce una medida de optimización en términos de los criterios elegidos para determinar medios de alcanzar las metas de planeamiento fijadas", - (ver a Lowry<sup>5</sup>).

Para alcanzar optimización en el modelo de planeamiento, se requieren los siguientes pasos: (según Lowry<sup>5</sup>) "especificación de programas o acciones alternativas que podrían elegirse. Predicción de las consecuencias de elegir cada alternativa. Calificación de estas consecuencias de acuerdo a una escala de medida de obtención de metas. Selección de la alternativa que rinda el más alto puntaje". La figura siguiente muestra un proceso ideal de confección de modelos en relación con la realidad.

---

5. Op. cit.

fig. 3 PROCESO IDEAL DE CONFECCION DE  
MODELOS EN RELACION CON LA REALIDAD.



## 2. DE QUE ESTA HECHO EL MODELO.

El segundo aspecto de la clasificación se relaciona con los medios elegidos para representar la realidad. Estos pueden clasificarse como físicos o conceptuales.

Haggett<sup>6</sup> afirma que "en el modelo físico, los atributos generales de la realidad se representan por medio de las mismas características físicas o características análogas". Los modelos físicos pueden dividirse en dos categorías: icónicos, en los cuales, según Ackoff<sup>7</sup> "las propiedades físicas se representan sólo por un cambio de escala"; y analógicos, en los cuales de acuerdo con Churchman<sup>8</sup> "las propiedades físicas del mundo real se representan por propiedades diferentes, conforme a ciertas reglas de transformación". Entre los primeros están los modelos arquitectónicos, fotografías, etc., y se dice que, en general, con ellos resulta difícil representar características dinámicas. Entre los segundos, se incluyen mapas, planos, gráficas, etc., y presentan facilidades para representar ciertas características dinámicas.

En el modelo conceptual, las características relevantes están representadas por conceptos (lenguaje o símbolos). También en este caso, los modelos pueden clasificarse en dos: verbales o matemáticos. En los verbales, la descripción de la realidad se hace en términos lógicos, utilizando la palabra oral o escrita. En los matemáticos, la realidad se representa mediante

6. Haggett, P. y Chorley, R., 1967, "Models, paradigms and the new Geography", MODELS IN GEOGRAPHY, Londres, Arena.

7. Ackoff, R.L., Gupta, S.K. y Minas, J.S., 1962, SCIENTIFIC - METHOD: OPTIMIZING RESEARCH DECISIONS, Nueva York, Wiley.

8. Churchman, C.W., Ackoff, R.L. y Arnoff, E.L., 1957, INTRODUCTION TO OPERATIONS RESEARCH, Nueva York, Wiley.

el uso de símbolos y las relaciones se expresan por medio de -  
operaciones. Una subclasificación adicional de los modelos ma-  
temáticos llevaría a una distinción entre modelos determinístici  
cos y estocásticos. Tal clasificación atiende al grado de pro-  
babilidad incluido.

### 3. COMO ESTA TRATADO EL FACTOR TIEMPO.

El tercer aspecto de la clasificación permite distinguir -  
entre los modelos estáticos y los dinámicos.

Los modelos estáticos están diseñados para representar un -  
determinado estado del sistema en el tiempo, ya sea en el pasado  
do, presente o futuro. En este caso, los elementos exógenos del  
sistema representarán un determinado instante en el tiempo, y  
el modelo determinará la forma en que, a partir de ellos, se -  
comportará el resto de los elementos endógenos.

Los modelos dinámicos están diseñados para representar el -  
desarrollo o evolución del sistema en el tiempo. Generalmente,  
se comienza por describir un "estado base" del sistema, el -  
cual se desarrolla luego en el tiempo. Es posible establecer -  
dos formas de simular la dinámica de un sistema: los modelos -  
exógenamente dinámicos, en los cuales sólo las variables exógena  
nas se desarrollan en el tiempo, y los endógenamente dinámicos,  
en los cuales todas las variables son tratadas dinámicamente.

#### D. TECNICAS UTILIZADAS POR LOS MODELOS MATEMATICOS.

Cuando un modelo se torna complejo y comprende la interacción de varias expresiones matemáticas separadas, las técnicas para determinar el resultado total probable de todas las interacciones se vuelven crecientemente complejas.

Wilson<sup>9</sup> distingue cuatro clases de técnicas:

Técnica estadística, que hace uso de sus variados recursos para representar las relaciones entre variables.

Sistemas de ecuaciones, en los cuales las interrelaciones de varias partes del modelo pueden expresarse como un sistema de ecuaciones simultáneas, lo cual implica que las relaciones entre las variables son conocidas.

Simulación, en donde no se conocen todas las relaciones entre variables; para las variables "libres" se define un rango y hay una vuelta completa del modelo para el valor de cada variable. En este caso es esencial el uso de lenguajes especializados de simulación y de computadoras digitales.

Algoritmo de computadora, en donde se establecen reglas de ejecución no expresadas como sistemas de ecuaciones, sino como conjuntos de condiciones que permiten la "ramificación" en el control del programa.

---

9. Wilson, A., 1967, MATHEMATICAL MODELS IN PLANNING, Londres, Arena.

Churchman, Ackoff y Arnoff<sup>10</sup> distinguen tres clases de técnicas en un modelo matemático:

Analíticas: "los procedimientos analíticos consisten en la utilización de la deducción matemática". Están siempre asociados con sistemas de ecuaciones.

Numéricas: "de carácter inductivo, prueban varios valores de las variables en el modelo, y seleccionan el conjunto de valores de las variables que produce la mejor solución. Esto comúnmente se denomina iteración".

Estocásticas: "algunas expresiones en un modelo no pueden ser evaluadas numéricamente por consideraciones matemáticas o prácticas. Técnicas tales como el método de Monte Carlo o las cadenas de Markov usan una aproximación probabilística".

---

10. Op. cit.

## II. MODELOS URBANOS.

### A. UTILIDAD DE LOS MODELOS URBANOS.

La teoría y la práctica de la modelación de los sistemas urbanos ha sido estimulada por el desarrollo de la teoría general de los sistemas, de la cibernética<sup>1</sup> y de la computación electrónica. La investigación de la cuestión urbana y la planeación del uso del suelo urbano y regional se ha orientado, en la última década, hacia la formulación de modelos matemáticos-computarizados para intentar manejar la dinámica y la complejidad de la ordenación territorial. Por ello, resulta útil estudiar el proceso de modelación o de elaboración de los modelos como instrumentos de conocimiento, de ordenación teórica, de exploración y de pronóstico con estrategias de investigación interdisciplinaria. Al estudiar este proceso, se podrá evaluar qué se intenta o se puede hacer con números y qué se puede o se debe hacer más allá de ellos, en la planeación, diseño, construcción y operación de los sistemas urbanos.

En la modelación matemática se intenta aplicar el análisis de sistemas al estudio de los fenómenos urbanos y regionales, y este análisis intenta, en términos generales, realizar observaciones cuantitativas de los aspectos más significativos, como son los demográficos, los económicos y los espaciales, y más específicamente: el desarrollo y crecimiento de la pobla -

---

1. Consultar: Garretón, J., 1975, UNA TEORIA CIBERNETICA DE LA CIUDAD Y SU SISTEMA, Buenos Aires, Ediciones Nueva Visión.

ción, la evolución de la fuerza de trabajo, la demanda de servicios públicos, la cuantificación de las inversiones requeridas, etc. Estos estudios permiten formular hipótesis de solución en forma de programas de acción a corto, mediano y largo plazo. Estas hipótesis se prueban frente a la realidad política y financiera de los gobiernos municipales y se ajustan a la realidad, sin perder de vista la totalidad o conjunto de problemas del sistema urbano en el que se trabaja. El conjunto de prácticas locales podrá delinear los límites de validez de los postulados que fundamentaron los modelos operativos, que podrán ajustarse, a su vez, o modificarse radicalmente, si es necesario, en las siguientes fases de acción del desarrollo urbano o regional. Lo importante es el enfoque sistémico, el procedimiento ordenado y la racionalización que implica el uso de modelos en la práctica urbana.

## B. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS MODELOS URBANOS.

### 1. OBJETIVOS Y PROPOSITOS DE LOS MODELOS URBANOS.

Wilson<sup>2</sup> enlista nueve preguntas cuyas respuestas permitirán comprender, en cada caso, los objetivos y el tipo de cada modelo:

1. ¿Con qué objetivos se elabora el modelo?

---

2. Wilson, A.G., 1974, URBAN AND REGIONAL MODELS IN GEOGRAPHY-AND PLANNING, Nueva York, Wiley.

2. ¿Cuáles son las variables cuantificadas que incluye y - qué aspectos correlaciona?
3. ¿Cuáles de esas variables se suponen bajo control para - su planeación?
4. ¿Qué tan agregados están los datos y cuál es el alcance de los resultados?
5. ¿Cómo se trata el tiempo en el modelo?
6. ¿Qué teorías se están tratando de representar en el modelo?
7. ¿Qué técnicas se utilizan en la construcción del modelo?
8. ¿Qué datos significativos están disponibles?
9. ¿Cómo se calibra y prueba el modelo?

Entre los propósitos, generalmente está el de representar - la conducta futura de un sistema urbano o de un conjunto de - sistemas en una región o en el país, en tres aspectos básicos: su desarrollo demográfico, económico y espacial con los objetivos de plantear programas de ordenación que orienten proyectos de aprovechamiento, regeneración o conocimiento del territorio urbano estudiado, o bien, de plantear las correlaciones con - otros sectores económicos, definiendo órdenes de magnitud en - los aspectos analizados en función de tendencias observadas y de hipótesis de restricción o estímulo.

A través de estos propósitos, los modelos pueden ser realizados para describir el estado actual de un sistema; para predecir los estados futuros bajo ciertas hipótesis; para explo-

rar los efectos de esos estados futuros en ciertas acciones concretas, y para planear las actividades que conduzcan a los sistemas que se tratan de diseñar o controlar, a estados de equilibrio dinámico, si esto es posible y deseable, lo que en un sistema nacional de ciudades implicaría un plan nacional de desarrollo urbano manejado a nivel federal, estatal y municipal para lograr que cada ciudad y su región constituyeran sistemas urbanos viables, tanto humana como económicamente.

Batty<sup>3</sup> postuló que los modelos pueden considerar entre sus propósitos, el de estudiar parcialmente un subsistema urbano, por ejemplo, el transporte o la vivienda, los servicios públicos o el equipamiento urbano, o bien, intentar estudiar en general, las características, demandas e inversiones de los subsistemas indicados en un horizonte de planeación, o también, pueden intentar optimizar las características de cada subsistema o simplemente definir éstas en cada etapa, en función de los déficits observados y de las demandas postuladas. Si se utiliza un solo conjunto de criterios para hacerlo podrán definirse como estudios estáticos, pero si se introducen variaciones en el horizonte de planeación en densidades y dosificaciones, por ejemplo, entonces, podrían considerarse como estudios dinámicos que consideran los cambios de la estructura urbana en el tiempo.

---

3. Batty, M., 1976, URBAN MODELLING, Cambridge, U.K., Cambridge University Press.

## 2. VARIABLES DE LOS MODELOS URBANOS.

Una variable en un modelo urbano corresponde a un aspecto o componente específico de un subsistema urbano, para el cual se define un valor inicial observado o postulado, una regla de variación en el tiempo -aumento o disminución- y un valor o meta que puede ser una restricción del territorio disponible o del diseño de la conducta del sistema. Las variables se repiten así en el subsistema sociocultural, que comprende componentes como la población y la educación; en el subsistema económico urbano, que comprende la oferta y la demanda, los costos y la distribución de vivienda, servicios y equipamiento, o bien, la composición del empleo, y en el subsistema espacial, que incluye los usos del suelo para habitación, comercio, industria, recreación, vialidad, etc. En la definición de normas o criterios para postular los valores de las variables queda implícito el concepto de bienestar social, y en el conjunto del modelo, en su enfoque general, en su interpretación y uso para la planeación y la programación concreta, queda expresada una filosofía propia respecto al tipo de país o al concepto de vida urbana - que se desea desarrollar o estimular.

Las variables se expresan en unidades concretas como familias a servir, viviendas a construir, escuelas o mercados con capacidad definida a ubicar en el sistema urbano, litros de agua por segundo a abastecer o a tratar, kilowatts-hora para consumo doméstico o industrial, metros cuadrados o hectáreas -

de terrenos a habilitar o vender, etc. Las variables relacionadas con inversiones pueden expresarse en unidades monetarias - constantes referidas a un año base o en unidades monetarias corrientes en función de hipótesis respecto a procesos inflacionarios observados. Podrían también asociarse variables, al número de viajes posibles entre zonas de habitación, comercio e industria, y al número de vehículos en los que esos viajes podrían realizarse.

Las variables en los modelos matemáticos tienen correlaciones concretas, que han sido identificadas y definidas por la práctica en la acción urbana. Los valores aceptables para las variables, son aceptables en función de características cualitativas de la vida urbana; no pueden medirse directamente y su apreciación está sujeta a experiencias personales en la vida urbana; pero la teoría del desarrollo urbano tiene que aceptar generalizaciones, de un rango de validez determinado por experiencias previas, por ello, los modelos son instrumentos de desarrollo teórico.

Las ecuaciones que vinculan variables con parámetros constituyen, en su conjunto, la teoría del modelo. Cada ecuación es la expresión de una norma de diseño o de una hipótesis de uso o de calidad de uso del espacio urbano y cada norma o hipótesis sintetiza una experiencia social observada, a la cual, se pretende estimular, mantener o corregir. A cada norma o hipótesis van asociados costos unitarios e inversiones por etapas, y los conjuntos de hipótesis representan los programas que los mode-

los incorporan; estos programas y sus componentes pueden ajustarse como variables endógenas, conociendo qué se sacrifica y qué se obtiene en cada ajuste. Los ajustes en magnitud, costo y tiempo son definidos por las variables exógenas, esto es, recursos disponibles, viabilidad política o aceptación social del proyecto, etc., por ello, la interacción política y técnica define la utilidad práctica de los modelos, en tanto que, el grado de interacción entre la realidad y la teoría define su validez como instrumentos de conocimiento.

### 3. AGREGACION DE LOS MODELOS URBANOS.

A mayor alcance de los modelos urbanos, mayor agregación o más generalidad; a menor alcance, más desagregación o particularidad. Los modelos de sistemas nacionales deben ser agregados para poder observar, con claridad, las tendencias generales y postular con precisión, las políticas de largo alcance o a largo plazo, y los órdenes de magnitud de las interacciones con la planeación de otros sectores económicos, por ejemplo, la producción de alimentos para el abastecimiento del sistema urbano, la demanda nacional de recursos para el desarrollo urbano, la expectativa respecto a los medios de transporte y al consumo de energéticos, la demanda de agua potable para uso urbano e industrial, etc. Los modelos de ciudades permiten definir las características de áreas específicas, esto es, permiten desagregar programas concretos de construcción de vivien-

das de interés social, de escuelas de nivel primario y medio, - de mercados, de plantas de tratamiento de aguas residuales, - etc. Cada uno de estos aspectos pueden estar bajo la responsabilidad de organismos del sector público, que podrán, a través de modelos integrados, conocer y anticipar la programación de recursos en el tiempo, para evitar omisiones o para definir - sus prioridades particulares, compatibles con las del sistema urbano planeado. Ambos tipos de modelos son necesarios: los agregados a nivel nacional o regional y los agregados de cada - ciudad.

#### 4. EL USO DEL FACTOR TIEMPO EN LOS MODELOS URBANOS.

Forrester<sup>4</sup> propone un período de 250 años para analizar los procesos de desarrollo económico de los sistemas urbanos, que crecen exponencialmente al principio, es decir, en los primeros 100 años aproximadamente, y cuando se aproximan al límite de sus recursos, tales como, el uso del suelo, el abastecimiento de agua, la generación de empleo, etc., se detienen y retroceden hasta alcanzar un estado de equilibrio estable, tanto de demográfica, económica como espacialmente, cosa que teóricamente se logra de 150 a 250 años. El período parece arbitrario y no es útil para la planeación urbana por la casi nula confiabilidad de proyecciones a tan largo plazo.

---

4. Forrester, J.W., 1969, URBAN DYNAMICS, Cambridge, Mass., - MIT Press.

Batty<sup>5</sup> en su estudio sobre Reading, Inglaterra, realiza una aplicación de 16 años, de 1951 a 1966, para comprobar que las hipótesis formuladas podían reproducir, confiablemente, un pasado inmediato. Finalmente, los modelos presentados por Echenique<sup>6</sup>, para Buenos Aires y Santiago consideran, 31 años para el primero, de 1970 a 2000, y 19 años para el segundo, de 1952 a 1970; las proyecciones para Caracas consideraron 30 años. Estos horizontes de planeación para el estudio de los sistemas urbanos se considerarán útiles en la práctica.

#### C. BASES TEORICAS DE LOS MODELOS URBANOS.

El análisis siguiente pretende describir las bases teóricas de los modelos urbanos, clasificados según tres enfoques distintos: el enfoque económico o de comportamiento, el macro-enfoque o física social y el enfoque de simulación.

Al primero pertenecen los intentos de introducir la economía neoclásica en la explicación de los fenómenos urbanos, y para ello se estudia el comportamiento individual de las personas; al segundo pertenecen los intentos de explicar el comportamiento de los grupos, y fue inicialmente desarrollado a través de analogías con la física; finalmente, al tercero le corresponden la construcción de modelos de simulación dinámica, con la ayuda de lenguajes especializados de programación y com

---

5. Op. cit.

6. Echenique, M. (comp.), 1975, MODELOS MATEMATICOS DE LA ESTRUCTURA ESPACIAL URBANA: APLICACIONES EN AMERICA LATINA, Buenos Aires, Ed. SIAP.

putadoras digitales; en este enfoque, los modelos se formulan a base de complicadas interacciones de retroalimentación y considerando el avance continuo del tiempo. A esta última categoría pertenecen los modelos desarrollados en el Instituto Tecnológico de Massachusetts por Jay W. Forrester<sup>7</sup>, los cuales han tenido gran aceptación de parte de los equipos de planeación - debido a su aplicación en el diseño de sistemas urbanos.

#### 1. EL ENFOQUE ECONOMICO O DE COMPORTAMIENTO.

Este enfoque se origina con el desarrollo de la economía - clásica, y su fundamento es la suposición de que la sociedad - puede ser entendida a través del concepto de mercado, compuesto por productores y consumidores. El comportamiento de estos "actores" puede ser entendido como el resultado de tratar de - maximizar la utilidad. En la forma más burda, ésto se interpreta como la maximización del beneficio o minimización de costos. Dentro de este concepto, se supone que todos los actores son - racionales, puesto que tratan de encauzar sus acciones para obtener esta meta. La calificación como teoría del comportamiento es correcta en el sentido que lo usa el psicólogo Skinner, en que los hombres están motivados por un sistema de castigo y recompensa, en este caso, castigo o recompensa económicos. Si el actor adopta la decisión equivocada, pierde dinero y, en con

---

7. Op. cit.

secuencia, es castigado; de allí que el comportamiento de los actores conduzca a alcanzar el máximo beneficio individual.

La introducción de los conceptos económicos a los problemas espaciales urbanos se hace a través de un elemento fundamental: el costo de transporte. Este costo de viaje o transporte une a los factores convencionales de producción con el espacio urbano e introduce las variables físicas en la estructura económica.

El concepto de maximizar conduce a la técnica de programación matemática, cuya rama más empleada es la de la programación lineal. A través de esta técnica es posible optimizar una función sujeta a restricciones, ya sea la minimización del costo de transporte o la maximización del beneficio.

El primer intento de utilización de estos conceptos es el de Von Thunen<sup>8</sup>. En su libro sobre el Estado Aislado propone la primera teoría de localización, al tratar de explicar la localización de distintos cultivos agrícolas alrededor de una ciudad, los cuales dependían de la variación de los costos de transporte de los productos agrícolas al mercado consumidor en la ciudad. Weber<sup>9</sup> propone posteriormente, utilizando el costo-

---

8. Von Thunen, J.H., 1826, DER ISOLIERTE STAAT IN BEZIEHUNG AUF LANDWIRTSCHAFT UND NATIONALOKONOMIE, Hamburgo.

9. Weber, A., 1909, UBER DEN STANDORT DER INDUSTRIEN, 1: REINE THEORIE DES STANDORTS, Tubigen.

de transporte como elemento principal, la teoría de localización industrial. En ella el industrial localiza su industria - de tal forma que los costos de transporte de las materias primas a la planta y de los productos manufacturados al mercado - consumidor sean mínimos. Christaller<sup>10</sup> y posteriormente Lösch<sup>11</sup> demuestran, a través de la teoría del lugar central, que la - distribución de los centros de servicios obedecen a la minimización de los costos de transporte de los consumidores a dichos centros. Finalmente Alonso<sup>12</sup>, en su teoría de localización postula que la localización residencial obedece a la maximización de la utilidad del individuo, sujeta a la restricción impuesta por su nivel de ingreso; un individuo puede escoger una determinada combinación de gasto en servicios, transporte y - renta de la vivienda, combinación de la cual dependerá su localización.

Los modelos operacionales como el de Penn-Jersey, de Herbert y Stevens<sup>13</sup> o el de San Francisco, de Robinson, Wolfe y Barringer<sup>14</sup> siguen este enfoque, y en forma general, un modelo del -

---

10. Christaller, W., 1933, DIE ZENTRALLEN ORTE IN SUDDEUTSCHLAND, Jena.

11. Lösch, A., 1954, THE ECONOMICS OF LOCATION, New Haven, - Yale University Press.

12. Alonso, W., 1964, LOCATION AND LAND USE: TOWARDS A THEORY OF URBAN RENT, Cambridge, Mass., Harvard University Press.

13. Herbert, J. y Stevens, B., 1960, "A model for the distribution of activities in residential areas", JOURNAL OF REGIONAL SCIENCE, vol. 2.

14. Robinson, I.M., Wolfe, H.B. y Barringer, R.L., 1965, "A simulation model for renewal programming", JOURNAL OF THE AMERICAN INSTITUTE OF PLANNERS, (mayo).

sistema urbano basado en esta teoría puede resumirse de la siguiente forma: el mercado está compuesto de dueños de terrenos o edificios que quieren vender o alquilar sus propiedades para así proseguir sus actividades. Cuando todos los dueños han ven- di- do o alquilado sus propiedades al mejor precio y los con- sumi- do- res han podido pagarlo, se dice que el mercado está en equilibrio. Este equilibrio es temporal, ya que nuevos con- sumi- do- res o dueños pueden entrar en el proceso; pero para que esta situación de equilibrio ocurra, el precio de oferta (que pide el dueño) y el de demanda (que ofrecen los compradores) tienen que ser igual por unidad de suelo y la cantidad transada debe ser igual para consumidores y propietarios. El proceso por el cual se alcanza este equilibrio puede describirse de la siguiente forma: cada consumidor potencial evalúa las características de cada terreno en la ciudad y estima los costos en que va a incurrir al localizarse en cada punto, así como los beneficios que recibirá. La diferencia entre los costos y beneficios es la renta máxima que puede pagar, y por lo tanto cada propietario venderá o alquilará a aquel consumidor que ofrece la máxima renta por su terreno. De esta forma se establece tanto la estructura del valor de la tierra como el patrón del uso del suelo por actividad asociada con cada comprador.

Como la tierra está diferenciada fundamentalmente por el costo de transporte asociado con su localización, y como cada consumidor tiene un límite en su gasto, ya sea por su ingreso en el caso residencial o por sus ventas en el caso de una em--

presa, la máxima renta determina la cantidad de terreno que el consumidor puede comprar si el precio de la tierra está dado - en esa localidad. Ahora bien, si el dueño pide un precio mayor que el precio de equilibrio, el consumo de tierra disminuye, - afectando a otros dueños que no podrán vender sus propiedades. La hipótesis de competencia perfecta determina que aquellos - dueños que no han podido vender, bajarán los precios, restau-- rando en esta forma el equilibrio del mercado a través del pre<sup>u</sup> cio de equilibrio.

Para poder aplicar estos conceptos a la realidad es necesari<sup>o</sup> hacer simplificaciones. Parece inevitable que al tratar de agregar el comportamiento económico individual, el número de - acciones opcionales para cada individuo es demasiado grande pa<sup>ra</sup> las matemáticas que se pueden manejar. Además, la informa-- ción necesaria para poder usar estos conceptos es de difícil - obtención, de tal manera que es necesario simplificar las hipó<sup>te</sup> sis para llegar a tener resultados. Aparte del problema de - manejo, este enfoque tiene problemas conceptuales importantes: en primer lugar, el concepto de racionalidad y mercado perfec<sup>to</sup> no son correctos, ya que para poder serlo, cada individuo - debería estar perfectamente informado de todas las alternati-- vas que presenta el mercado antes de decidir sus acciones, exis<sup>ti</sup> tiendo también gran cantidad de elementos monopolísticos en el mercado urbano, lo cual indicaría que no hay mercado perfecto. Robinson<sup>15</sup> también cuestiona la base filosófica del concepto -

---

15. Robinson, J., 1962, ECONOMIC PHILOSOPHY, Watts, Pelican - Edition (1967).

de maximizar la utilidad: "utilidad es un concepto metafísico de circularidad inquebrantable: las personas compran bienes - porque éstos les dan satisfacción; pero la única manera en que esta satisfacción puede mostrarse, al menos en términos económicos, es en el hecho de que las personas compran estos bienes".

A pesar de las críticas planteadas, este enfoque es, desde el punto de vista teórico, el más coherente en términos de una explicación del comportamiento individual.

## 2. EL MACRO-ENFOQUE O FISICA SOCIAL.

Este enfoque, en contraste con el anterior, estudia los fenómenos urbanos de manera agregada. No es tan importante conocer las motivaciones existentes tras el comportamiento individual como conocer el comportamiento de la masa de individuos. El origen de este enfoque se puede referir a los pensadores - del siglo XVII que, maravillados con el progreso de la física, de las matemáticas y de la mecánica, trataron de interpretar - los fenómenos sociales en la misma forma en que la mecánica - había interpretado tan exitosamente los fenómenos físicos. El término "física social" fue introducido por Berkeley en el - siglo XVIII en su teoría de atracción moral y estabilidad social; pero el autor más significativo es Carey<sup>16</sup> quien cree que

---

16. Carey, H.C., 1958, PRINCIPLES OF SOCIAL SCIENCE, Philadelphia, J. Lippincott.

las mismas "leyes que gobiernan la materia en todas sus formas, sea el carbón, la arcilla, el hierro, las piedras, los árboles, bueyes, caballos u hombres, son las mismas". En su libro Principios de las ciencias sociales, formula el modelo de gravedad basado en la física newtoniana, de la siguiente forma: "la gravitación existe en la sociedad humana tal como en cualquier otra parte del mundo físico material, es decir, en relación directa a la masa de la ciudad y en relación inversa a la distancia". Este enfoque, a pesar de ser criticado como la escuela "mecanicista" (ver Sorokin<sup>17</sup>), sigue avanzando con los trabajos de Ravenstein<sup>18</sup> sobre migraciones, Reilly<sup>19</sup> sobre comercios, Stewart<sup>20</sup>, Zipf<sup>21</sup>, etc.

La gran mayoría de estos trabajos se basan en analogías, que son herramientas válidas de investigación científica, al menos en el comienzo de los desarrollos teóricos. La analogía es un concepto simple: si un fenómeno tiene ciertos atributos similares a otro fenómeno, es posible que comparta también otros atributos; en esta forma la analogía consiste en conside-

---

17. Sorokin, P.A., 1928, CONTEMPORARY SOCIOLOGICAL THEORIES, - Nueva York, Harpers.

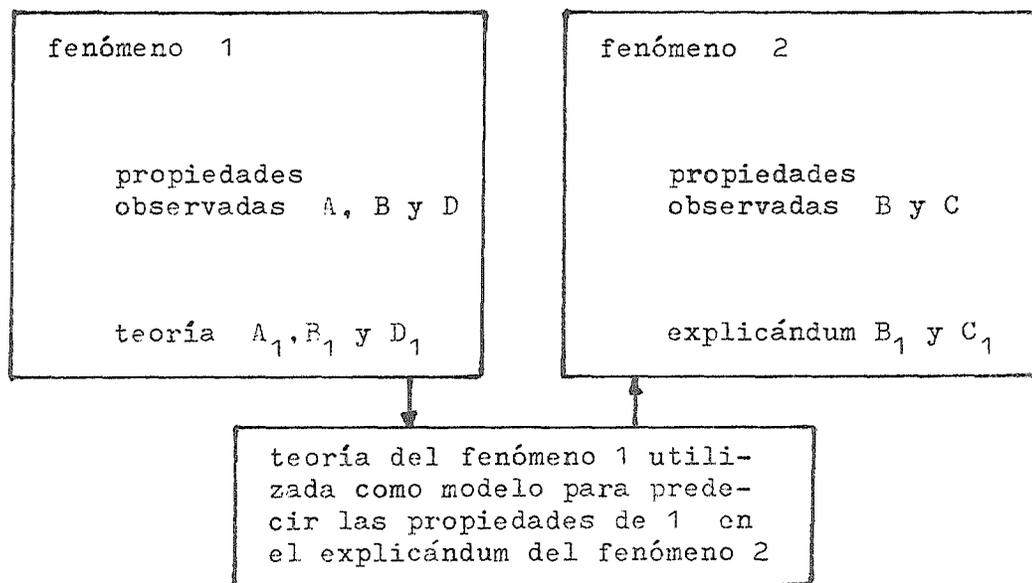
18. Ravenstein, E.G., 1885, "The laws of migration", JOURNAL OF THE ROYAL STATISTICAL SOCIETY, vol. 48, 1885 y vol. 52, - 1889.

19. Reilly, W.J., 1931, LAWS OF RETAIL GRAVITATION, Nueva York, Knickerbocker Press.

20. Stewart, J.Q., 1941, "An inverse distance variation for certain social influences", en SCIENCE, vol. 93.

21. Zipf, G.K., 1946, "The  $P_1 P_2 / D$  Hypothesis: on the inter-city movement of persons", AMERICAN SOCIOLOGICAL REVIEW, vol. 11.

rar cierta teoría que explique un determinado fenómeno 1 como-  
"modelo" para explicar a otro fenómeno 2, debido a la existen-  
cia de ciertas propiedades similares entre ambos.



A y C: analogías negativas

B: analogías positivas

D: analogías 'neutral'

fig. 4 LA NATURALEZA DE LA ANALOGIA.

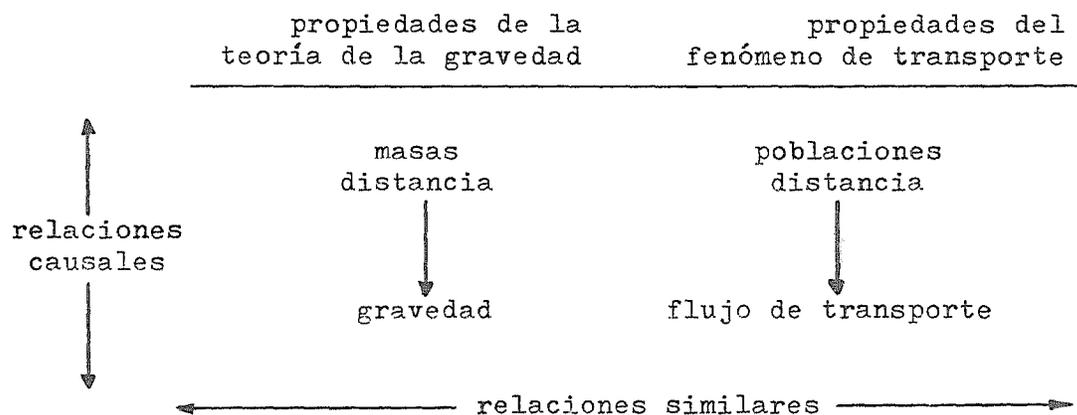


fig. 5 LA ANALOGIA EN EL MODELO GRAVITACIONAL.

Planteado en base a las dos figuras anteriores, el modelo gravitacional se ha formulado de la siguiente manera:

$$F_{ij} = K \frac{P_i \cdot P_j}{(d_{ij})^2} ; \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, m \\ j = 1, 2, \dots, n \end{matrix}$$

donde  $F_{ij}$  = flujo de transporte entre dos zonas  $i - j$   
 (por ejemplo, entre dos ciudades)  
 $P_i, P_j$  = poblaciones de las zonas  $i$  e  $j$   
 $d_{ij}$  = distancia entre la zona  $i$  e la zona  $j$   
 $K$  = constante de proporcionalidad

Es importante hacer notar, sin embargo, que si bien la analogía es una herramienta válida en el proceso científico, ésta debe sustituirse eventualmente por una teoría que explique el fenómeno de interés en sus propios términos.

### 3. EL ENFOQUE DE SIMULACION.

Este enfoque<sup>22</sup> nace a fines de 1968, a partir de los trabajos de investigación realizados por Jay W. Forrester, con la ayuda de un equipo de colaboradores en el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts). Al publicarse -una de las obras más importantes de Forrester- Urban Dynamics, se inaugura una nueva etapa en el estudio y desarrollo de los modelos urbanos. Su fundamento básico consiste en suponer que la ciudad se comporta como un sistema que cambia continuamente de estado y cuyos efectos se acumulan en el tiempo. Estos cambios y acumulaciones, es decir los estados del sistema se calculan mediante ecuaciones en diferencias de primer orden, cuyo tratamiento por ser demasiado extenso, laborioso y complejo, se hace con la ayuda de computadoras electrónicas y sofisticados lenguajes de simulación.

A fin de ampliar las ideas expuestas anteriormente se hace un breve resumen, cuyo propósito es servir como una introducción a la simulación.

El motivo fundamental para usar la simulación en cualquier disciplina es la búsqueda constante del hombre por adquirir conocimientos relativos a la predicción del futuro. A través de la simulación se puede obtener un conocimiento profundo de sis

---

22. En el modelo de Ciudad Nezahualcóyotl, presentado en el capítulo siguiente, se aplicó este tipo de enfoque.

temas complejos, construir y probar teorías, así como escudriñar al mañana de una manera que aunque superficial, es categórica. En resumen, la simulación reduce una situación complicada a proporciones manipulables y cristaliza el entendimiento - que de ella tenemos.

El concepto de simulación tuvo su origen a fines de 1940, - cuando dos investigadores norteamericanos del Laboratorio Científico de Los Alamos: John Von Neuman y Stanislaw Ulam, intentaron resolver un problema de blindaje nuclear. La cuestión era muy peligrosa para ser resuelta experimentalmente en un reactor y demasiado laboriosa para solucionarse analíticamente. Ante esa situación, los dos matemáticos pensaron en una alternativa que equivalía a someter el problema a una ruleta, y acuñaron el término Análisis de Monte Carlo, que fue el primer procedimiento de simulación. Esta opción planteaba, por primera vez, la resolución de un problema matemático no-probabilístico mediante un proceso probabilístico, que era simulado con una ruleta.

Desde entonces, la palabra simulación se adoptó para servir como una voz técnica. Lo que hizo que se le diera diferentes - significados, y muchas veces, aunque éstos fueran contradictorios. Algunos de ellos fueron: imitar, aparentar, suponer y representar. Esta ambigüedad se llevó al campo tecnológico y científico al extremo de que algunos autores a los modelos les llamaron simulación, mientras que otros suponían que un modelo era tan sólo, un aspecto usado en simulación.

A medida que avanzó la ciencia y empezaron a desarrollarse las computadoras electrónicas, en los primeros años de la década de los cincuentas, la simulación adquirió una connotación más importante y profunda, ya que surgió la posibilidad de experimentar en modelos que representaban sistemas de interés, con la ayuda de una útil y poderosa herramienta. De esta manera, al aparecer la simulación en computadoras se comenzó a generar una infinidad de aplicaciones, y con ello, un número mayor de problemas teóricos y prácticos.

Esto ocasionó que se considerara a la simulación como un término que poseía varios atributos, los cuales eran: actividad (operar o hacer funcionar un modelo); proceso (realizar experimentos en un modelo); instrumento de análisis (para resolver problemas complejos), y técnica (para el estudio y desarrollo de sistemas).

Así se tiene la siguiente definición<sup>23</sup> de simulación:

" La simulación es una técnica de desarrollo teórico, en la que se obtienen inferencias sobre un sistema por medio de la ejecución de experimentos en el modelo del sistema ".

Otra definición que se considera bastante aceptable es la -

---

23. Esta definición es la que mejor explica el concepto, tomada de:

Varios autores, Documentation Department, 1975, DYNAMO USER'S MANUAL, Detroit, Mich., Burroughs Corporation.

que proporciona Labastida<sup>24</sup> :

" La simulación es la operación o uso del modelo para producir cronológicamente, un estado histórico del modelo, el cual es estimado como un estado histórico del sistema modelado ".

Las dos grandes ventajas de la simulación son: su rango de aplicación y su simplicidad de ejecución. La simulación puede aplicarse a problemas de gran complejidad, en donde no existen otras técnicas de solución. En particular, los problemas que tienen un gran número de componentes sometidos a patrones complejos de comportamiento e interacción son buenos candidatos para la simulación.

No obstante, a pesar de su poder y flexibilidad, la simulación es una técnica relativamente simple de usar que requiere un poco de entrenamiento formal.

Desafortunadamente, la simulación tiene algunas desventajas. La primera, es que la simulación es una técnica experimental y cualquier recomendación o conclusión obtenida de su estudio debe ser puesta en consideración.

La segunda desventaja de la simulación es su escasez de generalidad. No es como las técnicas formales matemáticas que sin-

---

24. Labastida, A.R., 1972, EL TERMINO DE SIMULACION Y LAS TECNICAS DE SIMULACION, México, Instituto de Estudios Políticos, Económicos y Sociales, Partido Revolucionario Institucional.

tetizan los resultados en fórmulas generales, sino que la simulación presenta los resultados en forma numérica.

La persona que utiliza la simulación, es como un arquitecto cuando presenta alternativas en sus diseños para discusión y crítica; y eventualmente, para selección de quienes toman las decisiones políticas.

La simulación se ha aplicado en disciplinas tan diversas como: medicina, física, ingeniería, tecnología espacial, ciencias sociales, administración de empresas y economía, por citar algunas de ellas. Y ha desempeñado un papel decisivo en el desarrollo de simuladores de vuelo, de juegos militares y de gerencia; de modelos econométricos, hidráulicos, ecológicos y urbanos; de diversos dispositivos eléctricos analógicos y de pruebas de aviones en túneles de viento.

Desde el punto de vista práctico, un modelo de simulación es la descripción numérica del estado del sistema en el tiempo. Implícita en esta definición, está la suposición de que el comportamiento del modelo, en cierta forma aproximada, refleja el comportamiento del sistema para el cual fue construido.

Los modelos de simulación se clasifican, generalmente, en dos grandes tipos: modelos de eventos discretos y modelos de tiempo continuo.

Una de las razones por las que se clasifica un modelo es por que existen lenguajes de simulación especiales para cada tipo. DYNAMO y CSSL son lenguajes apropiados para modelos de tiempo continuo, mientras que SIMSCRIPT, GASP y GPSS son útiles para -

modelos de eventos discretos.

Los modelos de eventos discretos varían de estado al ocurrir un evento definido. Este cambio sucede usualmente, a intervalos irregulares de tiempo. La persona que usa un lenguaje de simulación para sistemas de eventos discretos construye su modelo con entidades y eventos individuales y describe sus interacciones - localmente. Por medio del programa de simulación ensambla y acumula los efectos que los eventos tienen sobre las entidades y - los cambios en el sistema total. Algunos ejemplos de estos modelos lo constituyen: los flujos de tránsito en ciudades, los fenómenos de espera en la prestación de servicios en bancos, supermercados, gasolineras, aeropuertos, etc.

En los modelos de tiempo continuo hay una sola variable independiente: el tiempo; cuyo avance es a intervalos pequeños y uniformes. En este tipo de modelos todo el conjunto es evaluado a cada intervalo. La persona que emplea un lenguaje de simulación de sistemas de tiempo continuo elabora su modelo a base de ecuaciones o relaciones. Las ecuaciones expresan una hipótesis de la operación del sistema y una visión de la causa total, así como de la relación de efectos entre los elementos del sistema a través del tiempo. Algunos ejemplos de estos modelos son: los modelos econométricos, los hidráulicos, los industriales, los urbanos, los ecológicos, etc.

Los casos en donde es conveniente aplicar la simulación, en general, son los siguientes:

a) Cuando el problema, pudiéndose resolver experimentalmente en

un laboratorio, resulte muy peligroso o muy costoso;

b) Cuando el problema dé origen a un sistema tan complejo que - sea imposible describirlo matemáticamente;

c) Cuando el problema no se pueda resolver experimentalmente y no exista otra técnica de solución disponible, y

d) Cuando el problema, pudiéndose formular matemáticamente, no pueda obtenerse su solución o ésta sea muy complicada por medio de técnicas analíticas directas.

Una buena regla empírica es la de usar la simulación cuando una técnica de solución formal no es suficiente. En general, la simulación complementa a otras técnicas de solución, más que - competir con ellas.

### III. ESTRUCTURA BASICA DE UN MODELO URBANO DE SIMULACION DINAMICA DE CIUDAD NEZAHUALCOYOTL.

#### A. INTRODUCCION.

Por mucho tiempo, desde la aparición de las primeras ciudades y más marcadamente, a partir del inicio de la Revolución Industrial, el fenómeno de la migración del campo a la ciudad se ha presentado -en varios grados y a diversas escalas- como una consecuencia directa del aumento de la población. Y hoy día, la búsqueda constante del hombre por ascender socialmente la necesidad de conseguir un empleo o simplemente el deseo de cambiar sus condiciones de vida ocasionan la movilización de grandes contingentes hacia las urbes. Este éxodo masivo en los países de América Latina se duplica y agrava por el hecho de tener una población joven con un acelerado crecimiento demográfico. Sin embargo, esta cuestión, aparentemente exclusiva de los países en vías de desarrollo, como México, en realidad afecta a la mayoría de las grandes metrópolis del orbe, si bien en distintos niveles de complejidad.

La ciudad ejerce considerable influencia y enorme fuerza de atracción, debido en parte, a la aureola y prestigio que posee. Así, el inmigrante, recién llegado y habitualmente introducido en el estrato social del proletariado urbano se siente como privilegiado frente al paria rural, ¡pero a qué precio lo paga! No obstante, la urbe es incapaz de absorber los flujos migratorios que suscita y frecuentemente, el barrio miserable se sitúa

en medio de dos mundos: campo del que se huye y ciudad que atrae. De esta manera, Nezahualcóyotl representa la síntesis de algunos problemas planteados por la desmesurada expansión de la Ciudad de México y la transferencia de ciertos cinturones de miseria fuera del Distrito Federal alrededor del año de 1960.

El Municipio de Nezahualcóyotl aparece oficialmente el 23 de abril de 1963, pero su autonomía total se hace efectiva hasta el primero de enero de 1967. Este gran asentamiento humano contaba aproximadamente con 60,000 habitantes en 1960; diez años más tarde, se censan oficialmente 580,000 y se calcula, según Ferras<sup>1</sup>, que la cifra para 1974 debe oscilar entre 1.1 y 1.2 millones (Guadalajara y Monterrey, segunda y tercera ciudades más grandes de México contaban con 1.2 y 0.9 millones de habitantes respectivamente, según el censo de 1970). La ciudad repartida en 60 colonias con 173 mil lotes de 150 m<sup>2</sup> aproximadamente, se localiza en el fondo de lo que antiguamente fuera el lago de Texcoco, en un terreno salitroso y blando (de una Monografía oficial de 1973 se cita lo siguiente: "a causa de la textura altamente salitrosa del terreno, no existe flora alguna y no es posible, tampoco, que pueda arraigar alguna especie foránea. Consecuentemente, carece de fauna ..."). Nezahualcóyotl estaba desprovista al principio de muchos servicios públicos, padeciendo además, graves inundaciones. Lo que impli

---

1. Ferras, R., 1977, CIUDAD NEZAHUALCOYOTL: UN BARRIO EN VIAS DE ABSORCION POR LA CIUDAD DE MEXICO, México, Ed. El Colegio de México, Col. Cuadernos del CES no. 20.

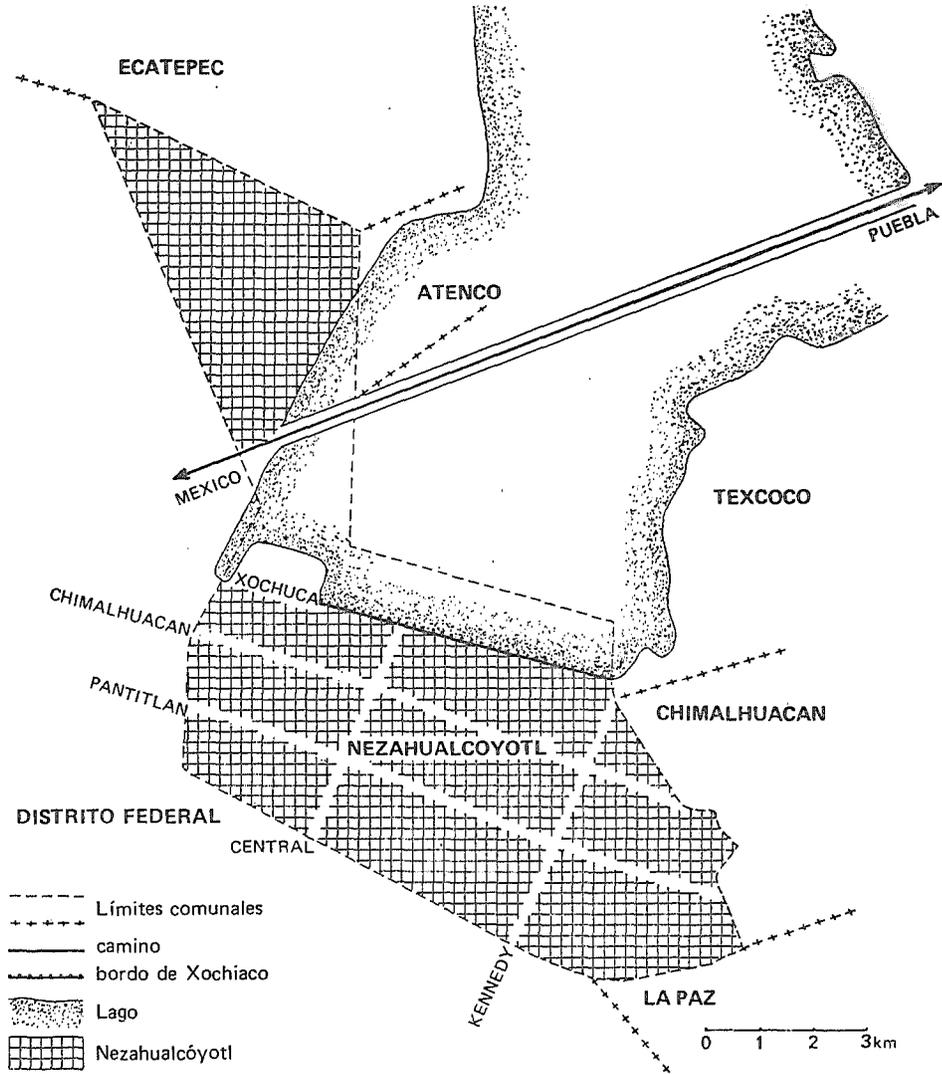
caba para los habitantes de Nezahualcóyotl, una serie de características comunes a las que se dan en las villas-miseria de Buenos Aires, las barracas de Barcelona o las favelas de Río de Janeiro:

- marginación social y cultural,
- alejamiento físico de los centros de trabajo, agudizado por un servicio de transportes públicos precario o inexistente,
- carencia de la infraestructura más elemental, como las tomas de agua potable o el alcantarillado,
- aspecto sórdido, debido a la acumulación de basura y al uso de materiales de desecho, y
- repentina ocupación de terrenos baldíos, a veces en una sola noche.

La población de Nezahualcóyotl se forma primordialmente de una parte del núcleo marginado del D.F. y otra, de inmigrantes campesinos que llegan a la Ciudad de México. La pirámide de edades muestra una población joven, precozmente casada y que presenta tasas elevadas de natalidad.

De las conclusiones obtenidas de los diversos estudios que se han desarrollado sobre Nezahualcóyotl, se puede afirmar que en sus comienzos el estado en que se encontraba la comunidad era sumamente crítico. Por ello el problema dejó de ser local para transformarse en un grave problema nacional. Entonces, se intentaron varias soluciones y el gobierno federal asignó 1200 millones de pesos para dotar de infraestructura y servicios, y se siguen haciendo inversiones. De esta forma se alivió un poco el problema y hoy día todo ha cambiado: las cuestiones de la

### Ubicación de Ciudad Nezahualcóyotl



(Esquema tomado de Ferras, R., op. cit.)

ocupación del suelo casi están resueltas y las de la dotación de servicios municipales se están solucionando.

En realidad, el panorama mostrado es mucho más amplio que lo que aquí se expone, y Nezahualcóyotl no sigue siendo más que un crudo ejemplo del ilimitado crecimiento de la Ciudad de México.

## B. OBJETIVOS Y PROPOSITOS DEL MODELO.

El actual proceso urbano es tan complejo que no se ha podido entender en toda su forma y magnitud; prueba de ello es que todavía no existe una teoría unificada al respecto.

Al principio de nuestra tesis, declaramos que la problemática urbana actual debe examinarse globalmente. Asimismo, expresamos, en relación a esto, que era necesario concebir a la ciudad como un sistema urbano; pero que esto no era suficiente - sino se representaba -tanto a la ciudad como a su sistema urbano- con un modelo, con un modelo urbano.

La explicación del por qué de estas afirmaciones se expone a continuación. Es claro que un modelo -entre otras cosas- se utiliza para realizar experimentos que sirven para probar o desechar hipótesis. Igualmente, con las hipótesis debidamente probadas y aceptadas es posible construir teorías. Lo que se pretende, en última instancia, es construir una teoría que explique el comportamiento dinámico de los sistemas urbanos, lo que equivale a construir una teoría del proceso urbano.

Al contar con una teoría aceptable del proceso urbano se -

puede concebir una estructura racional de análisis que contenga los elementos informativos y de juicio suficientes y necesarios para fijar prioridades, elegir entre alternativas, establecer objetivos y metas en el tiempo y en el espacio, ordenar las acciones que permitan alcanzarlos con base en la asignación correcta de recursos, la coordinación de esfuerzos y la imputación precisa de responsabilidades, y controlar y evaluar sistemáticamente los procedimientos, avances y resultados para poder introducir con oportunidad los cambios necesarios en las grandes ciudades de nuestro tiempo.

Es indispensable entonces, experimentar para probar hipótesis y construir teorías. Desafortunadamente no lo podemos hacer directamente en las ciudades, ya que es extremadamente difícil contar con variables sujetas a control y además los sucesos de interés ocurren durante períodos de tiempo bastante largos. Queda pues, como método alternativo llevar a cabo la experimentación no en las ciudades mismas sino en un modelo que represente su comportamiento, en donde sí se cuente con variables controlables y se puedan observar los efectos de la experimentación tan a largo plazo como se quiera, esto es experimentar en un modelo que simule el sistema urbano.

De este modo, el objetivo del modelo es pronosticar la dinámica del fenómeno urbano de Ciudad Nezahualcóyotl en sus aspectos más relevantes e implementar -dentro del modelo- algunas variables de decisión política, a fin de que se puedan simular políticas de desarrollo urbano en el modelo, antes de implan-

tarlas en la realidad. A su vez, el propósito del modelo es ser vir de base para la realización de un proyecto más ambicioso.

### C. DESCRIPCION DEL MODELO.

En ciencias sociales se han usado tradicionalmente modelos de tipo cualitativo, pero ha habido poca cuantificación, esto es, casi no se han manejado modelos de tipo cuantitativo. Hace pocos años, Forrester introdujo nuevos métodos para trabajar con modelos cuantitativos en el campo de las ciencias sociales especialmente en el estudio de la dinámica de los sistemas urbanos. Ya desde sus primeros estudios sobre dinámica industrial Forrester había demostrado que los fenómenos que involucran - personas, a menudo tienen un comportamiento contrario a la intuición y al sentido común, y que la implantación de políticas para resolver ciertos problemas, en muchas ocasiones -por las complejas interacciones que existen- resultan contraproducentes, los empeoran y, muchas veces, hasta los generan independientemente de lo que suceda externamente. Esto se debe, según Forrester, a que los sistemas sociales, al igual que los sistemas urbanos, son altamente no-lineales y con muchos circuitos de retroalimentación (feedback loops). En ingeniería, un feedback loop es siempre un tipo de control a priori, pero en los sistemas sociales los feedback loops señalan un tipo de respuesta, bajo una determinada excitación.

El modelo de Ciudad Nezahualcóyotl es, en realidad, un modelo matemático que sigue la filosofía de los trabajos de Forrester, es decir, tratar de explicar la dinámica de los sistemas urbanos desde el punto de vista del administrador urbano. Bajo estas circunstancias, el sistema urbano simulado equivale matemáticamente, a un conjunto de ecuaciones en diferencias, ordinarias, determinísticas y de primer orden; que pueden ser lineales o no-lineales.

El modelo concibe a Ciudad Nezahualcóyotl como una localidad extendida sobre una área limitada de terreno, situada en un plano y que es capaz de suplir o absorber personas, recursos o información, según sea el grado de atracción de la ciudad. Los parámetros que cambian con el lugar o aquellos cuyas variaciones generan fuerzas no están representados en el modelo, ya que los lugares no pueden ser referenciados debido a las características de operación del lenguaje utilizado para simular el modelo.

Para la representación del comportamiento de una ciudad a largo plazo, es más apropiado utilizar un modelo de simulación de sistemas de tiempo continuo que uno de eventos discretos, porque no interesan, en este caso, eventos tales como la construcción de una casa-habitación de ciertas características o la llegada de una persona en particular, sino que lo que interesa es la acumulación de los efectos de este tipo de eventos.

Un lenguaje especialmente orientado a la simulación de sistemas de tiempo continuo es el DYNAMO. Antes de empezar a describir el modelo más a fondo, se indicarán algunas características de DYNAMO<sup>2</sup> con el fin de facilitar el entendimiento del modelo.

La palabra DYNAMO, formada por DYNAMIC MODELS, es el nombre de un lenguaje especial para simular sistemas de tiempo continuo. Fue creado en el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) por Alexander Pugh III y la Dra. Phyllis Fox en el año de 1959. Desde entonces, DYNAMO se ha aplicado al estudio y desarrollo de sistemas industriales, econométricos, de administración de empresas, urbanos, ecológicos y de ingeniería, principalmente.

Para simular modelos en DYNAMO, el sistema debe considerarse como una serie de flujos homogéneos, cuyos estados están representados por la acumulación de dichos flujos a través del tiempo.

Los conceptos básicos de DYNAMO son: la tasa de cambio y el nivel de acumulación; una tasa representa un flujo de material, recursos o información, mientras que un nivel muestra la acumulación de uno o varios flujos a través del tiempo.

---

2. El término DYNAMO se refiere tanto al traductor (programa que traduce de lenguaje DYNAMO a lenguaje ALGOL, para el caso particular de la computadora Burroughs B6700 del C.S.C.) como al lenguaje, propiamente dicho.

El tiempo es la única variable independiente y su avance se da en intervalos pequeños y uniformes. Lo que implica que todo el sistema es evaluado a cada intervalo, es decir, para un tiempo  $t_1$  se genera un estado  $e_1$ ; para un tiempo  $t_2$  se genera un estado  $e_2$ ; para un tiempo  $t_3$  se genera un estado  $e_3$  y se sigue así hasta donde se desee simular el modelo.

El modelo se construye a base de ecuaciones, que expresan una hipótesis de la operación del sistema y una visión de la causa total, así como la relación de efectos entre los elementos del sistema a través del tiempo.

La estructura de un modelo en DYNAMO se elabora a base de ecuaciones de nivel, que en rigor, son ecuaciones en diferencias del tipo:

$$\text{NIVEL}_t = \text{NIVEL}_{t-dt} + (DT) (\text{TASA1}_{t-dt,t} - \text{TASA2}_{t-dt,t})$$

cuya notación en DYNAMO es:

$$\text{NIVEL.K} = \text{NIVEL.J} + (DT) (\text{TASA1.JK} - \text{TASA2.JK})$$

donde: NIVEL es el nombre de la variable de nivel  
TASA1 es el nombre de la variable de tasa 1  
TASA2 es el nombre de la variable de tasa 2  
DT es el intervalo fijo de tiempo (Delta Time)  
J es el subíndice de tiempo pasado  
JK es el subíndice de tiempo entre el pasado y presente  
K es el subíndice de tiempo presente

En su forma computable, un modelo en DYNAMO consiste en una serie de ecuaciones y de instrucciones que le indican a la computadora cómo se relacionan las variables con el tiempo y entre sí mismas; y cuáles son los valores iniciales, las constantes y las especificaciones de salida de la información deseada.

El modelo es introducido a la computadora por medio de tarjetas perforadas, que son leídas en la máquina lectora de tarjetas o también, se puede introducir el modelo desde una terminal remota con pantalla CRT (Cathodic Ray Tube), esto es, teclando las ecuaciones en el teclado de la terminal y transmitiéndolas remotamente.

El listado y los resultados de la corrida del modelo son vaciados normalmente a la máquina impresora, que produce reportes escritos en hojas especiales. Aunque también, los resultados - se pueden obtener directamente desplegados en la pantalla CRT de la terminal remota, cuando se trabaja el modelo en forma conversacional o interactiva.

Además de imprimir los resultados, DYNAMO también puede graficarlos con la máquina impresora; pudiendo hacer varias gráficas simultáneamente sobre los mismos ejes, marcando cada variable con un símbolo diferente. Asimismo, tiene diagnósticos que ayudan al usuario a detectar algunos errores lógicos y de sintaxis en la formulación de su modelo.

## D. MODELO

URRUGH5 B6700/B7700 DYNAMO LEVEL DYN454: 8/12/81  
INPUT PHASE BEGIN AT 19:24 40

DYNAMO NARROW  
UN NEZA

### ESTRUCTURA BASICA DE UN MODELO URBANO DE SIMULACION DINAMICA DE CIUDAD NEZAHUALCOYOTL.

EL OBJETIVO DEL MODELO ES PRONOSTICAR LA DINAMICA DEL FENOMENO URBANO EN LA CIUDAD NEZAHUALCOYOTL EN SUS ASPECTOS MAS RELEVANTES E IMPLEMENTAR EN EL CENTRO DEL MODELO ALGUNAS VARIABLES DE DECISION POLITICA A FIN DE QUE SE PUEDAN SIMULAR LAS POLITICAS DE DESARROLLO URBANO EN EL MODELO ANTES DE IMPLANTARLAS EN LA REALIDAD.

LOS DATOS SUMINISTRADOS AL MODELO FUERON TOMADOS DE LAS SIGUIENTES REFERENCIAS:

- \* IX CENSO GENERAL DE POBLACION Y VIVIENDA 1970, MEXICO.
- \* REYNAS, R. 1977, "CIUDAD NEZAHUALCOYOTL UN BARRIO EN VIAS DE DESARROLLO EN LA CIUDAD DE MEXICO", MEXICO, EL COLEGIO DE MEXICO.
- \* CALLEJAS, L. 1973, "EL MODELO URBANO EN NEZAHUALCOYOTL", TULLCA, DIRECCION DE PRENSA Y RELACIONES PUBLICAS DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO.
- \* CALLEJAS, L. 1973, "EL DESPERTAR DE UN GIGANTE", TULLCA, DIRECCION DE PRENSA Y RELACIONES PUBLICAS DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO.

EL MODELO FUE ELABORADO DURANTE EL SEMINARIO EN LENGUAJE DYNAMO Y FUE CORRIDO EN LA COMPUTADORA BURRUGH5 B6700 DEL CENTRO DE SERVICIOS DE COMPUTO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.





## E. RESULTADOS DEL MODELO

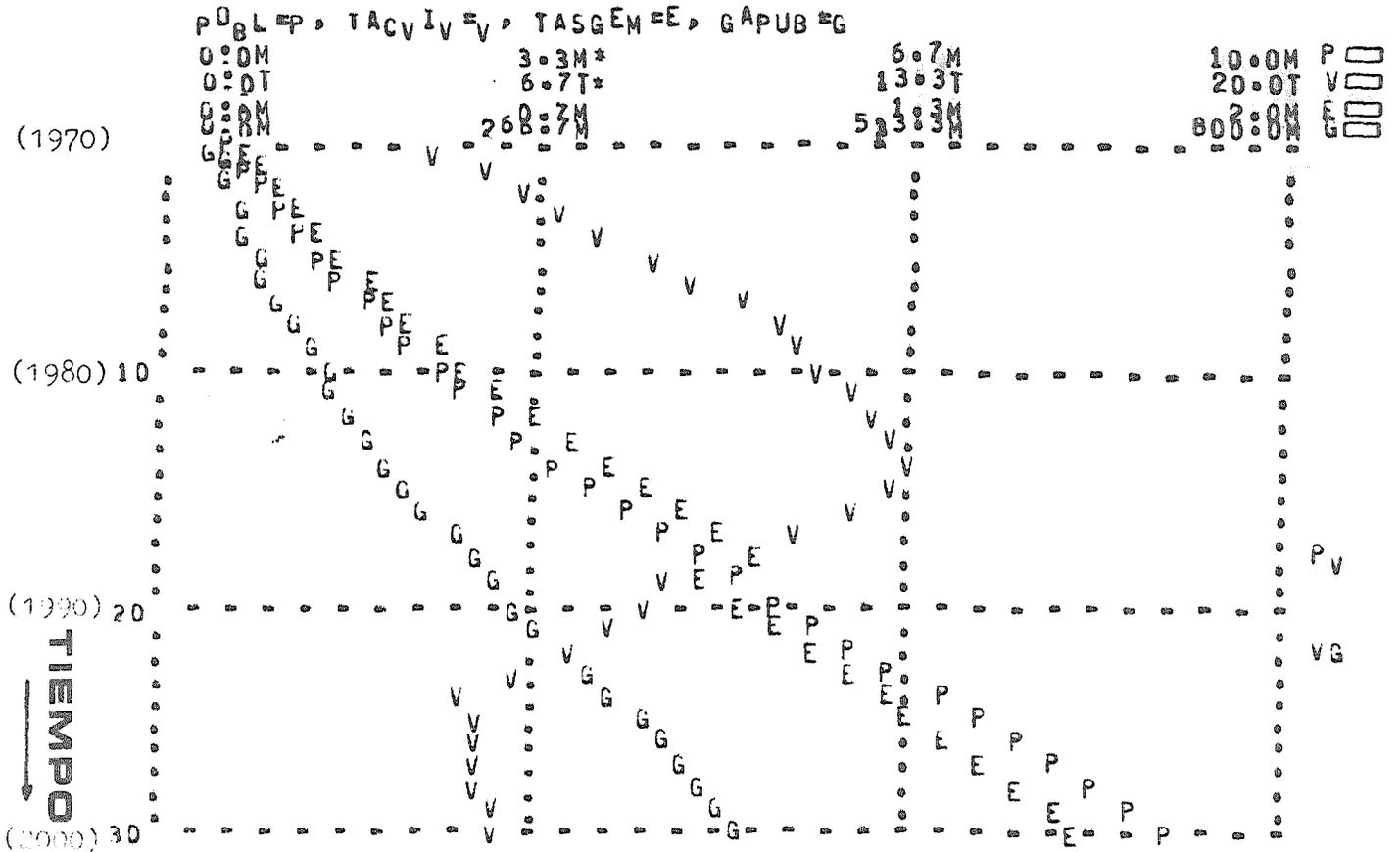
PAGE	2	NEZA	STARTED PRINTING AT 20:15.4247 12 AUGUST 1981						
	TIME	PUBL	TACVIV	TASGEM	GAPUB	TPEA	VIVPRT	DEMEMP	CDS ATRAC
DA →	E+00	E+03	E+00	E+03	E+06	E+03	E+03	E+03	E+00
70)	0°000	560.4	4507.	135.7	27.06	145.1	90.34	143.83	0:15608 0:38794
	1°000	714.2	5518.	164.7	33.48	179.6	104.06	144.69	0:21398 0:52802
	2°000	864.6	6366.	196.9	40.49	217.1	120.37	145.74	0:26299 0:57221
	3°000	1027.2	7111.	231.5	47.89	256.8	138.00	147.00	0:30437 0:81442
	4°000	1194.5	7810.	268.7	55.78	299.1	159.42	148.48	0:33934 0:83820
	5°000	1374.5	8571.	308.3	64.08	343.6	181.01	150.20	0:36889 0:70377
	6°000	1561.9	9366.	350.4	72.82	390.5	206.58	152.15	0:39376 0:73769
	7°000	1762.5	10168.	395.7	82.17	440.6	233.46	154.37	0:41458 0:80196
	8°000	1975.0	10930.	443.9	92.08	493.8	262.57	156.86	0:43223 0:85086
	9°000	2200.8	11357.	495.1	102.60	550.2	293.35	159.65	0:44784 0:87476
80)	10°000	2434.1	11773.	548.8	113.71	609.8	325.29	162.75	0:46216 0:89886
	11°000	2694.9	12183.	605.3	125.45	672.7	358.37	166.17	0:47540 0:92325
	12°000	2957.8	12593.	664.9	137.89	739.4	392.59	169.95	0:48772 0:94799
	13°000	3239.1	13002.	727.3	151.01	809.6	427.05	174.09	0:49923 0:97312
	14°000	3532.1	13407.	792.1	164.67	883.0	464.43	178.61	0:51004 0:99870

PAGE 3

NEZA

	TIME	POBL	TACVIV	TASGEM	GAPUB	TPEA	VIVPRT	DEMEMP	COS ATRAC
	15°000	3834.6	13041.0	858.7	178.77	958.6	501.00	183.53	0.52076 0.98701
	16°000	4445.9	12264.0	926.0	193.28	1036.5	536.45	188.87	0.53286 0.90033
	17°000	4466.0	11179.0	993.6	208.20	1116.5	569.40	194.63	0.54648 0.81257
	18°000	4793.6	9714.0	1060.8	223.48	1198.4	598.72	200.82	0.56189 0.69918
	19°000	5133.6	9066.0	967.6	239.28	1283.2	624.49	207.46	0.57870 0.64591
10)	20°000	5663.3	8666.0	1030.0	255.63	1370.8	649.75	214.56	0.59499 0.61154
	21°000	5842.7	8092.0	1093.5	272.39	1460.7	672.51	222.14	0.60802 0.58082
	22°000	6207.1	7317.0	1157.5	289.38	1551.8	694.02	230.20	0.62929 0.50637
	23°000	6270.1	6282.0	1221.5	306.48	1643.5	712.09	238.76	0.66952 0.43111
	24°000	6939.4	5428.0	1284.6	323.52	1734.9	728.93	247.81	0.69817 0.37014
	25°000	7300.2	5532.0	1346.9	340.33	1825.0	743.79	257.34	0.72524 0.37582
	26°000	7256.0	5625.0	1408.3	356.92	1914.0	758.98	267.36	0.75086 0.38842
	27°000	8007.7	5709.0	1469.2	373.32	2001.9	774.39	277.85	0.77516 0.38518
	28°000	8252.8	5784.0	1528.9	389.41	2086.2	789.98	288.81	0.79826 0.38966
	29°000	8266.6	5851.0	1586.9	404.97	2171.6	805.74	300.23	0.82026 0.39000
100)	30°000	9005.9	5910.0	1642.4	419.85	2251.5	821.64	312.09	0.84126 0.39000

BEGAN PLOTTING AT 20:15.4614, 12 AUGUST 1981

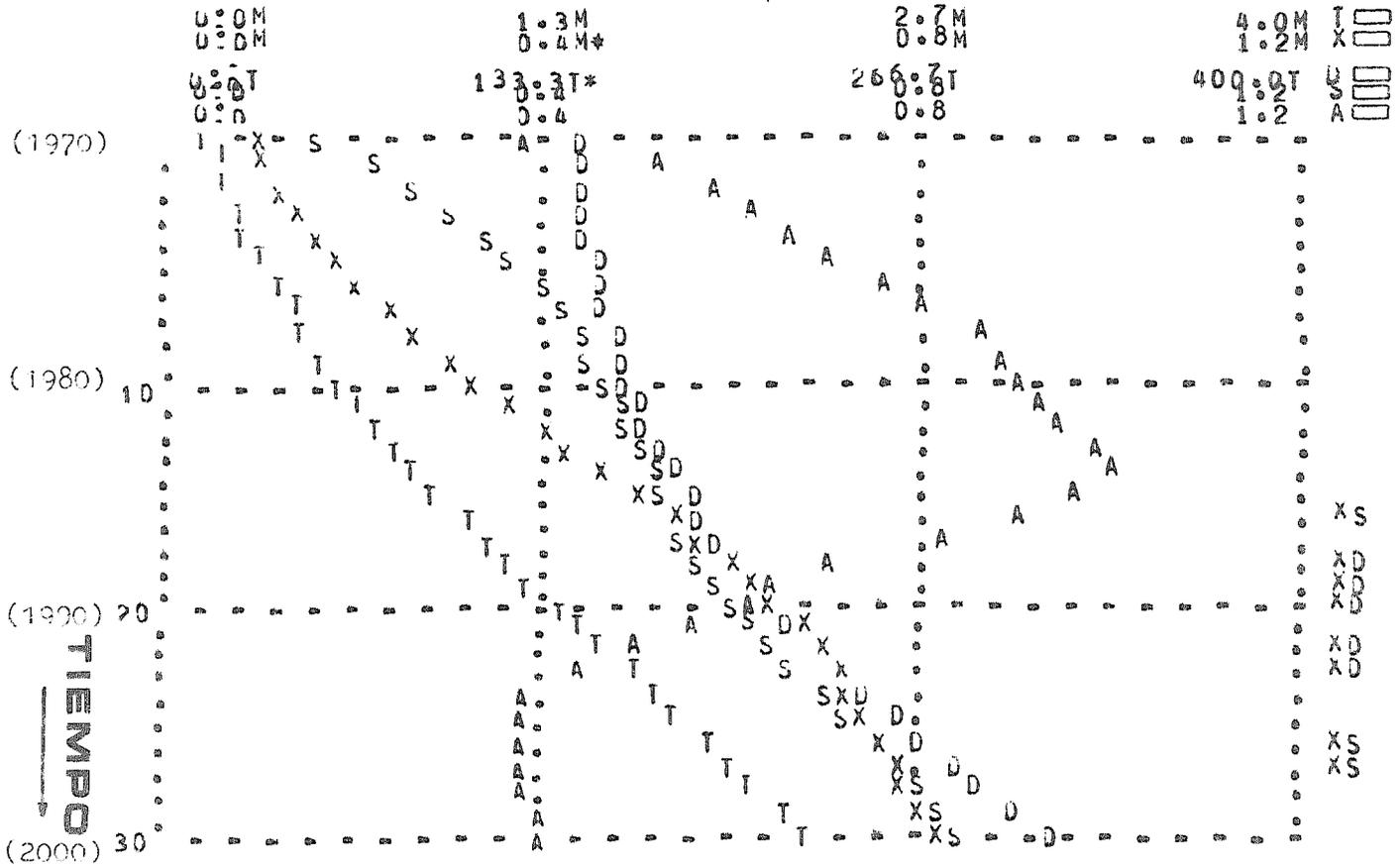


- POBLACION (POBL)
- CONSTRUCCION DE VIVIENDA (TACVIV)
- GENERACION DE EMPLEO (TASGEM)
- GASTO PUBLICO (GAFUB)

\* ESCALAS: M = 10<sup>6</sup> ; T = 10<sup>3</sup> ;

BEGAN PLOTTING AT 20:15.5686, 12 AUGUST 1981

I\_PEA=T, VIVPRT=X, DEMEMP=D, CDS=S, ATRAC=A



FINISHED RUN NUMBER NEZA AT 20:15.6469, 12 AUGUST 1981

## OBSERVACIONES

De la tabla y las gráficas obtenidas del modelo de simulación de Ciudad Nezahualcóyotl, se pueden hacer las siguientes consideraciones:

Se observa que la curva del crecimiento de la población es de tipo exponencial. Así, se empieza con 580,436 habitantes en 1970 (dato proporcionado por el censo de 1970); en 1974 alcanza un nivel de 1.2 millones (resultado que se confirma con el pronóstico dado por Ferras<sup>3</sup>); para 1980 se pronostica una población de 2.4 millones de habitantes; y el crecimiento continúa en forma constante hasta el año 2000, donde se llega a más de 9 millones de habitantes.

Esto obedece principalmente a que Ciudad Nezahualcóyotl cuenta con una población muy joven, precozmente casada y con una elevada tasa de natalidad. Los distintos medios de información han asegurado que Ciudad Nezahualcóyotl tiene el índice de crecimiento demográfico más alto del país, aunque esta afirmación no está confirmada oficialmente. Ferras, en su estudio sobre Ciudad Nezahualcóyotl, nos dice que las 2/3 partes de las mujeres se casan antes de los 20 años, contra solamente el

---

3. Ferras, R., 1977, CIUDAD NEZAHUALCOYOTL: UN BARRIO EN VIAS DE ABSORCION POR LA CIUDAD DE MEXICO, México, Ed. El Colegio de México, Col. Cuadernos del CES no. 20.

30 % de los hombres. El 41 % de las mujeres tienen entre 6 y 10 hijos; el 27 % entre 3 y 5; el 19 % menos de 3 y el 11 % han tenido por lo menos 10. A su vez, la presencia de padres y allegados, bajo el mismo techo, da por resultado una "sobrecarga familiar" muy importante.

En cuanto al pronóstico sobre la vivienda, se tiene que para 1980 habrá 325 mil; en 1970 se tenían aproximadamente 90 mil. Se observa que la pendiente de la curva es casi constante hasta 1987, año donde ocurre un cambio de pendiente y se reduce su inclinación, y por consecuencia, se tienen para finales del siglo un total de 821 mil viviendas.

En una monografía oficial<sup>4</sup>, se proporcionan las siguientes cifras sobre las viviendas:

- 51 % construidas con techos "en firme".
- 18.5 % construidas con asbesto y placas de fibro-cemento.
- 18.5 % construidas con "diversos", entre ellos cartón con chapopote.
- 12 % construidas con láminas.

---

4. Loya Ramírez, O., 1973, EL DESPERTAR DE UN GIGANTE, Toluca, Dirección de Prensa y Relaciones Públicas, Gobierno del Estado de México.

Por otra parte, se observa que la construcción de vivienda alcanzará su máximo para el año de 1984, donde se pronostica que se construirán 13,400 viviendas en ese año.

En relación al empleo, se espera contar con 549 mil empleos para 1980; en ese mismo año se tienen casi 610 mil personas económicamente activas. Se advierte asimismo que el empleo crece en forma constante, muy parecido al crecimiento de la población; en el año de 1988 ocurre una disminución y en 1989 se vuelve a estabilizar, pero con un ritmo más lento y con una pendiente menor.

A propósito de esto se puede recordar que según el censo de 1970, 240 mil personas totalmente sin empleo buscaban trabajo en la Ciudad de México. El promedio mensual de ingresos era de 1,165 pesos en 1969, año en el que el 72 % de los padres de familia habían trabajado todo el año, el 22 % más de la mitad del año, el 3 % menos de 6 meses y el 2 % nunca.

Lo anterior pone de manifiesto que un porcentaje creciente de emigrantes a la Ciudad de México encuentra grandes dificultades para conseguir trabajo y esto se relaciona con los orígenes de la población migratoria: se trata de individuos de extracción campesina, que son poco competitivos en el mercado de trabajo por su nivel precario de instrucción.

En lo referente a el gasto público municipal, se tiene que la curva es, en cierta forma, paralela a la curva del crecimiento poblacional. Lo que implica que el gasto en servicios públicos deberá aumentar proporcionalmente con el incremento demográfico, pero esto no significa, necesariamente, que la calidad de los servicios públicos se elevará, sino que únicamente deberán extenderse sus beneficios a todos los habitantes.

Señalemos que el gobierno federal invirtió inicialmente - 1200 millones de pesos para dotar a Ciudad Nezahualcóyotl de - los primeros elementos de servicios. Su distribución parcial es la siguiente:

- drenaje y alcantarillado	\$ 400 millones
- electricidad	\$ 120 millones
- diversos	\$ 100 millones
- agua potable	\$ 64 millones

De la tabla de resultados del modelo se puede observar que para 1980 se pronostica un gasto público municipal de casi 114 millones de pesos, para atender una población de 2.4 millones - de habitantes. Para 1985 deberán asignarse 179 millones de pesos, para 1990 unos 255 millones y para el año 2000 casi 420 millones de pesos. Todo esto sin tomar en cuenta las inversiones que realice el gobierno federal en el municipio, y sin considerar procesos inflacionarios ni posibles devaluaciones de nuestra moneda.

En cuanto al nivel de servicios, se tiene un pronóstico - del 46 % para 1980 y para 1983 se espera que llegue al 50 %. De la curva obtenida se puede observar un crecimiento acelerado en los primeros años, lo cual se deriva de la atención que recibió Ciudad Nezahualcóyotl de parte de las autoridades, tanto municipales, estatales y federales. A partir de 1980 este nivel empieza a descender, estabilizándose desde 1990 en adelante.

Es útil recordar que Ciudad Nezahualcóyotl surgió de la nada, esto es, en sus inicios carecía de todos los servicios, pero gradualmente fueron proporcionándose. Así, los primeros elementos de servicios empezarían en 1969 con el programa gubernamental Acción Nezahualcóyotl.

Finalmente, el índice de atracción relativa para Ciudad - Nezahualcóyotl señala un nivel del 90 % para 1980; este índice alcanza su nivel máximo en 1984, donde alcanza casi el 100 %. A partir de ese año este nivel empieza a descender, estabilizándose en un 38 % a partir de 1994 y llegando al año 2000 a un 39 %. Se observa también una cierta correlación con la curva de construcción de vivienda.

## **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

La solución de los grandes problemas sociales constituye uno de los retos fundamentales del hombre contemporáneo. En lo que respecta a este trabajo, el desordenado crecimiento urbano representa uno de esos problemas, y debido a su enorme complejidad, la manera más eficaz de enfrentarlo es mediante la participación conjunta de equipos interdisciplinarios. El Ingeniero Civil de nuestro tiempo reconoce en la interdisciplina una promisoría alternativa que abre nuevos horizontes.

El concepto de sistema urbano es un poderoso y útil instrumento de desarrollo teórico que permite simbolizar a la ciudad y a su entorno urbano de una manera funcional e integrada. Lo cual implica la estructuración racional y objetiva de la infinidad de problemas que aquejan a la urbe. Asimismo, por medio de la utilización de modelos se ha podido avanzar notablemente en la comprensión de muchos aspectos del actual proceso urbano.

Se puede definir un sistema como un conjunto de partes identificables, organizadas funcionalmente, con capacidad de interactuar y que satisfacen una serie de condiciones establecidas, formando un todo integrado. Del mismo modo, un modelo es una representación parcial de un sistema.

El estudio de un sistema usualmente requiere que una serie de preguntas se puedan contestar y que, además, guarden una estrecha relación con el mismo. Para empezar el estudio se puede crear un modelo del sistema. Tal modelo consistiría de una representación de las partes del sistema y sus interrelaciones. Por lo que algunas veces, el modelo puede ser una réplica del sistema, en otras, el modelo puede ser una representación simbólica y en ciertos casos, el sistema y el modelo son la misma cosa.

Los sistemas generalmente cambian con el tiempo, es decir, su comportamiento es dinámico; y este comportamiento depende de las relaciones internas entre los subsistemas, así como, de las relaciones externas entre el sistema y el universo que lo rodea.

Para contestar las preguntas generadas por el sistema es necesario estudiarlo desde un punto de vista restringido. Las restricciones son comúnmente las condiciones iniciales y fijas del sistema. Estas preguntas se resuelven observando el estado y los cambios en el modelo para una secuencia de tiempos, después de que se haya fijado el tiempo inicial. Por tanto, cuando se estudia cualquier sistema, las respuestas que se tengan que dar de él constituyen el problema, y la información que se ob-

tenga del sistema y que permita contestar las preguntas constituye la solución del problema.

Si existe solución, probablemente habrá diferentes métodos para obtenerla, lo que hace de gran importancia determinar cuál será el método más conveniente y de mayor veracidad que se apege a la realidad que se pretende estudiar. Esto hace que la herramienta que se aplique para resolver el problema sea de vital importancia, ya que de esa herramienta se desprenderán todas las soluciones posibles que determinan el método.

La simulación por computadoras es un método de solución que se ha aplicado, en los últimos años, para resolver una gran variedad de problemas y para el estudio y desarrollo de sistemas. Así, la simulación, la podemos definir como la técnica de construcción y operación de modelos que representan sistemas reales, con el objeto de estudiar el comportamiento de tales sistemas. Generalmente, la simulación se considera como un arte o una ciencia "blanda" (soft science), ya que los resultados del estudio dependen del grado de destreza del equipo modelador. Actualmente no existe ninguna teoría científica para garantizar la validez del proceso de simulación antes de que el experimento sea realizado. Sin embargo, la simulación es un medio eficiente para generar datos histó-

ricos artificiales que pueden usarse para identificar áreas - en donde se presentan problemas.

Es importante señalar que los modelos de simulación no se formulan en términos de maximizar o minimizar funciones, por - eso, no es necesario tratar de juzgar valores en términos abs- tractos. La inclusión de determinadas características en pun- tos apropiados es muy importante para ir reproduciendo la for- ma del comportamiento dinámico que puede ocurrir en el sistema real.

En cualquier estudio de simulación debe existir una parte que esté diseñada para probar los efectos del cambio para dife- rentes valores en los parámetros y las variables, y además, de sarrolle nuevos caminos a seguir, para modificar los errores - que se encuentren y poder apegarse a la realidad del sistema - estudiado.

Los resultados que se obtienen de la simulación están su- jetos a todos los cambios convenientes para semejar la reali- dad. Es normal esperar que muchas de las conclusiones obteni- das no sean correctas, por lo que habrá que experimentar con - otras ideas, alternativas y cambios, y así ir eliminando la ri- gidez que se puede tener al principio del estudio.

A medida que sea posible tener análisis más detallados, el número de veces que tengamos que aplicar las instancias de simulación se reducirán y por tanto, se puede llegar a conclusiones más reales y con menos pérdida de tiempo.

Puede decirse que la simulación no muestra un conjunto definido de instrucciones, sino que la simulación presenta una serie de etapas, cada una de las cuales puede tener varias opciones a seguir. Por eso, la simulación por computadoras es un procedimiento complejo, cuya aplicación requiere la participación de todo un equipo interdisciplinario, con experiencia y habilidad en construcción de modelos y en lenguajes de simulación.

Dentro de los planes desarrollados por el actual gobierno se tiene el de lograr una mejor distribución de los asentamientos humanos en el territorio nacional, mediante la regulación del crecimiento urbano. Se busca desalentar el aumento macrocefálico de las áreas metropolitanas del Valle de México, Guadalajara y Monterrey, estimular el crecimiento de las ciudades medias, con énfasis en fronteras y costas, y evitar la excesiva dispersión de la población rural, estimulando su concentración en poblaciones que faciliten la dotación a sus habitantes de los servicios públicos indispensables para su bienestar y desarrollo. Bajo este marco de planeación, el modelo de Ciudad Nezahualcóyotl intenta ser un paso más hacia la comprensión de

la dinámica del proceso urbano.

Este trabajo procura ser la recopilación de los aspectos más importantes de los sistemas y modelos urbanos con el fin de dar una perspectiva que oriente el entendimiento de la ques  
tión urbana.

## **BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

Acevedo Márquez Salvador

NOTAS SOBRE TRANSPORTE URBANO

Seminario de Sistemas Urbanos

E.N.E.P. Acatlán, U.N.A.M.

Naucalpan, Mex., 1980

Ackoff, R.L., Gupta, S.K. y Minas, J.S.

SCIENTIFIC METHOD: OPTIMIZING RESEARCH DECISIONS

Nueva York, 1962

Wiley

Ackoff, R.L. y Sasieni, M.W.

FUNDAMENTOS DE INVESTIGACION DE OPERACIONES

México, 1975

Ed. Limusa

Aguilar López Eva M.

ANALISIS FINANCIERO PARA DESARROLLOS URBANOS

Facultad de Ciencias, U.N.A.M.

Tesis profesional de actuaría

México, 1980

Bailly, A.

LA ORGANIZACION URBANA: TEORIAS Y MODELOS

Madrid, 1978

Ed. Instituto de Estudios de Administración Local

Col. Nuevo Urbanismo no. 28

Barros de Castro, A. y Lessa Carlos, F.  
INTRODUCCION A LA ECONOMIA: UN ENFOQUE ESTRUCTURALISTA  
México, 1979  
Ed. Siglo XXI

Batty, M.  
URBAN MODELLING  
Cambridge, U.K., 1976  
Cambridge University Press

Beer, S.  
DECISION AND CONTROL  
Nueva York, 1966  
Wiley

Béjar Navarro Raúl  
" Una visión de la cultura en México "  
EL PERFIL DE MEXICO EN 1980  
Vol. III  
México, 1977  
Ed. Siglo XXI

Carey, H.C.  
PRINCIPLES OF SOCIAL SCIENCE  
Philadelphia, Pha., 1958  
J. Lippincott

Castells, M.

LA CUESTION URBANA Y LOS MOVIMIENTOS SOCIALES URBANOS

Madrid, 1974

Ed. Siglo XXI

Chorafas, D.N.

SYSTEMS AND SIMULATION

Nueva York, 1965

Academic Press

Chueca, G.F.

BREVE HISTORIA DEL URBANISMO

Madrid, 1968

Alianza Editorial

Col. El Libro de Bolsillo no. 136

Churchman, C.W., Ackoff, R.L. y Arnoff, E.L.

INTRODUCTION TO OPERATIONS RESEARCH

Nueva York, 1957

Wiley

Churchman, C.W.

THE SYSTEMS APPROACH

Nueva York, 1968

Dell Publishing, Co.

Cortéz Ruiz Carlos

" El enfoque de sistemas "

APUNTES DE LA MATERIA DE INVESTIGACION DE OPERACIONES I

E.N.E.P. Acatlán, U.N.A.M.

Naucalpan, Mex., 1978

A-0028623

Easton, D.  
ESQUEMA PARA EL ANALISIS POLITICO  
Buenos Aires, 1974  
Amorrortu Editores

Echenique, M. (comp.)  
MODELOS MATEMATICOS DE LA ESTRUCTURA  
ESPACIAL URBANA: APLICACIONES EN AMERICA LATINA  
Buenos Aires, 1975  
Ed. SIAP

Fernández María Teresa  
NOTAS SOBRE PLANEACION URBANA  
Seminario de Sistemas Urbanos  
E.N.E.P. Acatlán, U.N.A.M.  
Naucalpan, Mex., 1980

Ferras, R.  
CIUDAD NEZAHUALCOYOTL: UN BARRIO EN  
VIAS DE ABSORCION POR LA CIUDAD DE MEXICO  
México, 1977  
Ed. El Colegio de México  
Col. Cuadernos del CES no. 20

Forrester, J.W.  
URBAN DYNAMICS  
Cambridge, Mass., 1969  
MIT Press

Garretón, J.

UNA TEORIA CIBERNETICA DE LA CIUDAD Y SU SISTEMA

Buenos Aires, 1975

Ediciones Nueva Visión

González, G.J. et al.

ECOLOGIA

México, 1972

Ed. ANUIES

Hank González Carlos

TODO VOLVIO A NACER EN NEZAHUALCOYOTL

Dirección de Prensa y Relaciones Públicas

Gobierno del Estado de México

Toluca, 1973

Krick, V.E.

INTRODUCCION A LA INGENIERIA

Y AL DISEÑO EN INGENIERIA

México, 1976

Ed. Limusa

Labastida, A.R.

EL TERMINO DE SIMULACION Y

LAS TECNICAS DE SIMULACION

Instituto de Estudios Políticos, Económicos y Sociales

Partido Revolucionario Institucional

México, 1972

Lezama Tirado Jaime y Rojas Monedero Eduardo  
NOTAS SOBRE INGENIERIA URBANA Y URBANISMO  
Seminario de Sistemas Urbanos  
E.N.E.P. Acatlán, U.N.A.M.  
Naucalpan, Mex., 1980

Lizárraga Gaudry Ignacio  
NOTAS Y ESQUEMAS GENERALES  
Seminario de Sistemas Urbanos  
E.N.E.P. Acatlán, U.N.A.M.  
Naucalpan, Mex., 1980

Lowry, I.S.  
" A short course in model design "  
JOURNAL OF THE AMERICAN INSTITUTE OF PLANNERS  
Columbus, Ohio, 1965, (mayo)

Loya Ramírez, O.  
EL DESPERTAR DE UN GIGANTE  
Dirección de Prensa y Relaciones Públicas  
Gobierno del Estado de México  
Toluca, 1973

McLoughlin, J.B.  
PLANIFICACION URBANA Y REGIONAL: UN ENFOQUE DE SISTEMAS  
Madrid, 1971  
Ed. Instituto de Estudios de Administración Local

Mills, E.S.  
ECONOMIA URBANA  
México, 1975  
Ed. Diana

Naylor, H.T., Balintfy, L.J., Burdick, S.D. y Cnu, K.  
TECNICAS DE SIMULACION EN COMPUTADORAS  
México, 1977  
Ed. Limusa

Reif, B.  
MODELOS EN LA PLANIFICACION DE CIUDADES Y REGIONES  
Madrid, 1978  
Ed. Instituto de Estudios de Administración Local  
Col. Nuevo Urbanismo no. 27

Revueltas Joaquín  
APUNTES DE LA MATERIA DE SISTEMAS DE TRANSPORTE  
E.N.E.P. Acatlán, U.N.A.M.  
Naucalpan, Mex., 1980

Reyes Ponce, A.  
ADMINISTRACION DE EMPRESAS: TEORIA Y PRACTICA  
México, 1975  
Ed. Limusa

Sánchez Alvaro  
SISTEMAS ARQUITECTONICOS Y URBANOS  
México, 1978  
Ed. Trillas

Sánchez Vázquez, A.

ETICA

México, 1969

Ed. Grijalbo

Scott, H.M.

CURSO ELEMENTAL DE ECONOMIA

México, 1970

Ed. Fondo de Cultura Económica

Thierauf, R.J. y Grosse, R.A.

TOMA DE DECISIONES POR MEDIO DE INVESTIGACION DE OPERACIONES

México, 1980

Ed. Limusa

Von Bertalanffy, L.

TEORIA GENERAL DE SISTEMAS

México, 1976

Ed. Fondo de Cultura Económica

Walter, H.

URBAN SYSTEMS MODELS

Nueva York, 1975

Academic Press

Wilson, A.

MATHEMATICAL MODELS IN PLANNING

Londres, 1967

Arena

Wilson, A.

URBAN AND REGIONAL MODELS  
IN GEOGRAPHY AND PLANNING

Nueva York, 1974

Wiley

Zorrilla Martínez Pedro et al.

LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL.

Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, U.N.A.M.

Serie Estudios no. 26

México, 1976

DYNAMO USER'S MANUAL

Documentation Department

Burroughs Corporation

Detroit, Mich., 1975

IX CENSO GENERAL DE POBLACION Y VIVIENDA 1970

Dirección General de Estadística

Secretaría de Industria y Comercio

México, 1973

PLANEACION DEL SISTEMA URBANO

Centro de Educación Continua

Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.

México, 1977

H-0028623