

500,953

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES

DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS

FORMULACION DE UN MODELO MATEMATICO PARA

AUXILIAR LA PLANEACION DEL USO DE SUELO

EN UN MUNICIPIO CONURBADO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

JOSE LUIS MARTINEZ BUSTOS

AGOSTO - 1981

D.F.  
1981

*Investigación de Operaciones.*



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.

## I. INTRODUCCION

## CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	1
II.	DESCRIPCION DE LOS NIVELES	
II.1	Descripción de los Elementos Generales	5
II.2	Estructura Sectorial	7
II.3	Descripción de cada Sector	11
III.	ESTRUCTURA CAUSA - EFECTO	
III.1	Eslabones Causales	13
III.2	Ciclos de Realimentación	15
III.3	Diagrama Causal	18
III.4	Matriz Causa - Efecto	19
IV.	FORMULACION DEL MODELO	
IV.1	Nivel de Agregación	20
IV.2	Supuestos Generales	22
IV.3	Selección de la Herramienta para Formular el Modelo Matemático	23
IV.4	Estructura del Modelo	23
IV.5	Descripción del Modelo	26
IV.6	Diagrama de Flujos	37
IV.7	Lista de Variables	38
V.	CONCLUSIONES	50
	BIBLIOGRAFIA	51

## I. INTRODUCCION

El presente trabajo se realiza con el objeto de formular un modelo matemático que sirva como herramienta de evaluación para las decisiones y acciones que se apliquen en un municipio conurbado.

El modelo se orientará básicamente a poder medir la respuesta socio-económica cuando se impone una determinada distribución del suelo para los distintos sectores básicos que constituyen la economía del municipio .

Se hace mención aquí de las características básicas de un municipio conurbado. Primeramente se debe decir que es una unidad política cuyas decisiones no son absolutamente autónomas, ya que es parte de otra unidad política superior.

Territorialmente es una extensión de área que está totalmente dentro de una zona metropolitana, en la que una parte está ocupada por mancha urbana y el resto no tiene asentamiento urbanos.

El objetivo académico que se pretende lograr es de realizar un trabajo en el área de sistemas urbanos que permita ser la base para desarrollar estudios más profundos y sea éste una primera etapa de un proceso posible de continuarse.

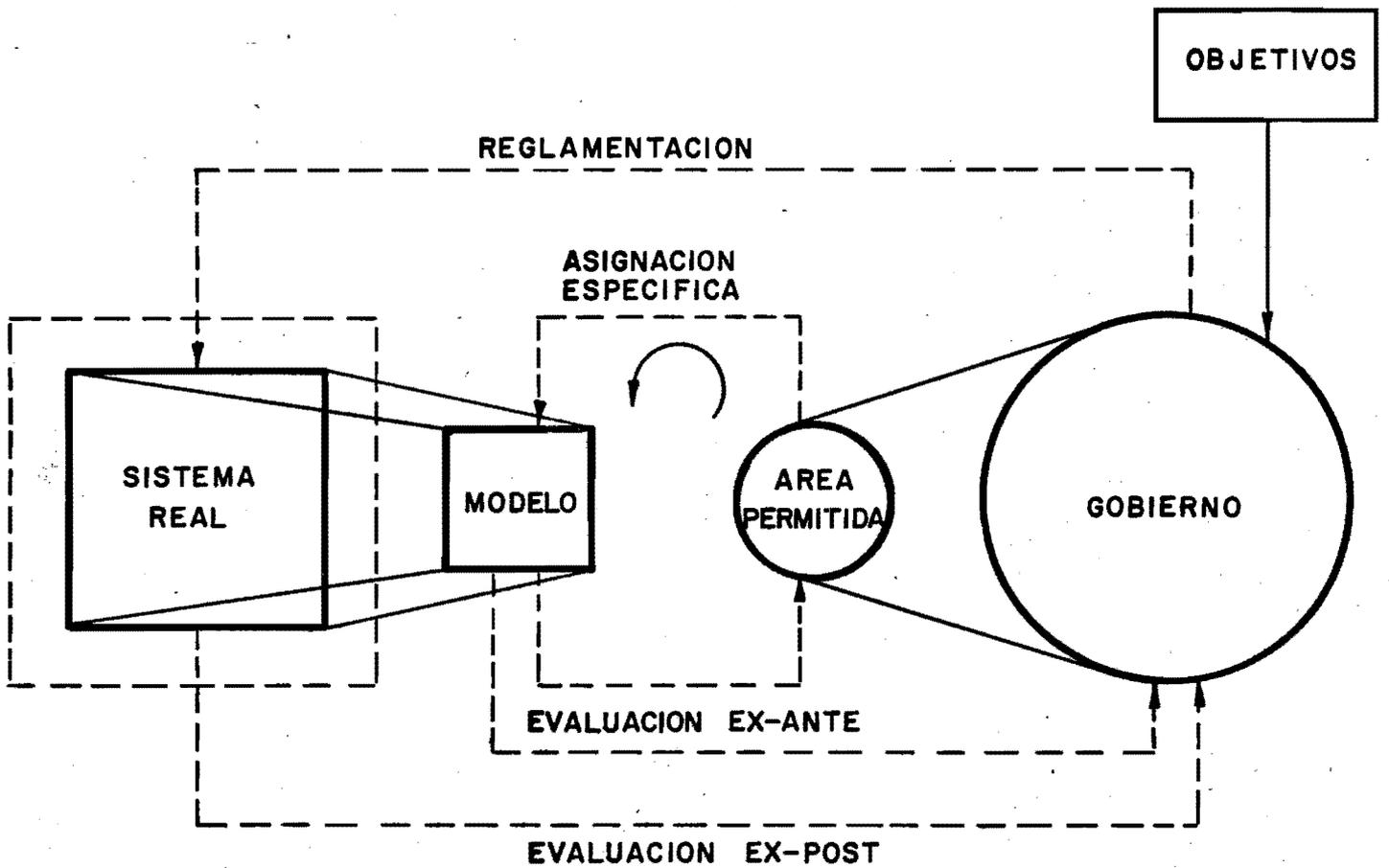
El objetivo del presente trabajo, es desarrollar un modelo matemático que sirva para evaluar la respuesta dinámica de las variables más significativas de los sectores industrial, de servicios, vivienda y población, partiendo de una asignación determinada de uso del suelo, con un horizonte de planeación a 20 años.

Para realizar lo anterior es necesario abstraer al sistema real en el modelo matemático que servirá de laboratorio de experimentación, para obtener así la respuesta dinámica del sistema.

La formulación se realiza a partir de un modelo descriptivo y de éste se definen las variables y las relaciones hipotéticas que rigen el estado y movimiento del sistema.

Se identifica como reglamentador el uso del suelo al gobierno del Municipio, el cual se abstrae en la función específica de asignar el terreno para cada actividad del Municipio.

La representación gráfica del sistema de retroinformación del sistema real y del sistema de evaluación ex-ante se presenta a continuación.



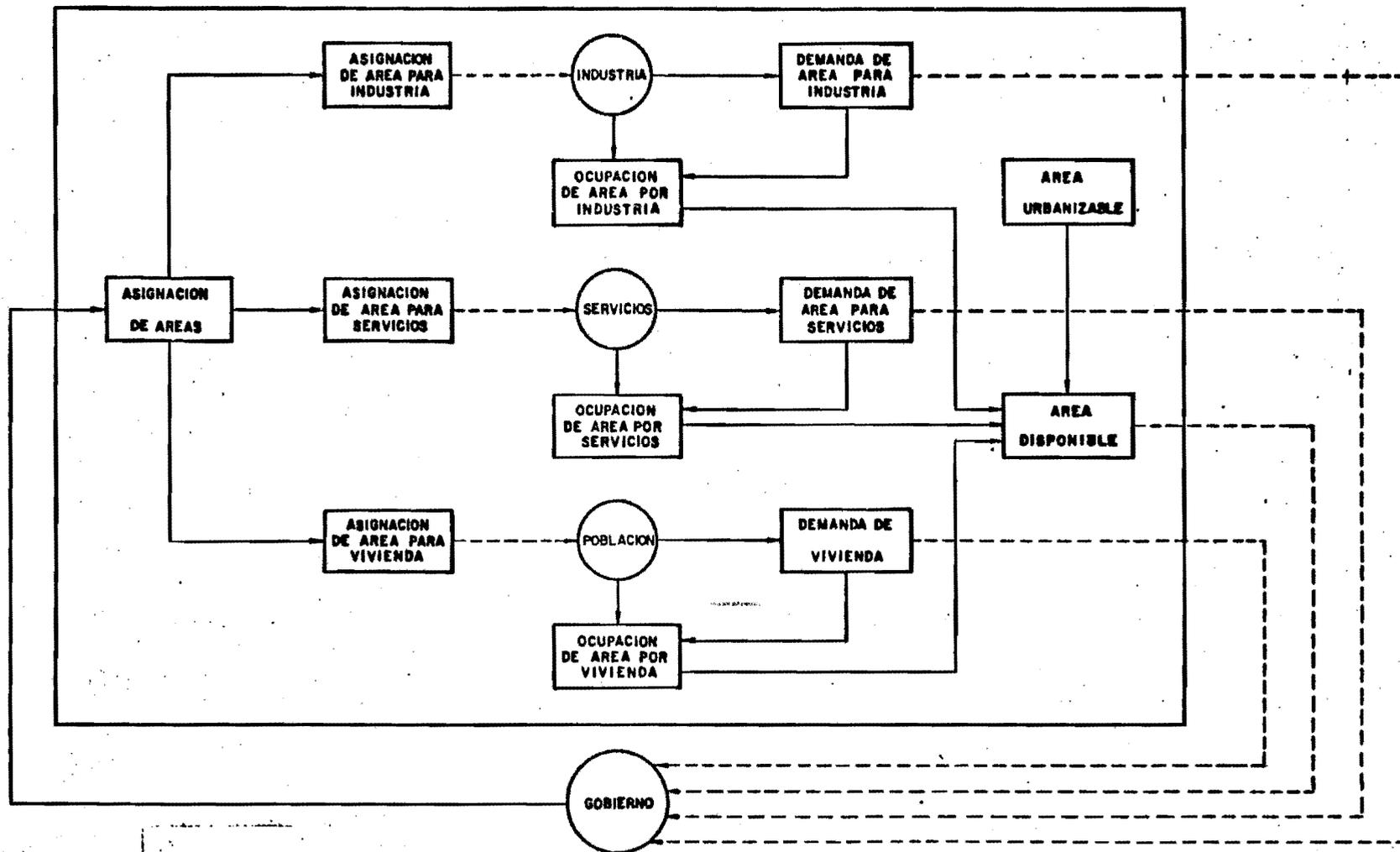
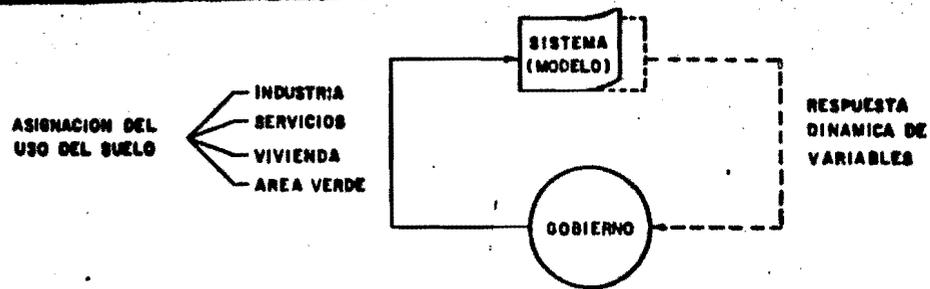
ABSTRACCION DE UN SISTEMA REAL EN UN MODELO  
 PARA INTEGRAR UN SISTEMA DE EVALUACION

El proceso de decisión que se plantea a continuación, consiste en seleccionar una ó varias alternativas bajo el criterio de la asignación de área, a los diferentes sectores que constituyen el Municipio; en el cuál, se tienen un conjunto de acciones o alternativas disponibles a los decisores.

En este caso, el conjunto de acciones está compuesto por las demandas de áreas por parte del sector industrial, servicios y la población, además, la disponibilidad de área urbanizable, ; los cuales dan al gobierno - decisor - la información que le permite conocer perfectamente el estado del Municipio, relativo a sus objetivos y, por lo tanto, seleccionará la acción que va de acuerdo con el criterio establecido.

La asignación de área que determina el gobierno, tiene efecto directo sobre el sector industrial, de servicios y población, los cuales a su vez deciden ocupar el área asignada, para satisfacer su demanda de terreno.

La siguiente gráfica esquematiza la abstracción del sistema y su estructura de decisión identificada dentro de él.



**PROCESO DE DECISION**

## II. DESCRIPCION DE LOS NIVELES

## II.1 DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS GENERALES

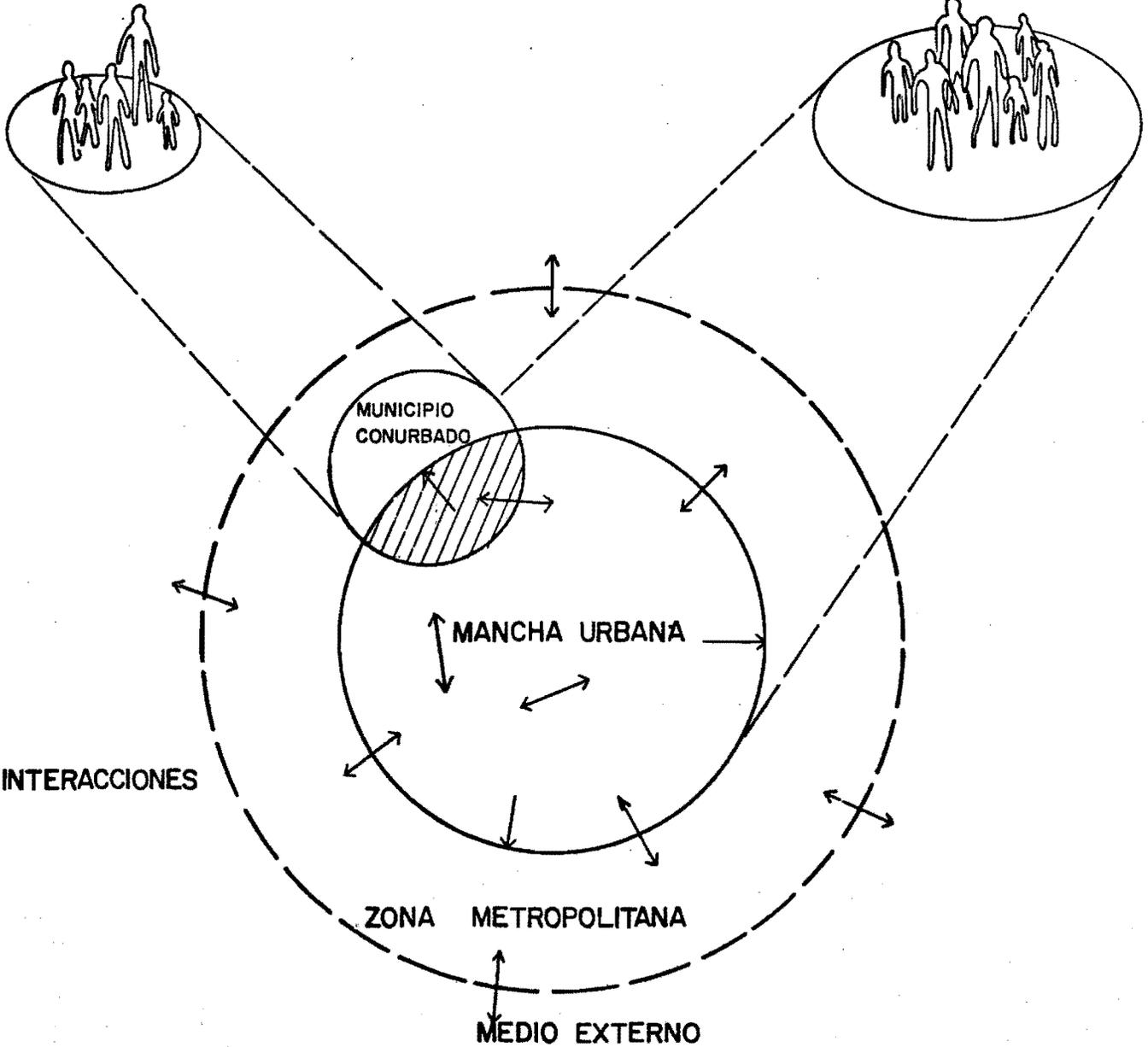
Una zona metropolitana cuenta con una área de extensión, fuja y limitada, que inicialmente se encuentra vacia y bajo ciertas condiciones los elementos constitutivos del sistema determinan su desarrollo.

Según se va desarrollando el área y se va cubriendo su terreno, se tendrá un proceso de expansión hasta llegar a la saturación, es decir, se alcanza un máximo de actividad económica a la que le sigue una recesión, alcanzando un equilibrio después de un tiempo determinado.

Los elementos generales que constituyen este sistema son el medio externo que incide en la zona metropolitana, la población del Municipio conurbado y la población de la zona complementaria, los cuales tienen una interacción mutua, ya que la población de la zona complementaria incide fuertemente en el Municipio conurbado, debido a un desarrollo en la actividad laboral, y gran parte de la población residente del Municipio trabaja en la zona complementaria. A continuación se presenta esta descripción en la figura siguiente.

POBLACION RESIDENTE EN  
EL MUNICIPIO CONURBADO

POBLACION TOTAL DE  
LA ZONA METROPOLITANA



ESQUEMA DE REPRESENTACION DE  
UN MUNICIPIO CONURBADO Y LA  
INTERACCION CON LA ZONA METRO-  
POLITANA, DISTINGUIENDO SUS  
POBLACIONES

## II.2 ESTRUCTURA SECTORIAL

Un Municipio conurbano como parte de la zona metropolitana cuenta con terreno urbano y terreno disponible no ocupado; por lo que es necesario identificar al sector industrial, al sector servicios y a la vivienda, como componentes indispensables de la actividad de una ciudad de grandes dimensiones. Estos sectores conjuntamente con la población son los demandantes de área industrial, área de servicios, área para vivienda y área verde, respectivamente.

En este sistema la actividad económica está dividida en dos sectores el sector secundario y el sector terciario. El sector primario no se toma en cuenta, ya que la participación que tiene en la actividad económica en un Municipio conurbano es insignificante.

### II.2.1 DIAGRAMA DE DEMANDAS

Debido a que la mayor parte de la demanda de los bienes industriales es externa al Municipio, se puede suponer que la producción del sector industrial se exporta totalmente.

Este sector utiliza fuerza de trabajo, que se demanda de la población de la zona metropolitana. Usa insumos que le son abastecidos del exterior sin problema, ya que se cuenta con una vialidad externa adecuada. Demanda servicios que le son suministrados por el Estado, el cual se comporta como un productor privado de servicios que abastece tanto a la vivienda como a la población. Por último demanda área para instalar capacidad, la cual está restringida, debido a que existe poca área destinada a este sector.

El sector servicios se encarga de proveer los bienes manufacturados que se demanden en el Municipio; se supone que éstos se importarán del exterior. Demanda insumos que le son suministrados en forma externa y área para instalar capacidad. La vivienda demanda servicios y área para construir. A continuación se esquematiza esta descripción.

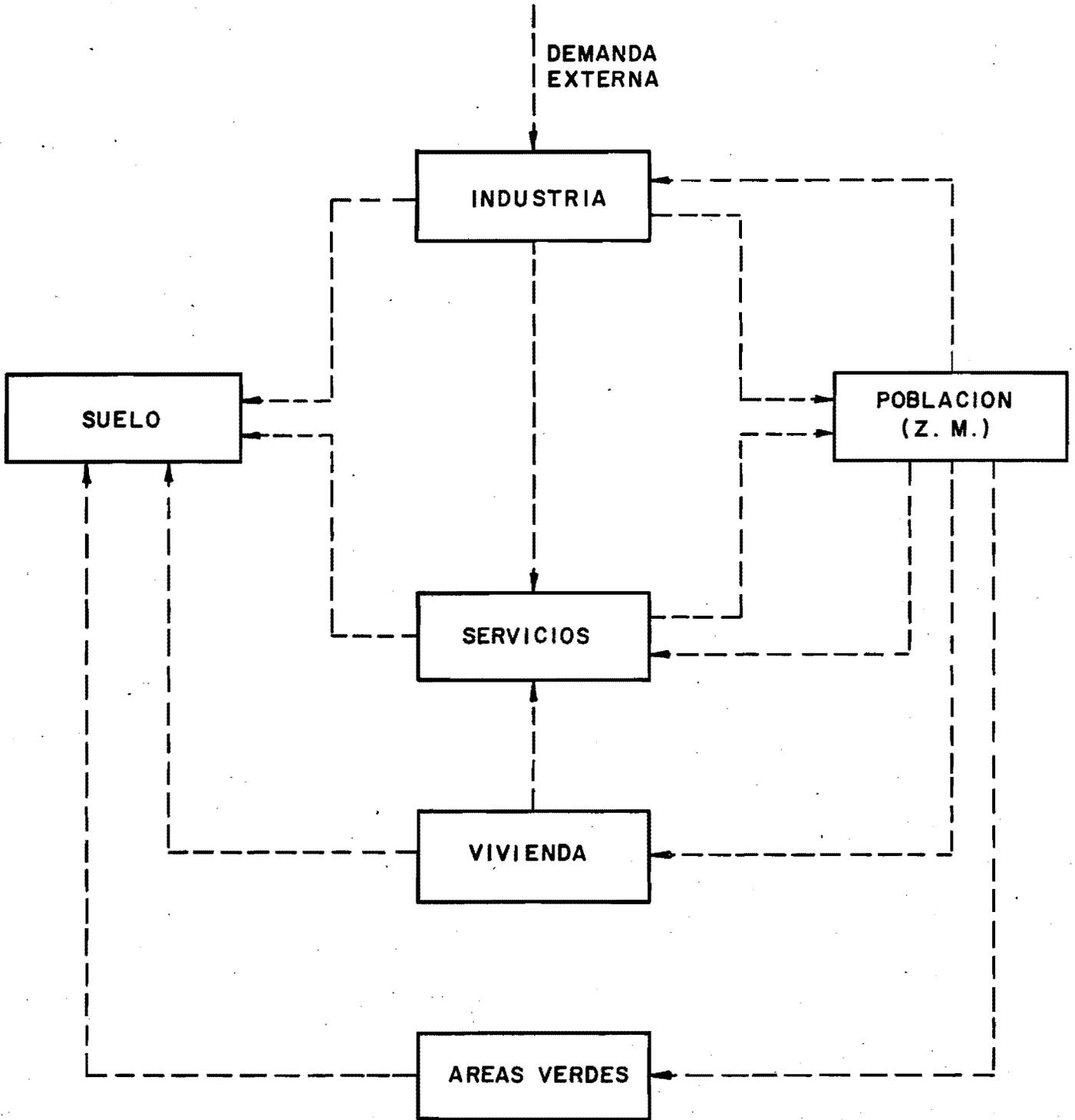


DIAGRAMA DE DEMANDAS

## II.2.2 DIAGRAMA DE FLUJOS

Una determinada distribución del suelo repercute directamente en la población, ya que la restricción de área en el sector industrial implica que se vea afectada la fuerza de trabajo que proporciona la población y la producción de bienes manufacturados que deben satisfacer la demanda externa. La restricción de área en el sector servicios implicaría no satisfacer las demandas de la población. La restricción del área para vivienda afectaría directamente en la oferta de vivienda hacia la población de la zona metropolitana y, la restricción del área verde se reflejaría en la población misma como atractivo de migración. Esta descripción se presenta en la figura siguiente.

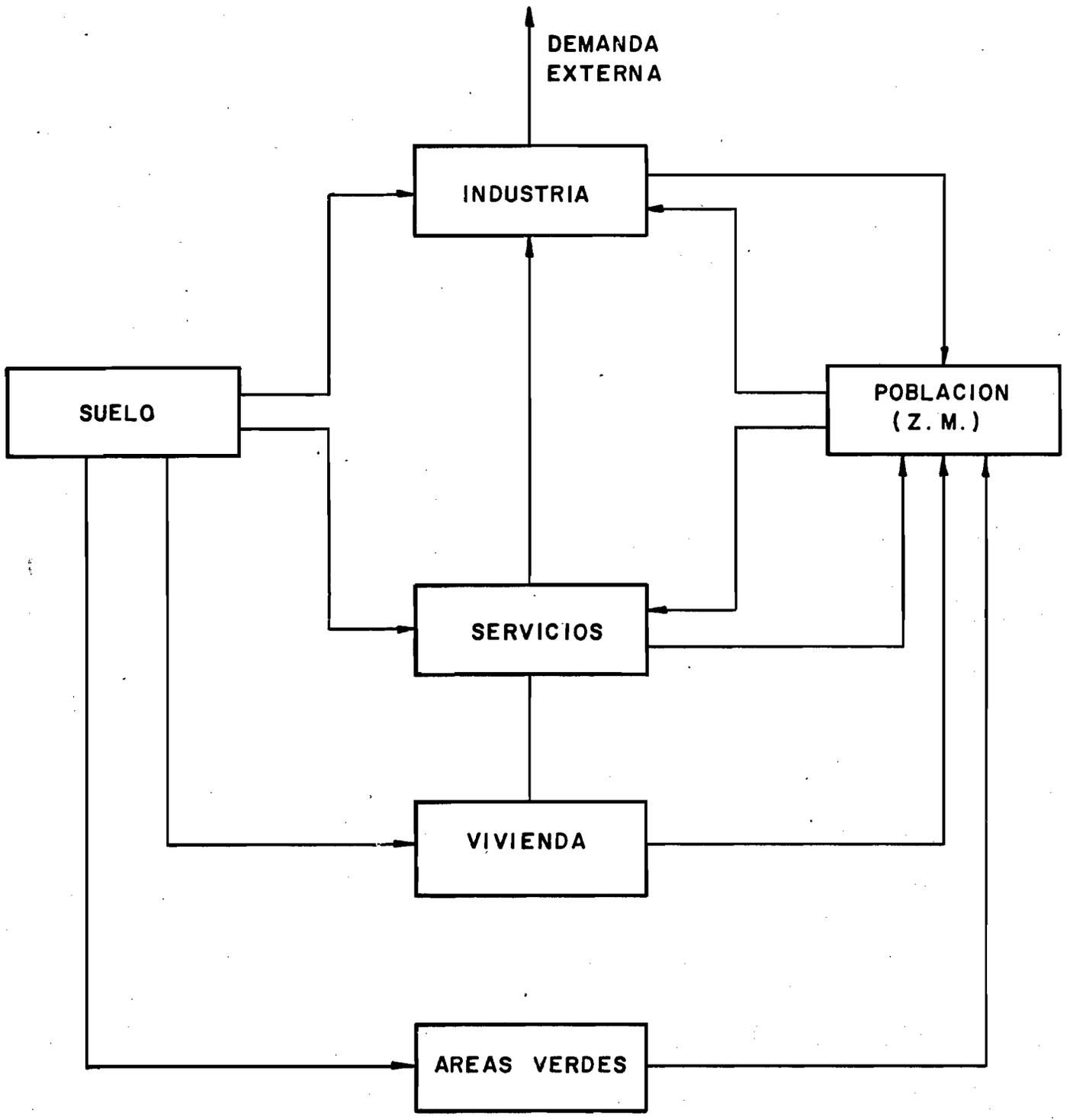


DIAGRAMA DE FLUJOS

### II.3 DESCRIPCION DE CADA SECTOR

Un municipio conurbado es una parte de una zona metropolitana que cuenta con una porción con mancha urbana y otra donde no existen asentamientos urbanos en masa, en el que interactúan la industria, los servicios, la vivienda y la población; que son los sectores que constituyen la actividad económica del mismo. A continuación se describe cada uno de los sectores.

#### SECTOR INDUSTRIAL

El desarrollo de este sector está ligado directamente con los cambios que se tienen en la capacidad instalada, siendo ésta la razón para generar la producción y establecer el ritmo real de trabajo, teniéndose una depreciación de maquinaria y equipo; los cuales se retiran en un determinado tiempo. La existencia de la demanda externa de bienes será el motivo para originar un estado deseado de la capacidad, que en relación con la ya existente forman una discrepancia entre las condiciones observadas y deseadas. El resultado de esta discrepancia y la posibilidad de inversión por los factores que influyen en la producción (fuerza de trabajo no ocupada y el terreno disponibles a este sector) son los motivos para que pueda existir un aumento en la capacidad. El establecimiento de una discrepancia formada por un ritmo de trabajo deseado y observado, como consecuencia directa de la producción, hace que se tenga una divergencia en la fuerza de trabajo. Esta divergencia y la fuerza de trabajo disponible no ocupada, son las razones para que se contrate personal para este sector, dicha contratación será el motivo para que exista un aumento en el ritmo real de trabajo y por lo tanto, se tendrá un volumen mayor de personal en la industria.

#### SECTOR SERVICIOS

En una zona conurbada se tiene la característica de que el desarrollo industrial se ve frenado por la restricción de expansión, por no contarse con terreno adecuado para que exista un aumento en la capacidad instalada, lo que ocasiona el predominio del sector terciario en la actividad económica del Municipio conurbado.

La especificación sobre el comportamiento de este sector es equivalente a el sector industrial.

#### SECTOR VIVIENDA

La población es el factor determinante para la existencia de la vivienda, ya que ésta se construye en función de la demanda generada tanto por la población del municipio conurbado como la población complementaria de la zona metropolitana.

Posteriormente la vivienda con el tiempo sufre un deterioro que hace que ésta no tenga las condiciones adecuadas para ser habitada, llegándose a demoler, por lo que se tendrá una recuperación de terreno. Esta recuperación de terreno y el terreno disponible para este sector, serán las razones para su construcción, teniéndose un efecto directo en el volumen de viviendas, servicios y de personal empleado para la construcción de las mismas.

#### SECTOR POBLACION

Para establecer los elementos que constituyen este sector es necesario distinguir la población que está residiendo dentro de la zona del municipio conurbado y la población complementaria de la zona metropolitana, existiendo una interacción mutua entre ambas poblaciones, ya que en este sistema, la mayor parte de la población que residen en el Municipio trabaja en la zona complementaria. La población residente en el municipio demanda servicios y vivienda; por otra parte, la población de la zona complementaria incide fuertemente en el municipio, ya que en ella se encuentra la fuerza de trabajo potencial y convirtiéndose esta población en demandante de bienes industriales, servicios, vivienda, área verde; los cuales forman un conjunto de atractivos que influyen sobre la población para pensar en cambiar su lugar de residencia para tener mejores niveles de vida.

III. ESTRUCTURA CAUSA - EFECTO

### III.1 ESLABONES CAUSALES

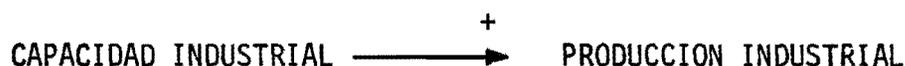
Entre las variables que constituyen el sistema se establece un bosquejo esquemático de aquellas que están relacionadas entre sí, lo cual se realiza por un diagrama en el cual los nombres de las variables están unidos entre sí por flechas.

El diagrama así obtenido recibe el nombre de Diagrama Causal.

El diagrama causal permite conocer la estructura del sistema.

Esta estructura viene dada por la especificación de las variables que aparecen en el mismo, y por el establecimiento de la existencia ó no existencia, de la relación de cada par de variables; por lo que, lo único que interesa es si existen relaciones ó no.

Por ejemplo, sean dos variables componentes del sistema: capacidad industrial y producción industrial. Si la capacidad industrial es capaz de influenciar a la producción industrial entonces estas variables se unirán entre sí por medio de una flecha, cuyo sentido indica el de la relación causal. De esta manera si la capacidad influencia ó afecta a la producción, se escribirá



sobre la flecha se indica, por medio de un signo, si las variaciones de las dos variables son del mismo sentido, ó de sentido contrario. Es decir, si un aumento (disminución) de la capacidad industrial, corresponde a un aumento (disminución) de la producción industrial; por lo que, se tendrá una relación positiva ó una relación negativa.

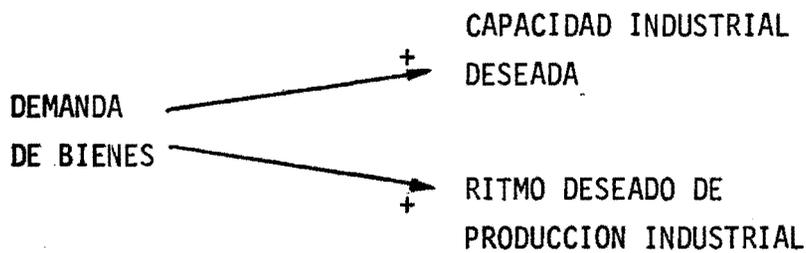
En el diagrama causal las relaciones que ligan a dos variables entre sí, se denomina Relación Causal, que es aquella en la que una variable incluye sobre otra, con una relación ó eslabón causa-efecto.

El diagrama causal no contiene información cuantitativa sobre la naturaleza de las relaciones que unen a las diferentes variables, sino que sólo suministran un bosquejo esquemático de las relaciones de influencia causal en forma cualitativa.

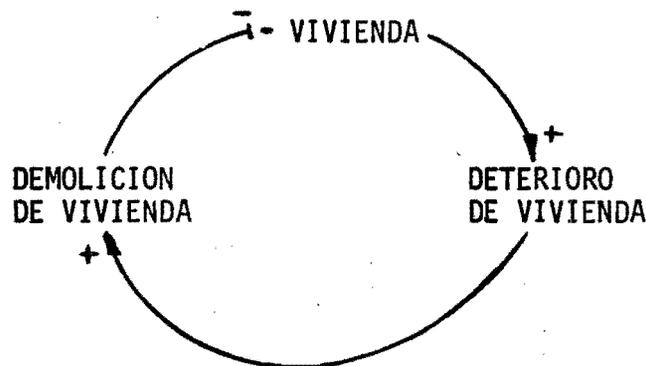
De acuerdo con el diagrama causal existen dos tipos básicos de estructuras causales:

- La estructura causal simple
- La estructura causal compleja

En la estructura causal simple actúan unas variables sobre otras, sin que se produzcan ningún tipo de interacción entre ellas, a continuación se presenta una estructura causal simple del sistema que se está analizando.



En la estructura causal compleja se establecen cadenas cerradas de relaciones causales. En el siguiente esquema se presenta este tipo de estructura causal.



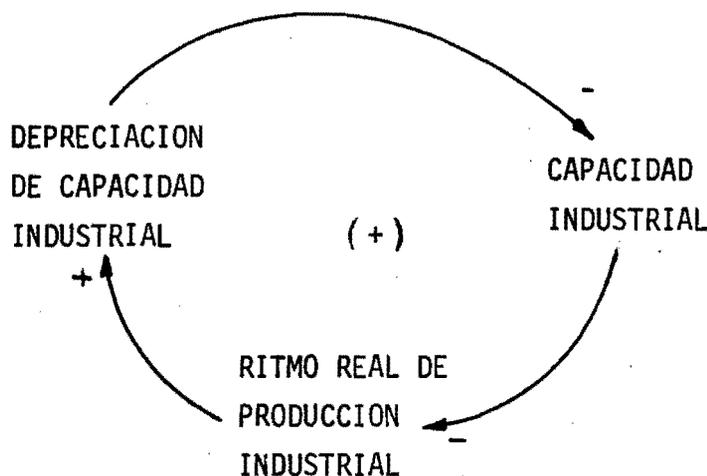
### III.2 CICLOS DE REALIMENTACION

En el diagrama causal se presentan ciclos de realimentación; entendiéndose por ciclo de realimentación a una cadena cerrada de relaciones causales.

En este sistema que se está analizando, se presentan ciclos de realimentación positiva, ciclos de realimentación negativa y la combinación de ambos.

#### - Ciclos de realimentación positiva.

Los ciclos de realimentación positiva son aquellos en los que la variación de una variable se propaga a lo largo del ciclo de manera que se refuerza la variación inicial. Se tiene un comportamiento explosivo ó de crecimiento caracterizado por un autorreforzamiento de las variaciones. Un ciclo realimentado es positivo si contiene un número par de relaciones negativas, es decir:



#### - Ciclos de realimentación negativa

Los ciclos de realimentación negativa son aquellos en los que la variación en una variable se transmite a lo largo del ciclo de manera que determine una variación de signo contrario en la misma variable. El comportamiento de estos ciclos está caracterizado por una acción autocorrectora. Cualquier variación que se produzca en una de las variables del ciclo tiende a anularse.

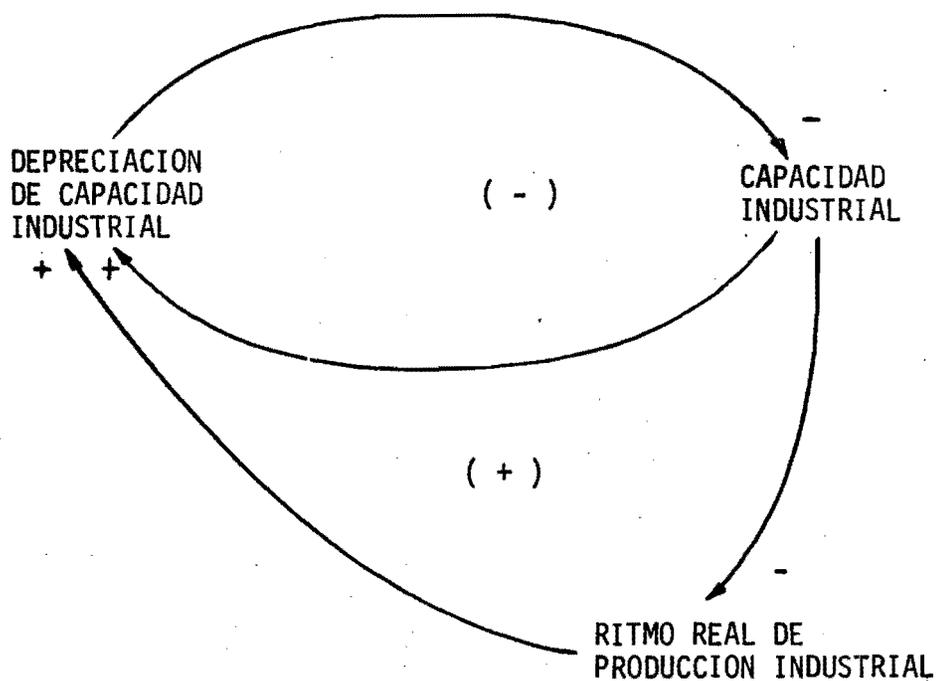
Un ciclo de realimentación negativa tiende a crear equilibrio. Este ciclo de realimentación es negativo si contiene un número impar de relaciones negativas, es decir:



- Combinación de ciclos de realimentación positiva y negativa.

En todo diagrama causal existe normalmente la combinación de ciclos de realimentación positiva con ciclos de realimentación negativa. Las interacciones entre ambos tipos de ciclos determinan el comportamiento global del sistema.

El comportamiento del conjunto dependerá de cuál de ambos ciclos domine al otro en cada momento. A continuación se esquematiza este tipo de estructura causal, basado en variables que son componentes del sistema que se está analizando.



La construcción del diagrama causal del sistema implicó de factores como: -  
las observaciones del sistema, discusiones con los especialistas del sistema  
y análisis de datos acerca del mismo.

En las secciones siguientes de este capítulo se presentan el diagrama causal  
completo y la matriz causa - efecto; los cuales nos muestran el comportamiento  
lógico global del sistema conurbado.

III.3

DIAGRAMA CAUSAL

#### III.4 MATRIZ CAUSA - EFECTO

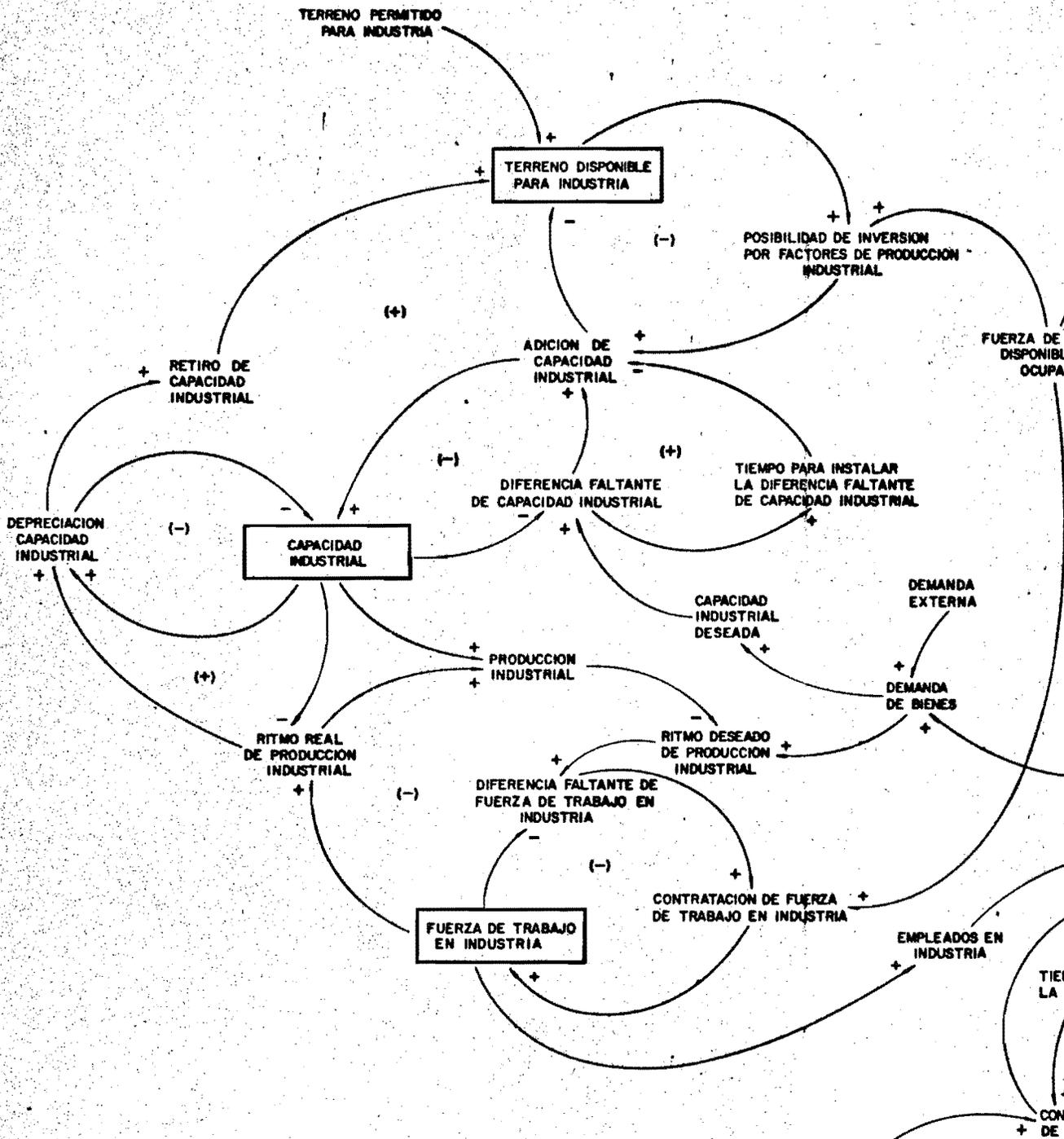
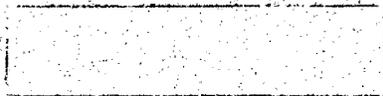
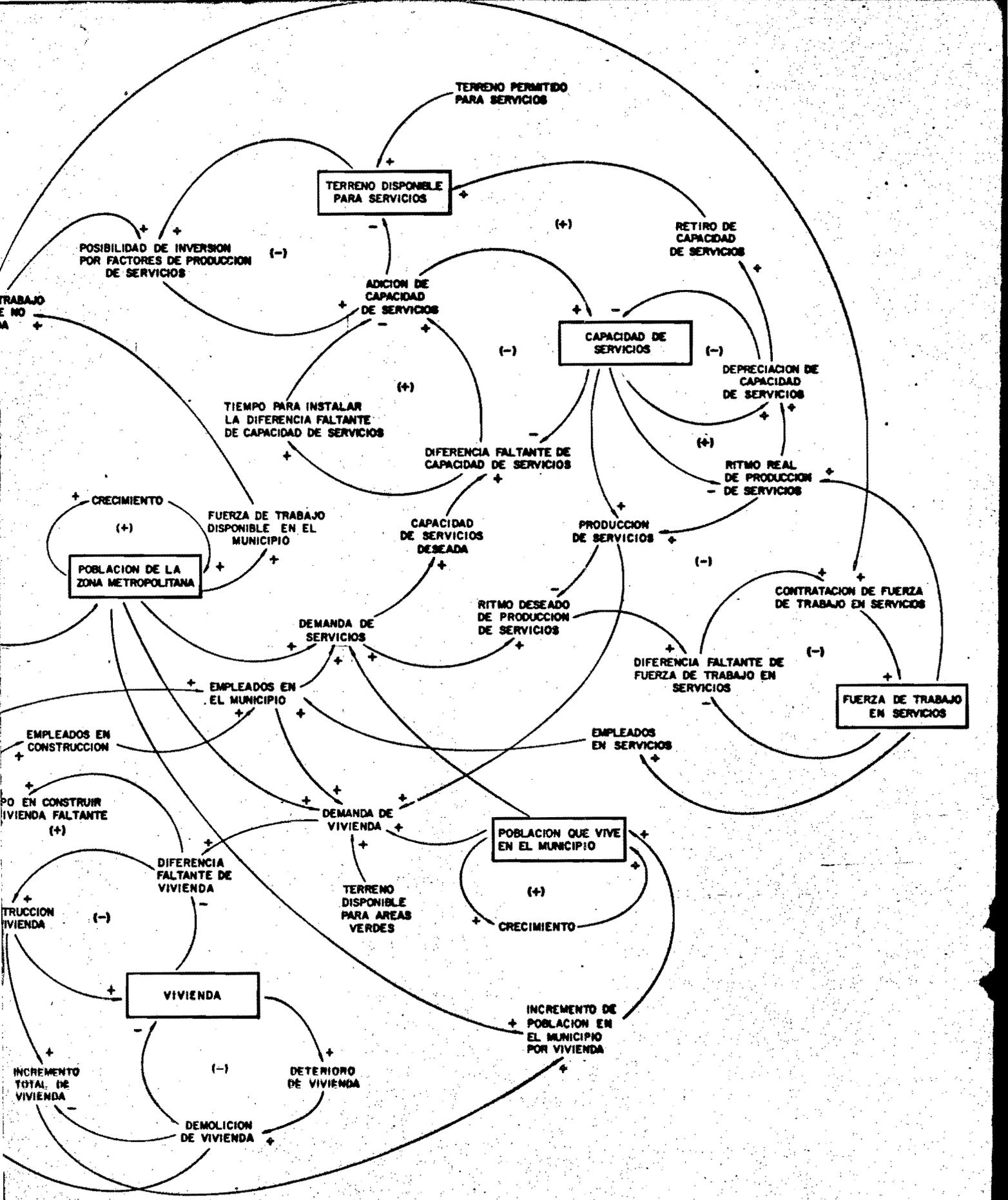


DIAGRAMA CAUSAL

USO DEL SUELO EN ZONAS METROPOLITANAS





# MATRIZ CAUSA-EFECTO

## USO DEL SUELO EN ZONAS METROPOLITANAS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I N D U S T R I A												

1		CAPACIDAD INDUSTRIAL		+			-				+	-		
2		DEPRECIACION DE CAPACIDAD INDUSTRIAL		-		+								
3	I	RETIRO DE CAPACIDAD INDUSTRIAL												
4	N	CAPACIDAD INDUSTRIAL DESEADA					+							
5	D	DIFERENCIA FALTANTE DE CAPACIDAD INDUSTRIAL						+	+					
6	U	TIEMPO PARA INSTALAR LA DIFERENCIA FALTANTE DE CAPACIDAD INDUSTRIAL							+					
7	S	ADICION DE CAPACIDAD INDUSTRIAL		+										
8	T	POSIBILIDAD DE INVERSION POR FACTORES DE PRODUCCION INDUSTRIAL							+					
9	R	PRODUCCION INDUSTRIAL												-
10	I	RITMO REAL DE PRODUCCION INDUSTRIAL			+						+			
11	A	RITMO DESEADO DE PRODUCCION INDUSTRIAL												
12		EMPLEADOS EN INDUSTRIA												
13		DEMANDA DE BIENES					+						+	
14		CAPACIDAD DE SERVICIOS												
15		DEPRECIACION DE CAPACIDAD DE SERVICIOS												
16	S	RETIRO DE CAPACIDAD DE SERVICIOS												
17	E	CAPACIDAD DE SERVICIOS DESEADA												
18	R	DIFERENCIA FALTANTE DE CAPACIDAD DE SERVICIOS												
19	V	TIEMPO PARA INSTALAR LA DIFERENCIA FALTANTE DE CAPACIDAD DE SERVICIOS												
20	I	ADICION DE CAPACIDAD DE SERVICIOS												
21	C	POSIBILIDAD DE INVERSION POR FACTORES DE PRODUCCION DE SERVICIOS												
22	I	PRODUCCION DE SERVICIOS												
23	O	RITMO REAL DE PRODUCCION DE SERVICIOS												
24	S	RITMO DESEADO DE PRODUCCION DE SERVICIOS												
25		EMPLEADOS EN SERVICIOS												
26		DEMANDA DE SERVICIOS												
27		VIVIENDA												
28	V	DETERIORO DE VIVIENDA												
29	I	DEMOLICION DE VIVIENDA												
30	V	DIFERENCIA FALTANTE DE VIVIENDA												
31	I	TIEMPO EN CONSTRUIR LA VIVIENDA FALTANTE												
32	E	CONSTRUCCION DE VIVIENDA												
33	N	POSIBILIDAD DE CONSTRUCCION DE VIVIENDA												
34	D	INCREMENTO TOTAL DE VIVIENDA												
35	A	EMPLEADOS EN CONSTRUCCION												
36		DEMANDA DE VIVIENDA												
37		TERRENO PERMITIDO PARA INDUSTRIA												
38		TERRENO PERMITIDO PARA SERVICIOS												
39		TERRENO PERMITIDO PARA VIVIENDA												
40		TERRENO DISPONIBLE PARA INDUSTRIA									+			
41		TERRENO DISPONIBLE PARA SERVICIOS												
42		TERRENO DISPONIBLE PARA VIVIENDA												
43		TERRENO DISPONIBLE PARA AREAS VERDES												
44		POBLACION QUE VIVE EN EL MUNICIPIO												
45		CRECIMIENTO												
46		INCREMENTO DE POBLACION EN EL MUNICIPIO POR VIVIENDA												
47		FUERZA DE TRABAJO DISPONIBLE NO OCUPADA									+			
48		FUERZA DE TRABAJO DISPONIBLE EN EL MUNICIPIO												
49		FUERZA DE TRABAJO EN INDUSTRIA											+	+
50		DIFERENCIA FALTANTE DE FUERZA DE TRABAJO EN INDUSTRIA												
51		CONTRATACION DE FUERZA DE TRABAJO EN INDUSTRIA												
52		FUERZA DE TRABAJO EN SERVICIOS												
53		DIFERENCIA FALTANTE DE FUERZA DE TRABAJO EN SERVICIOS												

C

A

U

S

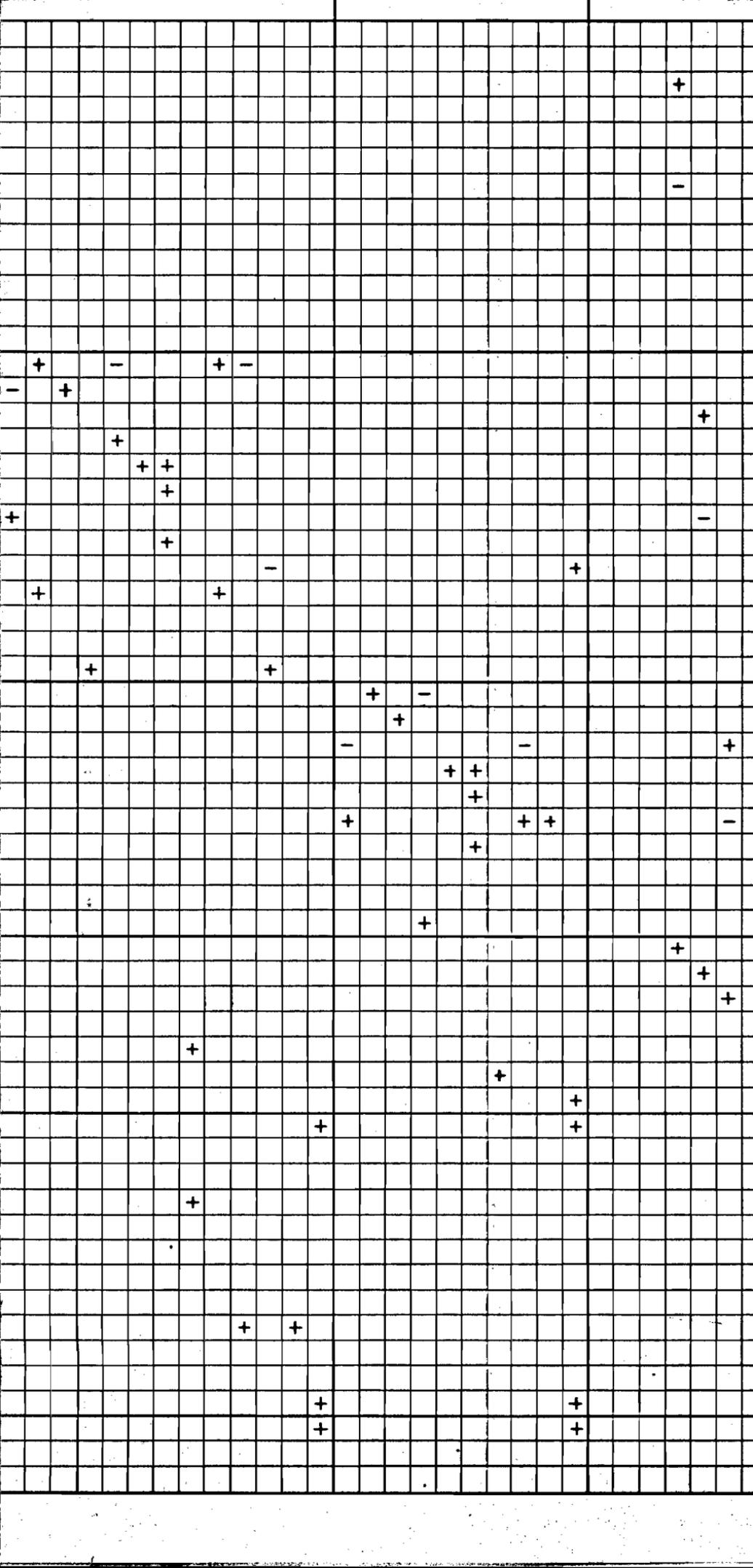
A

USOS DEL SUELO

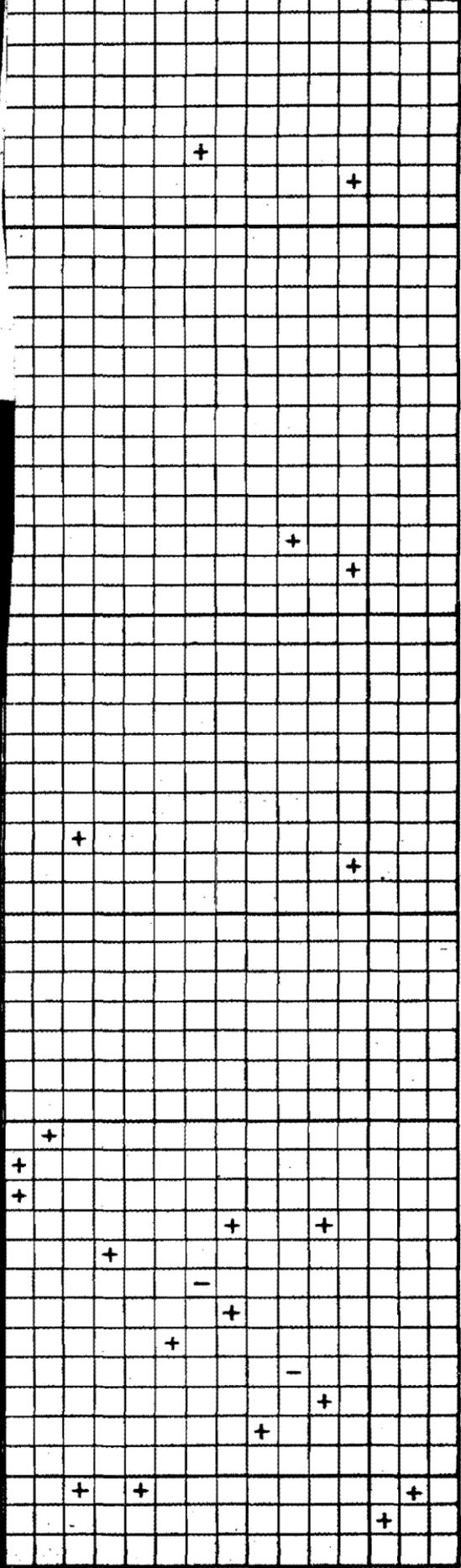
POBLACION Y FUERZA DE TRABAJO











+ ESLABON POSITIVO  
- ESLABON NEGATIVO

#### IV. FORMULACION DEL MODELO

#### IV.1 NIVEL DE AGREGACION.

El nivel de agregación debe determinarse de acuerdo al objetivo; es decir, a la respuesta que debe brindar el modelo, de tal manera que, se conozcan las condiciones socio - económicas del Municipio, en base a la toma de decisión de determinadas medidas en la reglamentación del uso del suelo. Estas medidas podrán introducirse en el modelo como las asignaciones de áreas permitidas a los sectores: industrial, de servicios y vivienda; a la vez, determinando - las áreas verdes y de recreo.

Las áreas asignadas se irán ocupando de acuerdo a las propias necesidades de la localidad, y se supone en este caso que al realizarse esta asignación a - gravés del tiempo, se garantiza una infraestructura básica necesaria, para - que sea utilizada en el área asignada con el fin propuesto.

Los objetivos de los diferentes decisores en el Municipio, pueden ser evaluados mediante ciertos atributos, como son: el empleo, la producción y la capacidad instalada, tanto para el sector industrial como para el sector servicios, la población residente, la vivienda y sus respectivas áreas ocupadas; es decir, atributos que permiten tener un panorama general del estado del - sistema a través del tiempo; y en esta forma, realizar la evaluación y tener la posibilidad de decidir con confiabilidad por la alternativa más favorable. Otro objetivo que se desea satisfacer es el académico; el cuál, nos puede proporcionar el criterio, para determinar el nivel de agregación; ya que, como primera etapa de un proceso que se pretende continuar, no es conveniente que se detalle grandemente.

En el sector industrial no se hace la distinción de la rama de actividad, solamente se está haciendo referencia a la actividad de manufactura; por lo que toda la capacidad de producción industrial está en forma agregada.

La vivienda podría clasificarse en tres tipos: unifamiliar, bifamiliar y - multifamiliar, pero es posible tomar un tipo estándar de vivienda y trabajarla en forma agregada, sin tener error significativo.

En el sector servicios, el nivel de agregación fue seleccionado en base a la clasificación de los servicios, según la densidad de capacidad de producción y el área que ocupan. La clasificación es la siguiente:

TIPO DE SERVICIO	AREA	CAPITAL/AREA
A	ALTA	ALTA
B	ALTA	BAJA
C	BAJA	ALTA

A: Bancos	B: Deportivos	C: Agua y Drenaje
Comercio	y Recreativos	Energía
Educación		Comunicación
Salud		Limpieza
Gobierno		Transporte
Oficinas		Vialidad
Seguridad		
Servicios Especiales		

La capacidad de servicios incluye solamente el agregado tipo A; el tipo de - servicios B, se considera dentro del concepto de áreas verdes y los servicios del tipo C, relativamente no utilizan área en forma permanente; sin embargo, son los que proporcionan la infraestructura básica.

El área de vialidad, clasificada en: primaria, secundaria y terciaria; se con sidera incluida dentro del área considerada para los sectores: industrial, de servicios y vivienda.

Por lo tanto, se considera solamente un nivel de agregación en la capacidad - industrial de servicios y la vivienda.

#### IV.2 SUPUESTOS GENERALES

Los supuestos generales en el sector industrial, el sector de servicios y la vivienda, son:

- Se supondrá la misma productividad de la fuerza de trabajo a través del tiempo.
- La industria solamente se podrá dar en terreno plano.
- La capacidad de producción instalada por área ocupada necesaria, se considera constante a través del tiempo.
- Toda la producción industrial se exporta del Municipio y todos los bienes que se demandan son satisfechos por el comercio.
- La demanda de bienes que se produce en el Municipio es propiciada por los habitantes de la zona metropolitana y el exterior a ella; y no precisamente por los habitantes del mismo.
- La demanda de servicios, es provocada por: los residentes del Municipio, los empleados que trabajan en el Municipio, sin importar el lugar donde residen y los habitantes de la zona metropolitana.
- La demanda por persona, se considera constante a través del tiempo.
- El retiro de capacidad de producción, tanto industrial como de servicios, se realizará cuando esté totalmente depreciada.
- Las únicas restricciones de inversión para capacidad industrial y de servicios, son la falta de área asignada y fuerza de trabajo.
- El área por vivienda, se considera constante a través del tiempo.
- El número deseado de personas que habitarán una vivienda, se considera constante a través del tiempo.
- La única restricción para la construcción de vivienda, será la falta de área asignada.
- La inversión para la capacidad industrial, la capacidad de servicios y la vivienda, se realizará en función de la demanda que exista.
- La distribución de la población por edad y sexo no cambia en forma significativa durante los próximos 20 años.
- Se supone que el Estado ó autoridades gubernamentales tienen el poder absoluto para asignar el área que se destinará a cada sector, así como, las áreas verdes.

- Los valores de producción se calcularán a precios fijos.

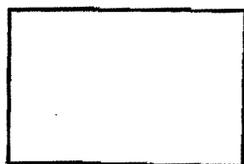
Todos estos supuestos se formulan con la finalidad de no complicar el modelo, pero es posible con cierta dificultad contradecirlos y reemplazarlos por su contrario.

#### IV.3 SELECCION DE LA HERRAMIENTA PARA FORMULAR EL MODELO MATEMATICO

En el diagrama causal se identifican los diferentes ciclos de retroalimentación de las variables agregadas, que puede suponerse que tienen un comportamiento continuo a través del tiempo. Por esta razón la técnica seleccionada para formular el modelo matemático que evalúe las respuestas del sistema en base a una distribución específica deseada de uso del suelo, fue la teoría de los servomecanismos, aplicada a los sistemas sociales, desarrollada por Jay Forrester, del Instituto Tecnológico de Massachussetts.

#### IV.4 ESTRUCTURA DEL MODELO

La estructura del modelo dinámico se representa mediante cursogramas, los cuales muestran la existencia de las interacciones del sistema. Estos cursogramas están constituidos por un conjunto de elementos, cuya simbología se describe a continuación:



**NIVEL:** representa una acumulación dentro del sistema, es decir, se trata de los valores actuales de las variables que resultan de la diferencia acumulada entre los flujos de entrada y los de salida.

Las variables de nivel ó simplemente niveles, representan el estado de un sistema.

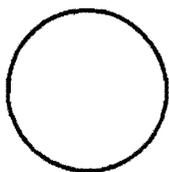
Matemáticamente los niveles son las integrales de tiempo de las tasas de flujos netos.



**NUBE:** representa una fuente, puede interpretarse como un nivel que no tiene interés y es prácticamente inagotable.



**TASAS DE FLUJO:** las tasas definen los flujos presentes, instantáneos, entre los niveles del sistema. Las variables de flujo caracterizan las acciones que se toman en el sistema, determinan como se convierte la información disponible en una acción. Las ecuaciones asociadas a una variable de flujo reciben el nombre de funciones de decisión. Las funciones de decisión son las afirmaciones de la política que señalan como la información disponible acerca de los niveles conduce a las decisiones. Todas las decisiones pertenecen a la acción pendiente y se pueden expresar como tasas de flujo. Las decisiones que aparecen en una ecuación de flujo pueden ser abiertas, si implican la intervención de un agente externo al sistema, ó implícitas, si están completamente determinadas por las variables internas al sistema, es decir, por los niveles. Las variables de flujo tiene como entradas exclusivamente a niveles y a variables auxiliares.



**VARIABLE AUXILIAR:** las variables auxiliares son conceptos que se han subdividido de las funciones de decisión porque tienen significado independiente, a partir de los valores tomados por los niveles. Estas variables unen los canales de información entre variables de nivel y de flujo. Pueden entrar ó salir cualquier cantidad de líneas de información. La variable auxiliar no es una integración como lo es un nivel. Sin embargo, se puede emplear para representar las no linealidades que aparecen en el sistema.



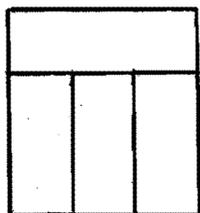
**FLUJO DE MATERIAL:** es un flujo de transmisión de una magnitud física, que se conserva.



**FLUJO DE INFORMACION:** es un flujo de transmisión de una cierta información, que no es necesario que se conserve.



**CONSTANTE:** un elemento del modelo que no cambia de valor.

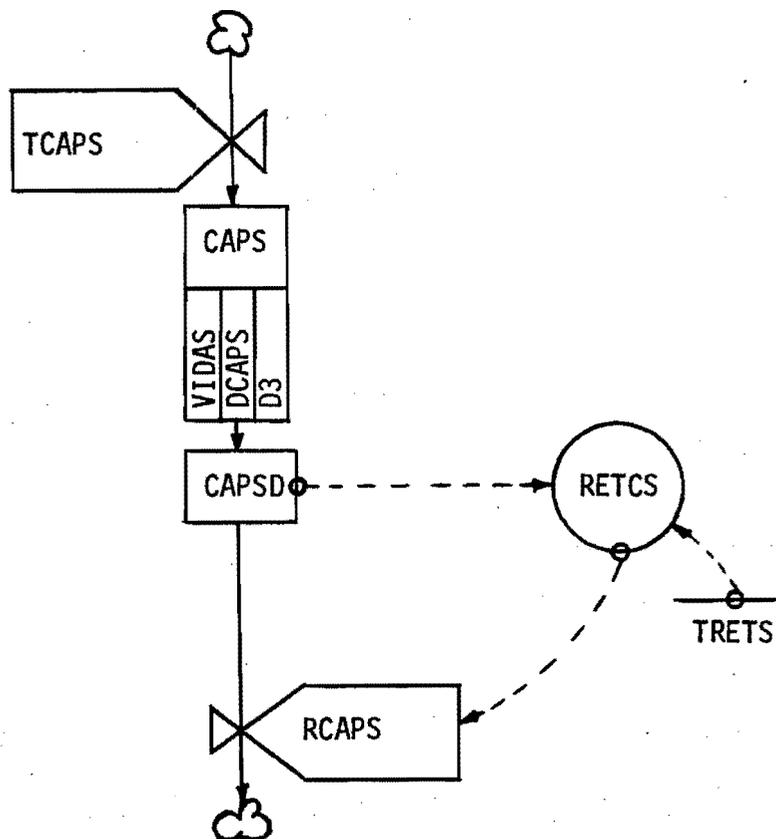


**DEMORA:** un elemento que simula retrasos en la transmisión de información ó de material. Las demoras son decisivas en la creación de las características dinámicas de los sistemas de reali-

mentación informativa.

Las demoras de tiempo se representan por paquetes que consisten en una combinación de ecuaciones de tasa y nivel que insertan en un canal de flujo. Ellos modifican las relaciones de tiempo entre el flujo de entrada dado y el flujo de salida resultante que es generado por la demora. Existen dos características esenciales de una demora. La Primera es la longitud de tiempo que expresa la demora promedio. Esto determina totalmente el efecto de estado estable de la demora. Por estado estable se entenderá que las tasas de flujo de entrada y flujo de salida y el nivel entre ellas son constantes. La segunda es que describe su respuesta transitoria. La respuesta transitoria indica en que forma la condición del tiempo del flujo de salida está relacionada con la condición del tiempo del flujo de entrada cuando la tasa del último varía con el tiempo en este trabajo se considerarán funciones de demora de una sola clase: demoras exponenciales, - debido a que son simples en forma y tienen un ámbito adecuado - para corresponder al grado de conocimiento habitual acerca del sistema real por representarse. El orden de las demoras está en función del número de niveles que contienen.

A continuación se esquematiza la forma de utilizar cada uno de estos elementos.



## IV.5 DESCRIPCION DEL MODELO

Para poder describir el modelo, se hará referencia a los nombres dados a las variables que fueron seleccionadas; de manera que, se recomienda consultar la lista de variables en la sección IV.7.

Se realizará la abstracción de la estructura e interrelaciones de los sectores mencionados anteriormente, interesando el comportamiento de cada uno de ellos como demandantes de suelo y como generadores de las condiciones socioeconómicas de la localidad, durante el horizonte de planeación; por lo que, será necesario generar la información ya conocida de un período anterior, aproximado de 20 años, y con ello realizar la validación del modelo como sustituto del sistema original.

### IV.5.1 INFLUENCIA EXOGENA

Existen algunas variables exógenas al sistema; las cuales forman el medio ambiente, una de ellas es la tasa de crecimiento de la población de la zona metropolitana (CRETA) la cual depende del sub sistema, es decir, de todo el sistema económico - social - demográfico.

Otra variable exógena, es el comportamiento de la demanda de bienes al Municipio, ya que, una parte la genera la población de la zona metropolitana y otra, es generada por la población externa a la zona metropolitana (FIDIEX).

La asignación de áreas, en las que se permite la construcción específica para la actividad industrial (AAI), los servicios (AAS) y la vivienda (AAV); son también de una influencia exógena al sistema.

Estas variables exógenas, se representan en el modelo en función del tiempo (TIME), entonces:

$$\begin{aligned}
 \text{CRETA} &= f(\text{TIME}) \\
 \text{FIDIEX} &= f(\text{TIME}) \\
 \text{AAI} &= f(\text{TIME}) \\
 \text{AAS} &= f(\text{TIME}) \\
 \text{AAV} &= f(\text{TIME})
 \end{aligned}$$

## IV.5.2 SECTOR INDUSTRIAL Y SECTOR SERVICIOS

La demanda de bienes en el sector industrial (DEMTI) está generada por la población de la zona metropolitana (DEMIF) y por el medio externo (FIDIEX).

$$\begin{aligned} \text{DEMIF} &= (\text{DEIPF}) (\text{POBT}) \\ \text{DEMTI} &= (\text{DEMIF}) / (1. - \text{FIDIEX}) \\ \text{DEIPF} &= \# \# \# \end{aligned}$$

La demanda de servicios en el Municipio (DEMTS), es provocada por los empleados que trabajan en el Municipio (DEMSEM), la población de la zona metropolitana y la población residente en el Municipio (DEMSP).

$$\begin{aligned} \text{DEMTS} &= \text{DEMSEM} + \text{DEMSF} + \text{DEMSP} \\ \text{DEMSEM} &= (\text{DESEM}) (\text{EMTM}) \\ \text{DEMSF} &= (\text{DESPF}) (\text{POBT}) \\ \text{DEMSP} &= (\text{DESPM}) (\text{POBM}) \\ \text{DESEM} &= \# \# \# \\ \text{DESPF} &= \# \# \# \\ \text{DESPM} &= \# \# \# \end{aligned}$$

Para desarrollar su actividad, tanto el sector industrial como el sector servicios, requieren de área disponible, fuerza de trabajo y la capacidad que se desea instalar (CAPTI), tratando de satisfacer la demanda reconocida (DEMTIP); de tal manera que, al no haber área ó fuerza de trabajo, empezarán a existir restricciones de inversión.

$$\begin{aligned} \text{DIFCI} &= (\text{DEMTIP}/\text{RITNI}) - \text{CAPTI} \\ \text{MITI} &= (\text{MIARI}) (\text{MIFZI}) \\ \text{MIFZI} &= f (\text{DRFZAP}) \\ \text{MIARI} &= f (\text{DRAI}) \end{aligned}$$

El tiempo (TADCI) para aumentar la capacidad faltante (DIFCI) será mayor entre mayor sea ésta.

$$\begin{aligned} \text{CONSI} &= (\text{DIFCI}/\text{TADCI}) (\text{MITI}) \\ \text{TCAPI} &= \text{CONSI} \\ \text{TADCI} &= f (\text{DIFCI}) \end{aligned}$$

Para el sector servicios se tiene:

DIFCS	=	(DEMTSP/RITNS) - CAPTS
MIT	=	(MIARS) (MIFZS)
MIFZS	=	f (DRFZAP)
MIARS	=	f (DRAS)
CONSS	=	(DIFCS/TADCS)(MIT)
TCAPS	=	CONSS
TADCS	=	f (DIFCS)

La capacidad de producción industrial y de servicios, se deteriora en un tiempo determinado (VIDAI); el cual, está en función del uso que se le da a la capacidad (RITRI) y se retira después de un determinado tiempo.

DCAPI	=	DEMORA (TCAPI, VIDAI)
RETCI	=	CAPID/TRETI
CAPID	=	CAPID + (DCAPI - RAPI) (DT)
RAPI	=	RETCI
CAPI	=	CAPI + (TCAPI - DCAPI) (DT)
CAPTI	=	CAPI + (CAPID) (RENC)
TRETI	=	# # #
RENC	=	# # #
VIDAI	=	(VIDAIN) f (RITRI)
VIDAIN	=	# # #

En servicios:

DCAPS	=	DEMORA (TCAPS, VIDAS)
RETCS	=	CAPSD/TRETS
CAPSD	=	CAPSD + (DCAPS - RCAPS) (DT)
RCAPS	=	RETCS
CAPS	=	CAPS + (TCAPS - DCAPS) (DT)
CAPTS	=	CAPS + CAPSD
TRETS	=	# # #
VIDAS	=	(VIDASN) f (RITRS)
VIDASN	=	# # #

La capacidad máxima de absorber la fuerza de trabajo (MAXFI) se establece en función de la productividad (1/PPPI) y la capacidad máxima de producción (CAPTI). La fuerza de trabajo que produce (FZAPI), se obtiene de la diferencia que existe entre la fuerza de trabajo contratada (FZAI) y la fuerza de trabajo que se dedica a las labores administrativas (FADMI).

La producción (PROI), se establece en base al ritmo; es decir, a la parte del día que se labora normalmente en la planta (RITRI).

$$\begin{aligned} \text{MAXFI} &= (\text{PPPI}) (\text{CAPTI}) \\ \text{FZAPI} &= (1.-\text{FADMI}) (\text{FZAI}) \\ \text{RITRI} &= \text{FZAPI}/\text{MAXFI} \\ \text{PROI} &= (\text{RITRI}) (\text{CAPTI}) \\ \text{PPPI} &= \# \# \# \\ \text{FADMI} &= \# \# \# \end{aligned}$$

En el sector servicios:

$$\begin{aligned} \text{MAXFS} &= (\text{PPPS}) (\text{CAPTS}) \\ \text{FZAPS} &= (1.-\text{FADMS}) (\text{FZAS}) \\ \text{RITRS} &= \text{FZAPS}/\text{MAXFS} \\ \text{PROS} &= (\text{RITRS}) (\text{CAPTS}) \\ \text{PPPS} &= \# \# \# \\ \text{FADMS} &= \# \# \# \end{aligned}$$

El ritmo deseado de producción (RITDI), está en función de la producción existente (PROI) y de la demanda reconocida (DEMTIP). La fuerza de trabajo deseada (FZADI), estará en función del ritmo deseado de producción (RITDI) y de la fuerza de trabajo máxima (MAXFI), determinándose de esta manera la diferencia de fuerza de trabajo (DIFFI); la cual, se contratará en caso de existir faltante (CFZAI) y se despedirá en caso contrario, restringiéndose el cambio de la disponibilidad de fuerza de trabajo.

$$\begin{aligned} \text{RITDI} &= (\text{RITNI}) (\text{MRPDI}) \\ \text{FZADI} &= (\text{RITDI}) (\text{MAXFI}) (1+\text{FADMI}) \\ \text{DIFFI} &= \text{FZADI} - \text{FZAI} \\ \text{FZAI} &= \text{FZAI} + (\text{CFZAI}) (\text{DT}) \\ \text{CFZAI} &= (\text{MFZAI}) (\text{DIFFI} / \text{TCAFI}) \\ \text{RITNI} &= \# \# \# \\ \text{TCAFI} &= \# \# \# \end{aligned}$$



DEPI

$$\begin{aligned} \text{MRPDI} &= f(\text{PROI/DEMTIP}) \\ \text{MFZAI} &= f(\text{DRFZA}) \end{aligned}$$

Para el sector servicios:

$$\begin{aligned} \text{RITDS} &= (\text{RITNS}) (\text{MRPDS}) \\ \text{FZADS} &= (\text{RITDS}) (\text{MAXFS}) (1+\text{FADMS}) \\ \text{DIFFS} &= \text{FZADS} - \text{FZAS} \\ \text{FZAS} &= \text{FZAS} + (\text{CFZAS}) (\text{DT}) \\ \text{CFZAS} &= (\text{MFZAS}) (\text{DIFFS/TCAFS}) \\ \text{RITNS} &= \# \# \# \\ \text{TCAFS} &= \# \# \# \\ \text{MRPDS} &= f(\text{PROS/DEMTSP}) \\ \text{MFZAS} &= f(\text{DRFZA}) \end{aligned}$$

La demanda reconocida (DEMTIP), es la demanda real (DEMTI) promediada:

$$\begin{aligned} \text{DEMTIP} &= \text{DEMTIP} + (\text{DT/TDEMTI}) (\text{DEMTI} - \text{DEMTIP}) \\ \text{DEMTSP} &= \text{DEMTSP} + (\text{DT/TDEMST}) (\text{DEMST} - \text{DEMTSP}) \\ \text{TDEMTI} &= \# \# \# \\ \text{TDEMST} &= \# \# \# \end{aligned}$$

#### IV.5.3. VIVIENDA

La demanda de vivienda (VIVD), es causada por la población de la zona metropolitana (POBT); la cual, se ve influenciada por la población que radica en el Municipio (POBM).

Esta demanda se acelera, debido a los atractivos que se ofrecen, como son: el empleo (RPOBE), los servicios (CSPM) y las áreas verdes (DRAR).

$$\begin{aligned} \text{VIVD} &= \text{POBDV/MIEDV} \\ \text{POBDV} &= (\text{FPOBV}) (\text{FNPDV}) (\text{MDVT}) (\text{POBT}) \\ \text{FNPDV} &= (\text{RUMOR}) (\text{POBM/POBT}) \\ \text{MIEDV} &= \# \# \# \\ \text{FPOBV} &= \# \# \# \\ \text{RUMOR} &= \# \# \# \end{aligned}$$

MDVT	=	(MDVAV) (MDVEM) (MDVS)
MDVAV	=	f (DRARP)
MDVEM	=	f (RPOBEP/VNEP)
VNEP	=	# # #
MDVS	=	f (CSPMP/VNCSP)
VNCSP	=	# # #

Existe una demora para reconocer el empleo, los servicios y las áreas verdes; por lo que, el efecto acelerador ó multiplicador estará demorado también.

RPOBEP	=	RPOBEP + (DT/TRPOBE) (RPOBE - RPOBEP)
CSPMP	=	CSPMP + (DT/TCSPM) (CSPM - CSPMP)
DRARP	=	DRARP + (DT/TDRAR) (DRAR - DRARP)
TRPOBE	=	# # #
TCSPM	=	# # #

Los indicadores que fueron tomados en cuenta para medir el empleo, los servicios y las áreas verdes, son:

RPOBE	=	EMTM/POBM
CSPM	=	PROS/POBM
DRAR	=	DAR/ARTD

La construcción de vivienda (CONSV), se da a causa de la diferencia que existe entre la vivienda demandada reconocida (VIVDP) y la vivienda total existente (VIVT), teniendo un tiempo para construir (TCONS) mayor, entre mayor sea la vivienda que se construirá (DIFFV)

La única restricción que se tiene para la construcción de vivienda, es la falta de terreno permitido a este sector.

CONSV	=	(DIFFV/TCONS) (MCVAR)
DIFFV	=	VIVDP - VIVT
VIVT	=	VIV + VIVV
VIVDP	=	VIVDP + (DT/VIVDT) (VIVD - VIVDP)
VIVDT	=	# # #
TCONS	=	f (DIFFV)
MCVAR	=	f (DRAV)

Las viviendas tienen un determinado tiempo de vida (VIDAV) constante y, después de este período son demolidas (DEMV); reintegrando al área permitida para la vivienda, la extensión correspondiente de las viviendas demolidas.

TCONV	=	CONSV
DVIV	=	DEMORA(TCONV, VIDAV)
VIV	=	VIV + (TCONV - DVID) (DT)
DEMV	=	VIVV/TDEMV
DEMOV	=	DEMV
VIVV	=	VIVV + (DVIV - DEMOV) (DT)
VIDAV	=	# # #
TDEMV	=	# # #

#### IV.5.4 POBLACION Y FUERZA DE TRABAJO

De la zona metropolitana (POBT), interesan especialmente los residentes del Municipio (POBM); por lo que, se realiza la distinción con respecto a la población que no residen en el Municipio (POBNOM).

El crecimiento de la población total de la zona metropolitana, está regulada por las tasas de cambio exógenas (CRETA Y REPRO). La transferencia de población de no residente a residente (MIGRA), está dada por la vivienda total que se va construyendo y demoliendo (CAMV).

POBT	=	POBNOM + POBM
CRECI	=	(POBNOM) (CRETA)
TPOBM	=	(POBM) (REPRO)
MIGRA	=	(MIEMM) (CAMV)
POBNOM	=	POBNOM + (CRECI - MIGRA) (DT)
POBM	=	POBM + (MIGRA + TPOBM) (DT)
REPRO	=	# # #
MIEMM	=	# # #

La población económicamente activa disponible en el Municipio (PEAM), será una fracción de la población económicamente activa de la zona metropolitana (PEA), que dependerá del sistema de transporte existente; y para este caso, se supone constante.

$$\begin{aligned} \text{PEA} &= (\text{FPEA}) (\text{POBT}) \\ \text{PEAM} &= (\text{FAI}) (\text{PEA}) \\ \text{FPEA} &= \# \# \# \\ \text{FAI} &= \# \# \# \end{aligned}$$

La fuerza de trabajo que absorbe la economía de Naucalpan, contempla a los empleados totales en el sector industrial (EMTI), en el sector servicios (EMTS) y los que se dedican a la construcción (EMTC); por lo que, el empleo total que genera la actividad económica del Municipio (EMTM), será el agregado de estas actividades.

El indicador que se utiliza para conocer la disponibilidad de fuerza de trabajo en el Municipio, es la diferencia relativa de la fuerza de trabajo disponible y la contratada.

$$\begin{aligned} \text{EMTI} &= (\text{FZAI} + (\text{CONSI}) (\text{FZACI}) ) / ( (\text{TURNO}) (\text{ANO}) ) \\ \text{EMTS} &= \text{FZAS} / ( (\text{TURNO}) (\text{ANO}) ) \\ \text{EMTC} &= ((\text{CONSS}) (\text{FZACS}) + (\text{CONSV}) (\text{FZACV})) / ((\text{TURNO}) (\text{ANO})) \\ \text{EMTM} &= \text{EMTI} + \text{EMTS} + \text{EMTC} \\ \text{DRFZA} &= (\text{PEAM} - \text{EMTM}) / \text{PEAM} \\ \text{DRFZAP} &= \text{DRFZAP} + (\text{DT} / \text{DRFZA}) (\text{DRFZA} - \text{DRFZAP}) \\ \text{FZACI} &= \# \# \# \\ \text{FZACS} &= \# \# \# \\ \text{FZACV} &= \# \# \# \\ \text{ANO} &= \# \# \# \\ \text{TURNO} &= \# \# \# \\ \text{TDRFZA} &= \# \# \# \end{aligned}$$

#### IV.5.5 USO DEL SUELO

Las tasas globales de cambio de capacidad de producción en el sector industrial (CAMCI), en el sector servicios (CAMCS) y en la vivienda (CAMV); determinan las tasas de ocupación de terreno para cada actividad (TOAI, TOAS y TOAV); las cua -

les a su vez, incluyen el terreno destinado a la vialidad (FAVI, FAVS y FAVV). Además, se considera una área promedio de terreno para la instalación de cada unidad de: capacidad de producción industrial (AUCI), capacidad de producción de servicios y vivienda (AVIV).

CAMCI	=	CONSI - RETCI
CAMCS	=	CONSS - RETCS
CAMV	=	CONSV - DEMV
TOAI	=	(AUCI) (CAMCI) (1+FAVI)
TOAS	=	(AUCS) (CAMCS) (1+FAVS)
TOAV	=	(AVIV) (CAMV) (1+FAVV)
AUCI	=	# # #
FAVI	=	# # #
AUCS	=	# # #
FAVS	=	# # #
AVIV	=	# # #
FAVV	=	# # #

El área verde deseada (ARTD), se determina en función del área ocupada para uso industrial (AREAI), de servicios (AREAS) y vivienda (AREAV); sin embargo, la asignación de áreas verdes (TAAR), puede verse restringida por estar ocupado el terreno ó por el gobierno del Municipio (MVER).

TAAR	=	(FCTRL) (MVER) (DAR/TANAR)
DRVER	=	(AREAT - AREAD)/AREAT
DAR	=	ARTD - AREAR
ARTD	=	(AREAC) (VERDE)
AREAC	=	AREAI + AREAD + AREAV
AREAU	=	AREAC + AREAR
FAREC	=	AREAU/AREAT
AREAD	=	AREAD - (TOAI + TOAS + TOAV + TAAR) (DT)
AREAI	=	AREAI + (TOAI) (DT)
AREAS	=	AREAS + (TOAS) (DT)
AREAV	=	AREAV + (TOAV) (DT)
AREAR	=	AREAR + (TAAR) (DT)
FCTRL	=	# # #
TANAR	=	# # #
AREAT	=	# # #

VERDE = # # #  
 MVER = f (DRVER)

Los índices utilizados para medir la disponibilidad de terreno de una actividad específica, fueron las diferencias relativas entre el área planeada (AAI, AAS, AAV) y el área ocupada (AREAI, AREAS, AREAV).

DRAI = (AAI - AREAI)/AAI  
 DRAS = (AAS - AREAS)/AAS  
 DRAV = (AAV - AREAV)/AAV

El tiempo reloj para simular el sistema, está substituido por la ecuación:

TIME = TIME + DT

En el Municipio se tendrá un terreno muy accidentado, en el cual no es posible que se pueda realizar la construcción; por lo que, la condición inicial de área disponible será:

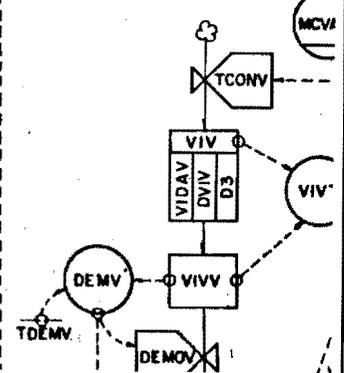
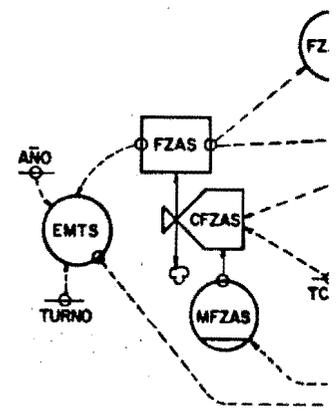
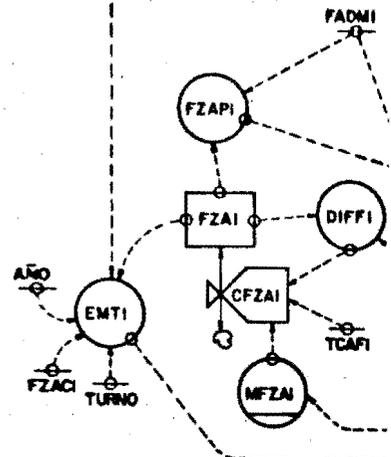
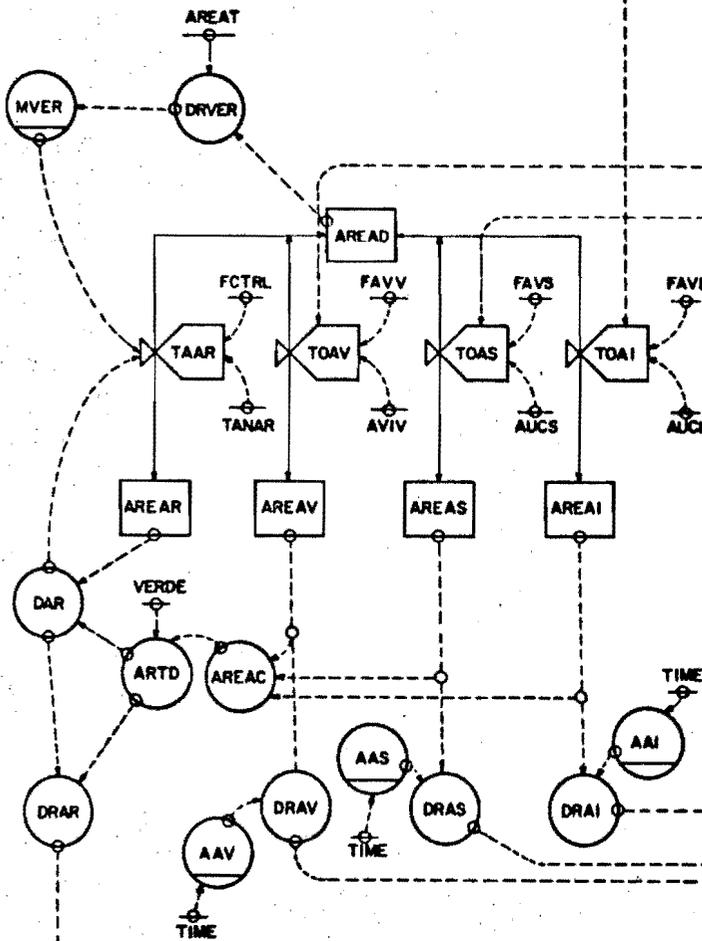
AREAD = (AREAT) (1 - FAND) - AREAI - AREAS - AREAV  
 FAND = # # #

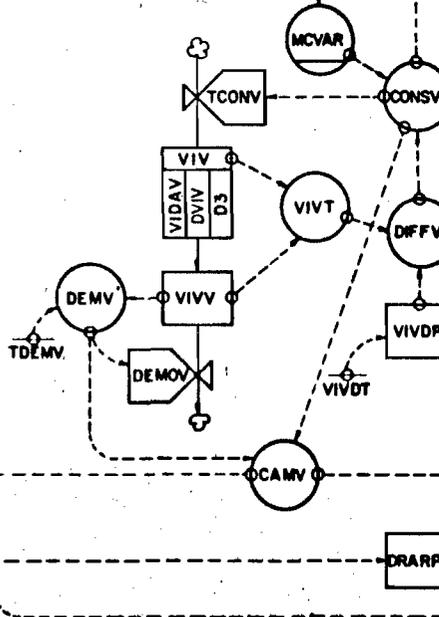
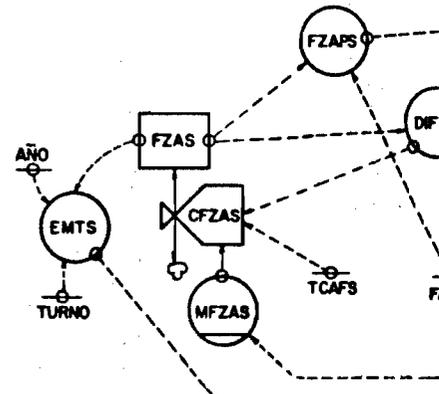
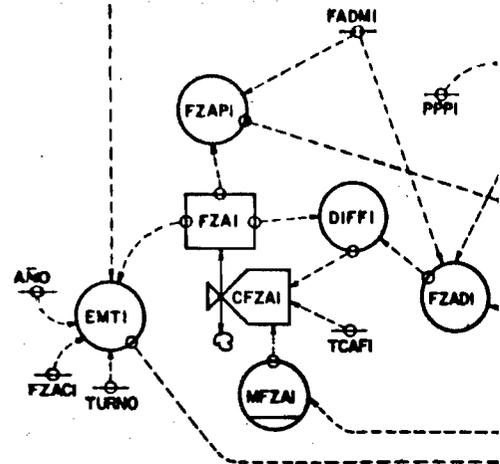
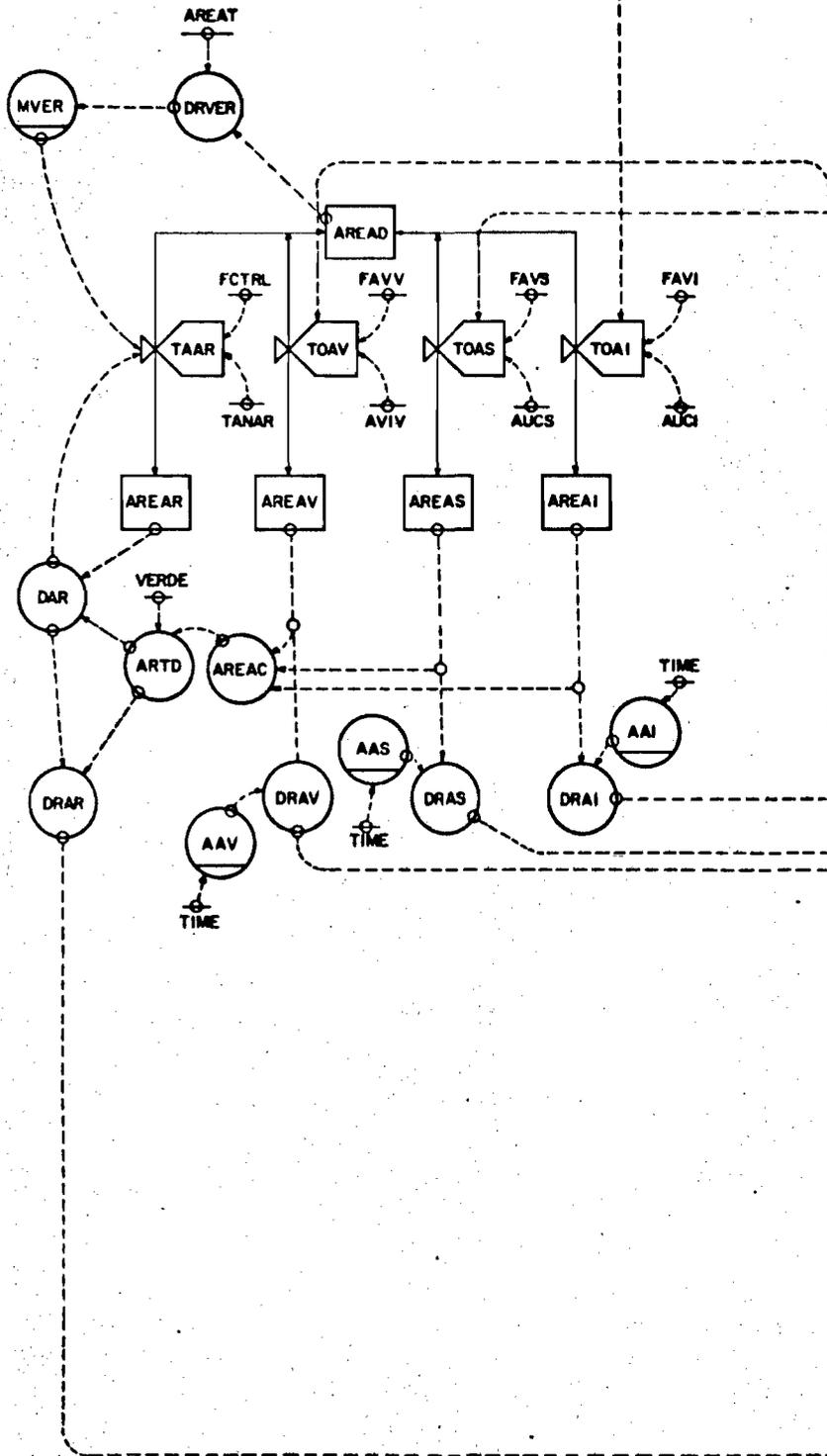
Teniéndose que establecer las condiciones iniciales de las siguientes variantes:

CAPI = # # #  
 CAPID = # # #  
 FZAI = # # #  
 CAPS = # # #  
 CAPSD = # # #  
 FZAS = # # #  
 VIV = # # #  
 VIVV = # # #  
 AREAI = # # #  
 AREAS = # # #  
 AREAV = # # #  
 AREAR = # # #  
 DRFZAP = # # #

RPOBEP	=	# # #
VIVDP	=	# # #
DRARP	=	# # #
DEMTIP	=	# # #
DEMTSP	=	# # #
POBNOM	=	# # #
POBM	=	# # #
CSPMP	=	# # #
TIME	=	# # #
DT	=	# # #
TSIMU	=	# # #

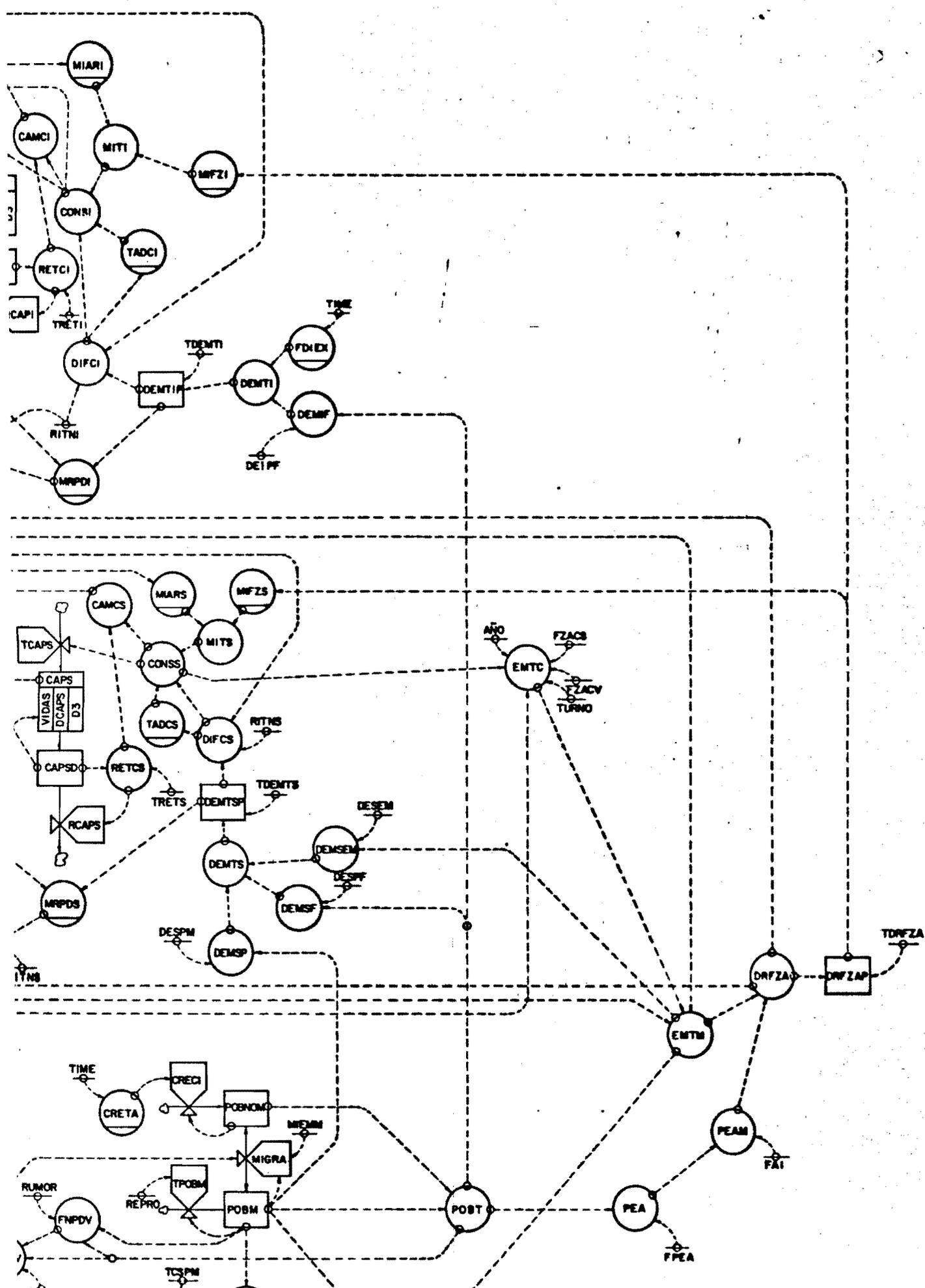
#### IV.6 DIAGRAMA DE FLUJOS











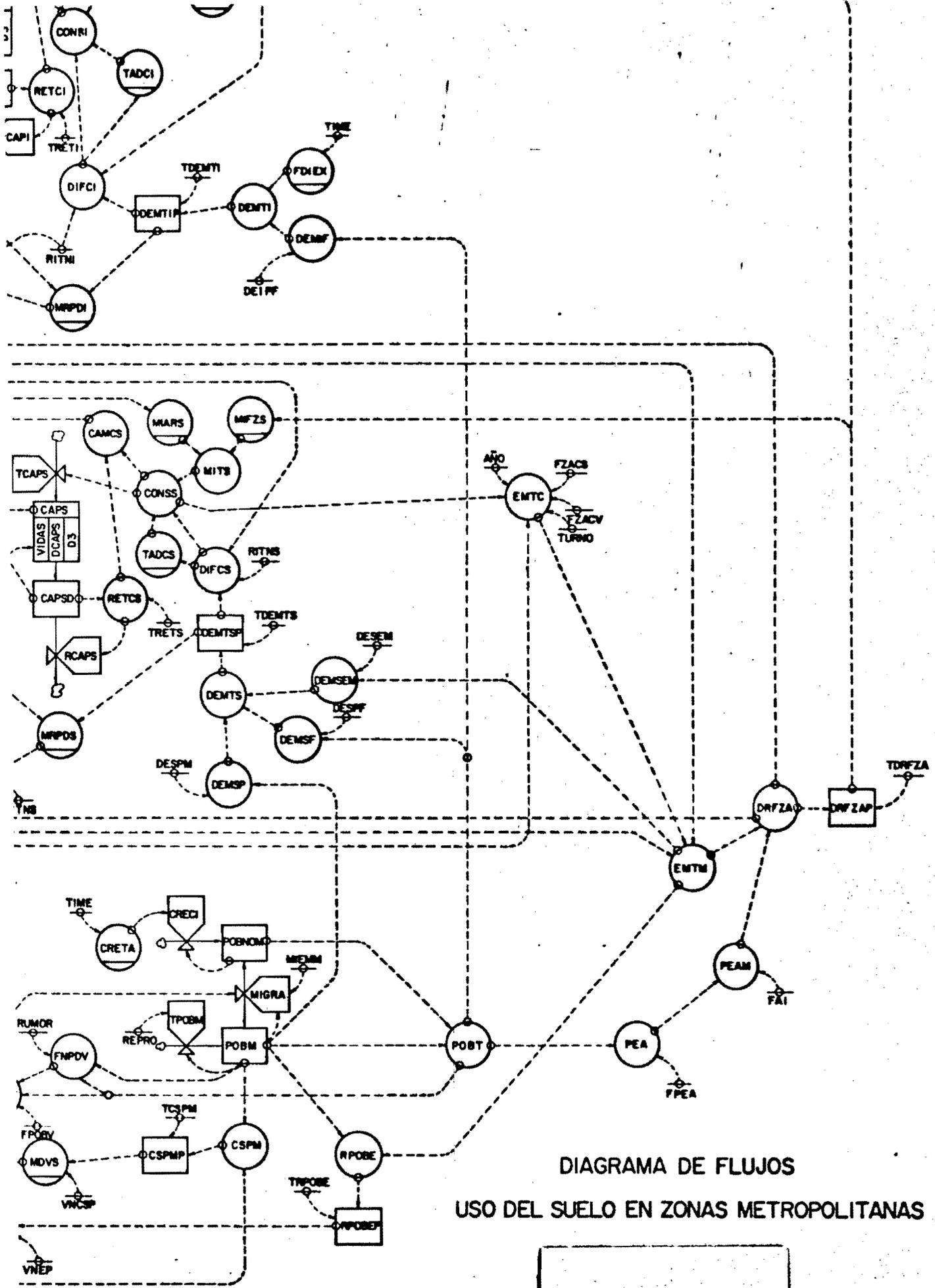


DIAGRAMA DE FLUJOS  
 USO DEL SUELO EN ZONAS METROPOLITANAS



## IV.7 LISTA DE VARIABLES.

NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION	UNIDADES
AAI	A	Area asignada al sector industrial	Mts. <sup>2</sup>
AAS	A	Area asignada al sector servicios	Mts. <sup>2</sup>
AAV	A	Area asignada a la vivienda	Mts. <sup>2</sup>
AÑO	C	Días que se trabajan en el año	Días/Año
AREAC	A	Area ocupada por industria, servicios, vivienda y vialidad.	Mts. <sup>2</sup>
AREAD	N	Area disponible no ocupada en el Municipio.	Mts. <sup>2</sup>
AREAI	N	Area ocupada por el sector industrial en el Municipio.	Mts. <sup>2</sup>
AREAR	N	Area ocupada por áreas verdes en el Municipio.	Mts. <sup>2</sup>
AREAS	N	Area ocupada por el sector servicios en el Municipio.	Mts. <sup>2</sup>
AREAT	C	Area total del Municipio.	Mts. <sup>2</sup>
AREAU	A	Area urbana del Municipio.	Mts. <sup>2</sup>
AREAV	N	Area ocupada por el sector vivienda en el Municipio.	Mts. <sup>2</sup>
ARTD	A	Area verde total deseada en el Municipio.	Mts. <sup>2</sup>
AUCI	C	Area promedio requerida para la instalación de una unidad de capacidad industrial.	Mts. <sup>2</sup>
AUCS	C	Area promedio requerida para la instalación de una unidad de capacidad de servicios.	Mts. <sup>2</sup>
AVIV	C	Area promedio requerida por vivienda.	Mts. <sup>2</sup>
CAMCI	A	Tasa de cambio de capacidad de producción industrial.	\$/AÑO/AÑO

NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION	UNIDADES
CAMCS	A	Tasa de cambio de capacidad de producción de servicios.	\$/Año/Año
CAMV	A	Tasa de cambio total de vivienda.	Vivienda/Año
CAPI	N	Capacidad de producción industrial instalada no deteriorada.	\$/Año
CAPID	N	Capacidad de producción industrial instalada depreciada.	\$/Año
CAPS	N	Capacidad de producción de servicios instalada no deteriorada.	\$/Año
CAPSD	N	Capacidad de producción de servicios instalada depreciada.	\$/Año
CAPTI	A	Capacidad total instalada para la producción industrial.	\$/Año
CAPTS	A	Capacidad total instalada para la producción de servicios.	\$/Año
CFZAI	T	Tasa de cambio en la fuerza de trabajo en el sector industrial.	Hrs.-Persona/Día/Año
CFZAS	T	Tasa de cambio en la fuerza de trabajo en el sector servicios.	Hrs.-Persona/Día/Año
CONSI	A	Tasa de construcción de capacidad para la producción industrial.	\$/Año/Año
CONSS	A	Tasa de construcción de capacidad para la producción de servicios.	\$/Año/Año
CONSV	A	Construcción de vivienda en el Municipio.	Viviendas/Año
CRECI	T	Tasa de cambio de la población de la zona metropolitana.	Personas/Año
CRETA	A	Tasa de crecimiento de la población de la zona metropolitana.	Personas/Año/Año
CSPM	A	Capacidad de producción de servicios por persona que vive en el Municipio.	\$/Año/Persona
CSPMP	N	Capacidad de producción de servicios por persona reconocida que vive en el Municipio.	\$/Año/Persona.

NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION	UNIDADES
DAR	A	Diferencia de área verde deseada y área verde real.	Mts. <sup>2</sup>
DEIPF	C	Demanda de productos industriales por persona de la zona metropolitana.	\$/Año/Persona
DEMIF	A	Demanda de productos industriales por la población de la zona metropolitana.	\$/Año
DEMOV	T	Tasa de demolición de vivienda	Viviendas/Años
DEMSEM	A	Demanda de servicios por las personas que trabajan en el Municipio.	\$/Año
DEMSF	A	Demanda de servicios por la población de la zona metropolitana.	\$/Año
DEMSP	A	Demanda de servicios por la población que vive en el Municipio.	\$/Año
DEMTI	A	Demanda total de productos industriales en el Municipio.	\$/Año
DEMTIP	N	Demanda total de productos industriales reconocida en el Municipio.	\$/Año
DEMTS	A	Demanda total de servicios en el Municipio.	\$/Año
DEMTSP	N	Demanda total de servicios reconocida en el Municipio.	\$/Año
DEMY	A	Demolición de vivienda.	Viviendas/Año
DESEM	C	Demanda de servicios por persona empleada en el Municipio.	\$/Año/Persona
DESPF	C	Demanda de servicios por persona de la zona metropolitana.	\$/Año/Persona
DESPM	C	Demanda de servicios por vivienda	\$/Año/Persona
DIFCI	A	Diferencia faltante de capacidad para la producción industrial.	\$/Año
DIFCS	A	Diferencia faltante de capacidad para la producción de servicios.	\$/Año
DIFFI	A	Diferencia entre la fuerza de trabajo deseada y la fuerza de trabajo real en el sector industrial,	Hrs, -Persona/Día

NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION	UNIDADES
DIFFS	A	Diferencia entre la fuerza de - trabajo deseada y la fuerza de - trabajo real en el Sector Servi- cios.	Hrs.-Persona/Día
DIFFV	A	Diferencia entre la vivienda - deseada y la vivienda total exis- tente.	Viviendas
DRAI	A	Diferencia relativa entre el área permitida para el Sector Indus- trial y su área ocupada.	Adimensional
DRAR	A	Diferencia relativa entre el área verde real y el área verde desea- da.	Adimensional
DRARP	N	Diferencia relativa entre el área verde real y el área verde desea- da reconocida.	Adimensional
DRAS	A	Diferencia relativa entre el área permitida para el sector servi- cios y su área ocupada.	Adimensional
DRAV	A	Diferencia relativa entre el área permitida para el sector vivienda y su área ocupada.	Adimensional
DRFZA	A	Diferencia relativa entre el em- pleo total en el Municipio y la - población trabajadora potencial.	Adimensional
DRFZAP	N	Diferencia relativa de fuerza de trabajo reconocida.	Adimensional
DRVER	A	Diferencia relativa entre el área total y el área disponible no - ocupada.	Adimensional
DT	C	Incremento de tiempo reloj.	Años
EMTC	A	Empleos totales que se tienen en el Municipio para adicionar capa- cidad industrial, capacidad de - servicios y capacidad de vivienda ( construcción ).	Personas

NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION	UNIDADES
EMTI	A	Empleos totales en el sector industrial.	Personas.
EMTM	A	Empleos totales en el Municipio.	Personas.
EMTS	A	Empleos totales en el sector servicios.	Personas.
FADMI	C	Fracción de la fuerza de trabajo que se dedica exclusivamente a las labores administrativas en el sector industrial.	Adimensional.
FADMS	C	Fracción de la fuerza de trabajo que se dedica exclusivamente a las labores administrativa en el sector servicios.	Adimensional.
FAI	C	Fracción del área metropolitana que determina el potencial de población trabajadora en el Municipio.	Adimensional.
FAND	C	Fracción de terreno no disponible por causa de altas pendientes.	Adimensional.
FAREC	A	Relación entre el área urbana y el área total del Municipio.	Adimensional.
FAVI	C	Fracción de terreno del sector industrial que se dedica a la vialidad.	Adimensional.
FAVS	C	Fracción de terreno del sector servicios que se dedica a la vialidad.	Adimensional.
FAVV	C	Fracción de terreno del sector vivienda que se dedica a la vialidad.	Adimensional.
FCTRL	C	Fracción de control de áreas verdes.	Adimensional.
FIDIEX	A	Fracción de demanda industrial externa a la zona metropolitana.	Adimensional.
FNPDV	A	Fracción de la población de la zona metropolitana que decide vivir en el Municipio.	Adimensional.

NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION	UNIDADES
FPEA	C	Fracción de la población trabajadora total de la zona metropolitana.	Adimensional.
FPOBV	C	Fracción de la población de la zona metropolitana que tiene capacidad para adquirir una vivienda en el Municipio.	Adimensional.
FZACI	C	Fuerza de trabajo necesaria para construir una unidad de capacidad industrial.	Hrs.-Persona/\$/Año
FZACS	C	Fuerza de trabajo necesaria para construir una unidad de capacidad de servicios.	Hrs.-Persona/\$/Año
FZACV	C	Fuerza de trabajo necesaria para construir una vivienda.	Hrs.-Persona/Vivienda
FZADI	A	Fuerza de trabajo deseada diariamente en el sector industrial.	Hrs.-Persona/Día.
FZADS	A	Fuerza de trabajo deseada diariamente en el sector servicios.	Hrs.-Persona/Día.
FZAI	N	Fuerza de trabajo contratada en el sector industrial para ser utilizada diariamente.	Hrs.-Persona/Día.
FZAPI	A	Fuerza de trabajo dedicada exclusivamente para llevar a cabo la producción industrial diariamente.	Hrs.-Persona/Día.
FZAPS	A	Fuerza de trabajo dedicada exclusivamente para llevar a cabo la producción de servicios diariamente.	Hrs.-Persona/Día.
FZAS	N	Fuerza de trabajo contratada en el sector servicios para ser utilizada diariamente.	Hrs.-Persona/Día
MAXFI	A	Fuerza de trabajo máxima que puede ser empleada en la producción de productos industriales diariamente.	Hrs.-Persona/Día

NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION	UNIDADES.
MAXFS	A	Fuerza de trabajo máxima que -- puede ser empleada en la pro--- ducción de servicios diariamen-- te.	Hrs.-Persona/Día
MCVAR	A	Multiplicador de construcción - en vivienda por causa de área - disponible.	Adimensional.
MDVAV	A	Multiplicador de demanda de vi- vienda por causa de áreas verdes.	Adimensional.
MDVEM	A	Multiplicador de demanda de vi- vienda por causa de empleo.	Adimensional.
MDVS	A	Multiplicador de demanda de vi- vienda por causa de servicios.	Adimensional.
MDVT	A	Multiplicador total de demanda de vivienda.	Adimensional.
MFZAI	A	Multiplicador de cambio de la -- fuerza de trabajo en el sector - industrial por causa de fuerza - de trabajo disponible..	Adimensional.
MFZAS	A	Multiplicador de cambio de la -- fuerza de trabajo en el sector - servicios por causa de fuerza de trabajo disponible.	Adimensional.
MIARI	A	Multiplicador de inversión en la capacidad industrial por causa - de área disponible.	Adimensional.
MIARS	A	Multiplicador de inversión en la capacidad de servicios por causa de área disponible.	Adimensional.
MIEDV	C	Personas promedio que ocupan una vivienda en el Municipio.	Personas.
MIEMM	C	Personas promedio que ocupan una vivienda al tiempo de migración.	Personas.
MIFZI	A	Multiplicador de inversión en la capacidad industrial por causa - de fuerza de trabajo disponible.	Adimensional.
MIFZS	A	Multiplicador de inversión en la capacidad de servicios por causa de fuerza de trabajo disponible.	Adimensional.

NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION	UNIDADES
MIGRA	A	Incremento de la población en el Municipio por causa de la vivienda.	Persona/Año
MITI	A	Multiplicador de inversión total en capacidad industrial.	Adimensional
MITS	A	Multiplicador de inversión total en capacidad de servicios.	Adimensional.
MRPDI	A	Relación entre la producción y - la demanda total de productos industriales reconocida.	Adimensional.
MRPDS	A	Relación entre la producción y - la demanda total de servicios -- reconocida.	Adimensional.
MVER	A	Multiplicador de asignación de - áreas verdes por área disponible.	Adimensional.
PEA	A	Población trabajadora total de la zona metropolitana.	Personas
PEAM	A	Población trabajadora potencial en el Municipio.	Personas.
POBDV	A	Población total que decide vivir en el Municipio.	Personas.
POBM	N	Población total que reside en el Municipio.	Personas
POBNOM	N	Población de la zona metropolitana que no reside en el Municipio.	Personas.
POBT	A	Población total de la zona metropolitana.	Personas.
POB80	C	Población total de la zona metropolitana en 1980.	Personas.
PPPI	C	Horas - persona necesarias para producir una unidad de valor industrial.	Hrs.-Persona/\$/Año
PPPS	C	Horas - persona necesarias para producir una unidad de valor en servicios.	Hrs.-Persona/\$/Año

NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION	UNIDADES
PROI	A	Producción industrial.	\$/Año.
PROS	A	Producción de servicios.	\$/Año.
RCAPI	T	Tasa de destrucción de capacidad de producción industrial.	\$/Año/Año
RCAPS	T	Tasa de destrucción de capacidad de producción de servicios.	\$/Año/Año
RENCI	C	Rendimiento de la capacidad industrial depreciada.	Adimensional.
REPRO	C	Tasa de reproducción de la población del Municipio.	1/Año
RETCI	A	Retiro de capacidad de producción industrial.	\$/Año/Año
RETCS	A	Retiro de capacidad de producción de servicios.	\$/Año/Año
RITDI	A	Fracción deseada a utilizar de la capacidad máxima de producción industrial.	Adimensional.
RITDS	A	Fracción deseada a utilizar de la capacidad máxima de producción de servicios.	Adimensional.
RITNI	C	Ritmo posible de mantener en el sector industrial.	Adimensional.
RITNS	C	Ritmo posible de mantener en el sector de servicios.	Adimensional.
RITRI	A	Fracción real utilizada de la capacidad máxima de producción industrial.	Adimensional.
RITRS	A	Fracción real utilizada de la capacidad máxima de producción de servicios.	Adimensional.
RPOBE	A	Relación entre el empleo total y la población residente en el Municipio.	Adimensional.

NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION	UNIDADES
RPOBEP	N	Relación entre el empleo total y la población residente reconocida en el Municipio.	Adimensional.
RUMOR	C	Factor de influencia que tiene una persona sobre otras.	Adimensional.
TAAR	T	Tasa de asignación para áreas verdes.	Mts. <sup>2</sup> /Año
TADCI	A	Tiempo para instalar capacidad para la producción industrial.	Años
TADCS	A	Tiempo para instalar capacidad para la capacidad de servicios.	Años.
TANAR	C	Tiempo para asignar la diferencia faltante de área verde.	Años.
TCAFI	C	Tiempo de cambio en la fuerza de trabajo en el sector industrial.	Años.
TCAFS	C	Tiempo de cambio en la fuerza de trabajo en el sector servicios.	Años.
TCAPI	T	Tasa de adición de capacidad para la producción industrial.	\$/Año/Año.
TCAPS	T	Tasa de adición de capacidad para la producción de servicios.	\$/Año/Año.
TCONS	A	Tiempo de construcción de vivienda.	Años.
TCONV	T	Tasa de adición de vivienda	Vivienda/Año
TCSPM	C	Tiempo en reconocer la capacidad de producción de servicios por persona que vive en el Municipio.	Años.
TDEMTI	C	Tiempo en reconocer la demanda total de productos industriales en el Municipio.	Años.
TDEMTS	C	Tiempo en reconocer la demanda total de servicios en el Municipio.	Años.

NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION	UNIDADES.
TDEM	C	Tiempo en que se decide demoler la vivienda deteriorada.	Años.
TDRAR	C	Tiempo en reconocer la existencia de área verde.	Años.
TDRFZA	C	Tiempo en reconocer la diferencia relativa de fuerza de trabajo.	Años.
TIME	N	Tiempo reloj para simular el sistema.	Años.
TOAI	T	Tasa de ocupación de terreno por el sector industrial.	Mts. <sup>2</sup> /Año
TOAS	T	Tasa de ocupación de terreno por el sector servicios.	Mts. <sup>2</sup> /Año.
TOAV	T	Tasa de ocupación de terreno por el sector vivienda.	Mts. <sup>2</sup> /Año.
TPOBM	T	Tasa de cambio de la población del Municipio.	Personas/Personas/Año.
TRETI	C	Tiempo de retiro de capacidad de producción industrial depreciada.	Años.
TRETS	C	Tiempo de retiro de capacidad de producción de servicios depreciada.	Años.
TRPOBE	C	Tiempo en reconocer la relación entre el empleo total y la población residente del Municipio.	Años.
TSIMU	C	Tiempo de simulación.	Años.
TURNO	C	Horas promedio laboradas diariamente.	Horas/Día.
VERDE	C	Fracción de área verde al sector industrial, al sector servicios y al sector vivienda.	Adimensional.

NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION	UNIDADES
VIDAI	A	Tiempo de vida promedio de la capacidad de producción industrial.	Años.
VIDAIN	C	Tiempo de vida normal de la capacidad de producción industrial.	Años.
VIDAS	A	Tiempo de vida promedio de la capacidad de producción de -- servicios.	Años.
VIDASN	C	Tiempo de vida normal de la capacidad de producción de -- servicios.	Años.
VIDAV	C	Tiempo de vida promedio de la vivienda.	Años.
VIV	N	Número de viviendas no deterioradas en el Municipio.	Viviendas.
VIVD	A	Número de viviendas deseadas en el Municipio.	Viviendas.
VIVDP	N	Número de viviendas deseadas reconocidas en el Municipio.	Viviendas.
VIVDT	C	Tiempo en reconocer la vivienda deseada en el Municipio.	Años.
VIVT	A	Número de viviendas totales en el Municipio.	Viviendas.
VIVV	N	Número de viviendas deterioradas en el Municipio.	Viviendas.
VNCSP	C	Multiplicador de vivienda normal por causa de capacidad de servicios por persona.	Adimensional.
VNEP	C	Multiplicador de vivienda normal por causa de empleo por persona.	Adimensional.

V. CONCLUSIONES

Siendo la formulación de un modelo matemático dinámico para auxiliar la planeación del uso de suelo en un Municipio conurbado el objetivo del presente trabajo, se llevaron a cabo dos etapas principales:

ETAPA DE CONCEPTUALIZACION, se presenta la perspectiva y la comprensión mental de un sistema real, teniéndose en un principio que familiarizarse con el sistema, donde se incluye el tratamiento de la literatura al respecto, opiniones de expertos, experiencias propias; es decir, se trata de compenetrarse totalmente en el sistema que se está analizando. De esta manera y de una forma progresiva se van identificando los distintos que formarán el sistema, lo que conduce de modo natural al establecimiento de los límites del sistema y a una descripción primaria de los ciclos de realimentación. Surge así el diagrama causal del sistema y con éste queda finalizada esta etapa.

La etapa de conceptualización debe realizarse de tal manera que se llegue a lograr el máximo de concisión, claridad y precisión del sistema; para la obtención de los mejores resultados posibles en una etapa posterior.

ETAPA DE FORMULACION, una vez que se construyó el diagrama causal del sistema, se procede a la descripción del mismo en forma matemática. En primer lugar se establece el diagrama de flujos tanto físicos como de información, a partir del cual se puede formular el modelo matemático del sistema como una ecuación integral continua.

El comportamiento de las distintas variables que intervienen en el modelo está regido por las ecuaciones establecidas, obteniéndose la dinámica del sistema, pero realizarlo en esta forma resulta complicado y tedioso, por efectuar el cálculo directo a mano: por lo que no es recomendable ni costeable.

De hecho para obtenerse la dinámica del sistema que definen las ecuaciones, debe llevarse a cabo mediante el empleo de un computador. La programación de las ecuaciones de un sistema dinámico puede realizarse en cualquier lenguaje de programación como: FORTRAN, BASIC, ALGOL, COBOL; pero se ha desarrollado un lenguaje de programación específico con la ayuda del cual la escritura de las ecuaciones asociadas a un diagrama de flujos sea lo más sencilla posible. Este lenguaje se denomina DYNAMO.

La etapa de formulación termina cuando se dispone de un modelo del sistema bajo estudio en forma de ecuaciones programadas para ser pasadas por un computador.

Con lo expuesto en los párrafos anteriores se concluye este trabajo, cumpliéndose el objetivo establecido en la parte inicial de este capítulo.

## BIBLIOGRAFIA

1. Principles of Systems  
Jay W. Forrester  
M.I.T. Press, 1968
  
2. Urban Dynamics  
JAY W. Forrester  
M.I.T. Press, 1969
  
3. The Life Cycles of Economic Development  
Nathan B. Forrester  
M.I.T. Press, 1973
  
4. Dinámica Industrial  
Jay W. Forrester  
El Ateneo, Buenos Aires, 1972
  
5. El Capital (Tomo I)  
Carlos Marx  
Fondo de Cultura Económica, 1946