

D I N A M I C A D E S I S T E M A S

D I A	H O R A	T E M A	P R O F E S O R
Mi. 6 mayo	9:00 a 10:45	El Marco de la Teoría General de Sistemas. Definiciones y Metodología General	M. en I. Francisco Alvarez Caso.
	10:45 a 11:00	Receso	
	11:00 a 13:00	Panorámica de Aplicaciones	M. en I. Francisco Alvarez Caso.
	13:00 a 15:00	Comida	
	15:00 a 16:45	Simulación Manual	Dr. Jesús Acosta Flores.
	16:45 a 17:00	Receso	
	17:00 a 19:00	Retroalimentación Dinámica. Circuitos de retroalimentación positiva y negativa.	Dr. Jesús Acosta Flores.
J. 7 mayo	9:00 a 10:45	Manual Dynamo	M. en I. Francisco Alvarez Caso.
	10:45 a 11:00	Receso	
	11:00 a 13:00	Ejemplos	M. en I. Francisco Alvarez Caso.
	13:00 a 15:00	Comida	
	15:00 a 19:00	Circuitos Acoplados de Retroalimentación	Dr. Jesús Acosta Flores.
V. 8 mayo	9:00 a 10:45	México en el año 2000.	M. en C. Marcial Portilla Robertson.
	10:45 a 11:00	Receso	
	11:00 a 13:00	Rezagos y un ejemplo	Dr. Eduardo Rivera Porto.
	13:00 a 15:00	Comida	
	15:00 a 16:45	Migración Urbana-Rural en México	M. en I. Armando Riemann González.
	17:00 a 19:00	Desarrollo de un modelo corporativo para Teléfonos de México.	Dr. Enrique Zepeda Bustos.
L. 11 mayo	9:00 a 10:45	Un modelo ecológico	M. en I. Francisco Alvarez Caso.
	10:45 a 11:00	Receso	
	11:00 a 13:00	Un modelo urbano	M. en I. Francisco Alvarez Caso.
	13:00 a 15:00	Comida	

D I N A M I C A D E S I S T _ M A S

D I A	H O R A	T E M A	P R O F E S O R
L. 11 mayo	15:00 a 16:45	Central de abastos	Act. Carlos Ayala e Izaguirre.
	16:45 a 17:00	Receso	
	17:00 a 19:00	Modelo de desconcentración.	Act. Carlos Ayala e Izaguirre.
Ma. 12 mayo	9:00 a 10:45	Instrucciones y Preparativos para procesar modelos en la computadora	M. en I. Francisco Alvarez Caso.
	10:45 a 11:00	Receso	
	11:00 a 13:00	PRACTICAS de los alumnos	M. en I. Francisco Alvarez Caso.
	13:00 a 15:00	Comida	
	15:00 a 16:45	Prácticas de los alumnos	M. en I. Francisco Alvarez Caso.
	16:45 a 17:00	Receso	
	17:00 a 19:00	Síntesis y examen de los resultados	M. en I. Francisco Alvarez Caso.

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: DINAMICA DE SISTEMAS

FECHA: del 6 de mayo al 12, 1981.

	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIO VISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD
CONFERENCISTA				
1. Francisco Alvarez Caso				
2. Jesús Acosta Flores				
3. Marcial Portilla Robertson				
4. Eduardo Rivero Porto				
5. Armando Riemann González				
6. Enrique Zepeda Bustos				
7. Carlos Ayala e Izaguirre				
8.				
9.				

ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10.

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

TEMA	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
El marco de la teoría general de sistemas. Definiciones y metodología general.					
Panorámica de aplicaciones					
Regulación manual					
Retroalimentación dinámica. Circuitos de retroalimentación positiva y negativa.					
Manual Dynamo					
Ejemplos					
Circuitos acoplados de retroalimentación.					
México en el año 2 000					
Rezagos y un ejemplo					
Regulación urbana-rural en México					

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

TEMA	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
Desarrollo de un modelo corporativo para teléfonos de México.					
Un modelo ecológico					
Un modelo urbano					
Central de abastos					
Modelo de desconcentración					
Instrucciones y preparativos para pro-					
Prácticas de los alumnos					
Síntesis y examen de los resultados.					

ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10

edcs.

CONCEPTO		EVALUACION
1	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO CON EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO CON EL CURSO	

ESCALA DE EVALUACION DE 1 A 10

1. ¿Qué le pareció el ambiente en la División de Educación Continua?

MUY AGRADABLE	AGRADABLE	DESAGRADABLE

2. Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

PERIODICO EXCELSIOR ANUNCIO TITULADO DE VISION DE EDUCACION CONTINUA	PERIODICO NOVEDADES ANUNCIO TITULADO DE VISION DE EDUCACION CONTINUA	FOLLETO DEL CURSO

CARTEL MENSUAL	RADIO UNIVERSIDAD	COMUNICACION CARTA, TELEFONO, VERBAL, ETC.

REVISTAS TECNICAS	FOLLETO ANUAL	CARTELERA UNAM "LOS UNIVERSITARIOS HOY"	GACETA UNAM

3. Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minería:

AUTOMOVIL PARTICULAR	METRO	OTRO MEDIO

4. ¿Qué cambios haría usted en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

5. ¿Recomendaría el curso a otras personas?

SI	NO

6. ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

7. La coordinación académica fue:

EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA

8. Si está interesado en tomar algún curso intensivo ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

LUNES A VIERNES DE 9 A 13 H. Y DE 14 A 18 H. (CON COMIDAS)	LUNES A VIERNES DE 17 A 21 H.	LUNES, MIÉRCOLES Y VIERNES DE 18 A 21 H.	MARTES Y JUEVES DE 18 A 21 H.

VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 14 H.	VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 13 Y DE 14 A 18 H.	OTRO

9. ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

10. Otras sugerencias:



DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

DINAMICA DE SISTEMAS
(FORRESTER)

INTRODUCCION A LA DINAMICA DE SISTEMAS
MODELO MUNDIAL

En I FRANCISCO ALVAREZ CASO

Mayo, 1981

EL MODELO MUNDIAL

ING. FRANCISCO JOSE ALVAREZ CASO.

En la sociedad primitiva los sistemas existentes eran dados en -- forma natural y sus características eran aceptadas como dones divinos, -- fuera de la comprensión y control del hombre. Este simplemente se ajus -- taba a los sistemas naturales a su alrededor y a la familia y a la tribu, -- que eran sistemas sociales creados por una evolución gradual y de -- ninguna manera habían sido diseñados. El hombre se adaptó a los siste -- mas sin sentirse obligado a entenderlos.

Al aparecer las sociedades industriales, los sistemas empezaron a -- dominar la vida al manifestarse en ciclos económicos, problemas políti -- cos, precios inestables, desempleo, etc. Pero estos sistemas sociales -- súbitamente crecieron en complejidad tanto y su comportamiento fue tan -- confuso que parecía imposible establecer una teoría general que los ex -- plicara. Gradualmente se ha hecho comprensible que la barrera para en -- tender a los sistemas ha sido, no la ausencia de importantes conceptos -- generales, sino la dificultad en identificar y expresar el cuerpo de prin --

cipios universales que explican los éxitos y fracasos de los sistemas de los que somos parte. La Economía ha identificado muchas relaciones básicas dentro del sistema industrial. La Psicología ha descrito algunas interacciones entre las personas, la Medicina ha tratado con sistemas biológicos, las Ciencias Políticas han explorado sistemas nacionales e internacionales pero la mayor parte de estos trabajos han sido verbales y cualitativos. Las descripciones realizadas no han sido suficientes para exponer la naturaleza de los sistemas. La falta de formalización matemática ha sido un grave defecto que por muchos años se han venido acarreado. Ya desde el siglo XVII Spinoza, Descartes, Leibnitz, Süssmilch y más tarde Malebranche, Hobbes, Quételet y otros trabajaron en la cuantificación de los hechos sociales y a fines del siglo XIX Francis Galton y Karl Pearson.

Los relativamente nuevos conceptos de retroalimentación en los estudios de Wiener (Cibernética) aparecen como la base largamente esperada para estructurar nuestras observaciones de los sistemas sociales. En los últimos cien años la Teoría de Sistemas se ha desarrollado aplicada a sistemas mecánicos y eléctricos. Sin embargo los sistemas físicos son mucho más sencillos que los biológicos o los sociales y es únicamente hasta hace dos décadas que los principios de interacción dinámica en los sistemas se han desarrollado lo suficiente como para ser prácticos y útiles al tratar con los sistemas sociales. Ahora es posible estructurar todas las observaciones políticas, sociológicas, psicológicas -

antropológicas, etc. que anteriormente sólo eran testimoniales y relacionarlas con los proyectos de infraestructura con objeto de estudiar los mecanismos sociales, sus repercusiones y efectos en el medio.

Dentro de las metodologías aplicables a los Sistemas Sociales encontramos: Pronósticos Tecnológicos, Método Delphi, Construcción de Escenarios, Técnicas de Búsqueda y Escalonamiento, Procesos Estocásticos, Simulación por Juegos, Juegos, etc. etc.

Es importante mencionar que una de las formas de estudiar la Dinámica de los Sistemas Sociales es mediante modelos de Simulación Dinámica, los cuales consisten en plantear ecuaciones diferenciales con base en el tiempo para explicitar los mecanismos actuantes en un Sistema Social y poder así simular el comportamiento del sistema a través del tiempo y a la vez experimentar cambios radicales en el sistema para poder pronosticar los efectos posteriores.

Existe desde hace veinte años un lenguaje dinámico de simulación llamado DYNAMO que ha evolucionado desde su versión original DYNAMO I pasando por DYNAMO II hasta DYNAMO III que apareció en 1972.

Una de las características más importantes de este lenguaje es que permite formar las ecuaciones diferenciales por segmentos aislados de razonamientos particulares, resultando un contexto, en donde el manejar las ecuaciones en forma desagregada por incrementos finitos, ni

quiera se llega a conocer la ecuación diferencial, pues ésta se maneja implícitamente al operar las características del compilador DYNAMO - que traduce y corre los modelos.

El uso de los lenguajes de simulación dinámica DYNAMO I y DYNAMO II son idénticos salvo por dos o tres características distintivas de DYNAMO II, una de ellas es la posibilidad de usar hasta 1 000 ecuaciones.

DYNAMO III aumenta notablemente la capacidad para manejar arreglos o vectores pudiendo desagregar notablemente los modelos, por ejemplo en los demográficos, se pueden manejar grupos de edades lo cual - estaba muy limitado en las versiones anteriores. Existe todavía un desarrollo posterior en 1972, aparece "GAMING DYNAMO". En los modelos - DYNAMO I, II ó III el usuario debe diseñar todas las reglas de decisión para cubrir cualquier eventualidad. Si las reglas están bien diseñadas el modelo responde a circunstancias inesperadas, sin embargo tal esfuerzo - puede parecer prematuro en los primeros desarrollos del modelo.

Generalmente el usuario debe experimentar con su modelo para - aprender más de él, antes de establecer reglas de decisión.

GAMING DYNAMO ofrece la particularidad de que durante una corrida de simulación, DYNAMO se para, imprime el nivel alcanzado de simulación y le pregunta al usuario para que éste realice una serie de do-

cisiones, DYNAMO continúa por un período determinado de simulación y repite el proceso.

Al poder intervenir durante la simulación el usuario se familiariza con el medio modelado y en varias corridas es fácil establecer los análisis de sensibilidad, usando reglas de decisión para lograr alcanzar el objetivo, cualquiera que éste sea.

Sin embargo, es necesario formalizar y organizar los sistemas sociales, sometiéndolos a un proceso metodológico que nos permita obtener el máximo provecho de la aplicación de estas técnicas de simulación. Es inútil desde el punto de vista profesional ahondar en investigaciones que conduzcan a la solución de problemas no prioritarios e incompatibles políticamente.

Los esfuerzos deberán estar encaminados a proponer soluciones que sean implementables y de alta prioridad, de otra forma no se aprovechará el esfuerzo desarrollado.

Dentro de los objetivos del estudio de la Dinámica de los Sistemas Sociales se especifica alcanzar un estado de control del sistema — que lo estabilice. El resto de los objetivos dependerá básicamente del sistema tratado.

Veamos el guión metodológico que permite integrar la información — para su síntesis mediante el modelo de simulación dinámico.

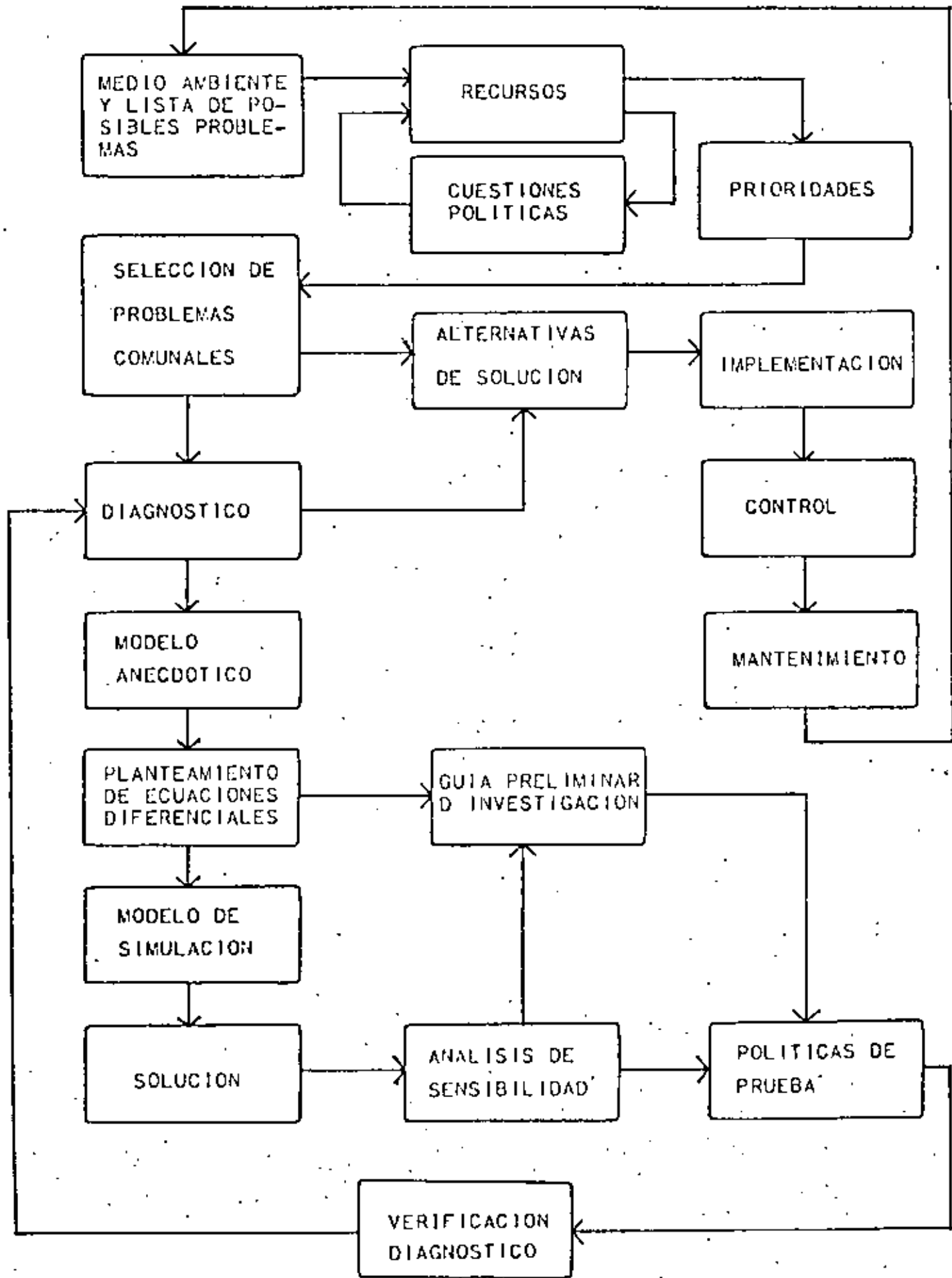
GUIÓN METODOLÓGICO.

1. Como resultado de nuestra interacción con el medio ambiente podemos generar una lista de problemas probables o actuales captados por nosotros en nuestra calidad de investigadores de la Dinámica de Sistemas Sociales.
2. Para poder elegir un problema para su estudio y solución es determinante establecer los recursos disponibles, y las cuestiones políticas que aunados al contexto nacional nos determinan las prioridades, originando una lista selectiva de problemas comunales.
3. Una vez elegido el problema, es necesario establecer secuencialmente el diagnóstico, un modelo anecdótico, el planteamiento de las ecuaciones diferenciales, su integración a un modelo de simulación, la solución de dichas ecuaciones, el análisis de sensibilidad y las políticas de prueba, la calibración o verificación del diagnóstico y las proposiciones de solución.
4. Una vez contando con las proposiciones de solución debemos consultar nuevamente las restricciones de prioridad para poder proceder a diseñar la implementación y control.

Al realizar nuestra investigación es posible simplificarlas en cuanto a las investigaciones subyacentes particulares correspondientes a la-

determinación de ciertos mecanismos sociales que se manifiestan mediante las pruebas de hipótesis.

Se ha comprobado que si se logra obtener la estructura del sistema que se va a simular se establecen ciertas características intrínsecas debidas a esta estructura que no se dan, si se manejan las componentes del sistema en forma individual, sin embargo es posible detectar mediante análisis de sensibilidad basados en hipótesis no comprobadas la influencia que tendrán dichas hipótesis en los resultados finales del modelo de simulación y por lo tanto es posible generar una guía preliminar de investigación para asignar o no recursos a la comprobación de estas hipótesis, dependiendo de los resultados de los análisis de sensibilidad.



Veamos un ejemplo de una Simulación Dinámica de un Sistema Social, donde se estudian las interacciones básicas entre el crecimiento de la población y la acumulación de capital y cuyo resultado es el establecimiento de varias políticas alternativas de acción.

MODELO ANECDOTICO.

Una cantidad dada de capital industrial puede producir anualmente ciertos productos. Algunos de estos productos son inversiones en forma de fábricas y máquinas que aumentan el nivel del Capital el año siguiente. Al dejar de usar una fracción de la producción en inversiones la tasa de crecimiento del Capital disminuye. La Producción puede usarse en consumo y servicios, agricultura y gastos militares. Al aumentar el Consumo y los Servicios, la salud y la educación mejoran, el promedio de la esperanza de vida aumenta, las defunciones disminuyen y la población aumenta. Este aumento en la población se ve aminorado por la influencia que el aumento del promedio de la esperanza de vida tiene en la tasa de natalidad.

Al aumentar la probabilidad de Supervivencia debido al incremento de la esperanza promedio de vida, el número deseado de niños por una gran parte de la humanidad como apoyo para la vejez y para otras funciones sociales disminuye y asimismo la tasa de nacimientos.

Al usar la producción para formar capital agrícola, se hace posible

una mayor producción de alimentos que puede conducir a niveles mayores del promedio de esperanza de vida. El determinante principal de la fracción de producción invertida en agricultura o reinvertida en la industria es la producción per capita.

Si la producción per capita es baja, la mayor parte de la producción debe usarse en consumo, bienes y alimentos. Por lo tanto se invertirá menos en crear un gran capital industrial básico. A la vez la alta tasa de natalidad asociada con bajos niveles de industrialización estimula el crecimiento de la población. Por estas razones, la población tiende a aumentar mucho más fácilmente que el capital en las sociedades tradicionales, especialmente si ha habido ayuda médica del exterior que disminuya la tasa de mortalidad sin afectar la tasa de nacimientos.

La producción industrial lleva al agotamiento de los recursos naturales. Al disminuir los recursos naturales, la eficiencia del capital disminuye pues debe dedicarse más capital a minería y a transportar combustibles pobres. Si todo lo demás se mantuviera igual, esto tendería a disminuir la producción a partir de un capital dado.

Un incremento en la producción tiene un efecto adicional; la producción industrial y agrícola genera polución. La polución tiene grandes efectos negativos en la producción de alimentos y en el promedio de la esperanza de vida.

Este modelo es una gran simplificación del modelo mundial, sin embargo una gran cantidad de problemas tienen sus raíces en este conjunto de interacciones.

Vemos cómo se forma el diagrama causal dinámico a partir del modelo anecdótico. Se usan los nombres de las variables unidos por una flecha con un signo en la flecha que indica el sentido de (+) aumento o disminución (-) que tiene la variable flechada respecto a la variable de la cola de la flecha, o sea:

No. nacimientos $\xrightarrow{+}$ población

al aumentar el No. de nacimientos aumenta la población.

Aparición de Catástrofes

Epidemias, etc. $\xrightarrow{-}$ población

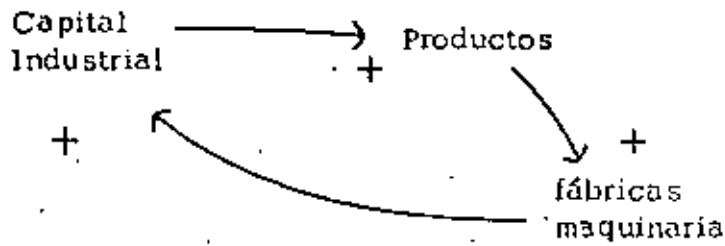
al haber catástrofes, epidemias, etc. la población disminuye.

Veamos cómo se inicia la formación del diagrama causal dinámico:

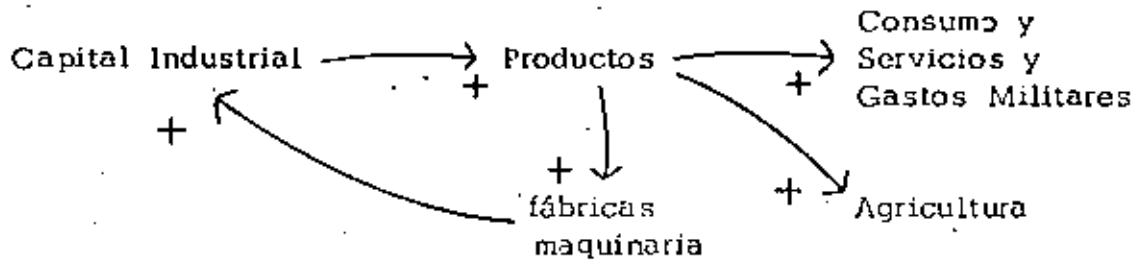
"Una cantidad dada de capital industrial puede producir anualmente ciertos productos".

Capital Industrial $\xrightarrow{+}$ Productos

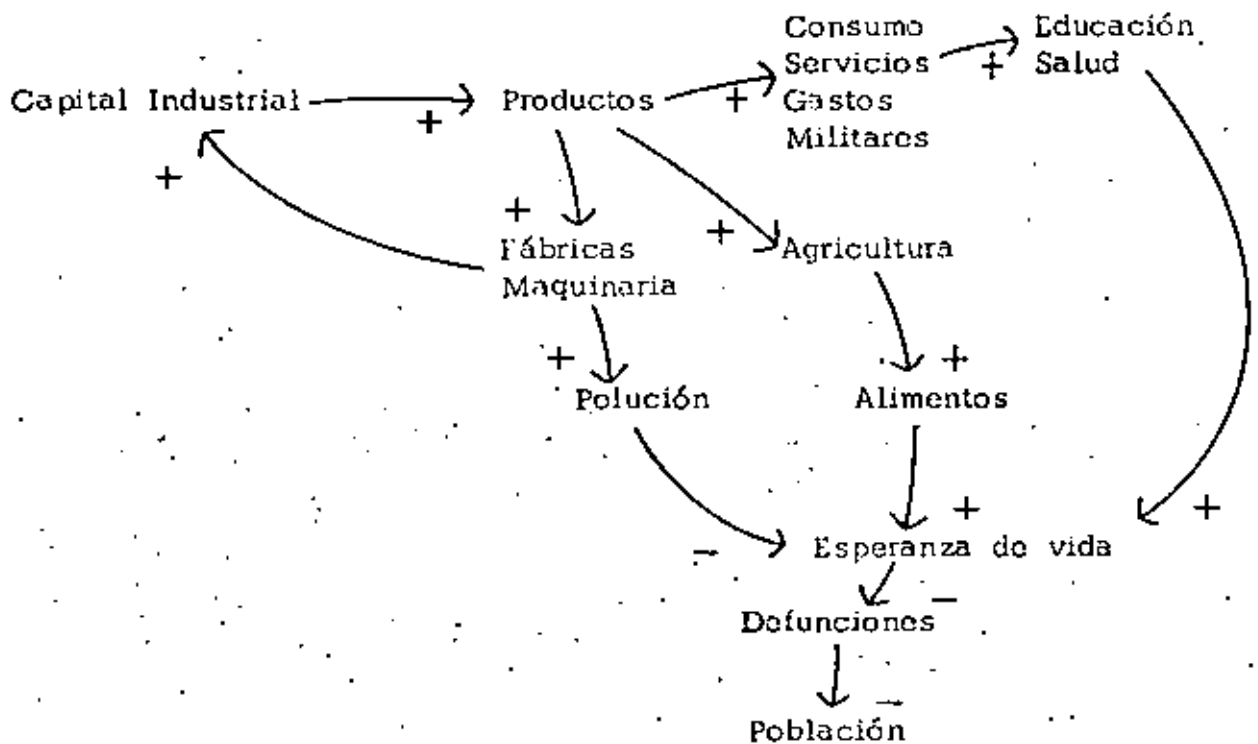
"Algunos de estos productos son inversiones en forma de fábricas y maquinaria que aumentan el capital el año siguiente"



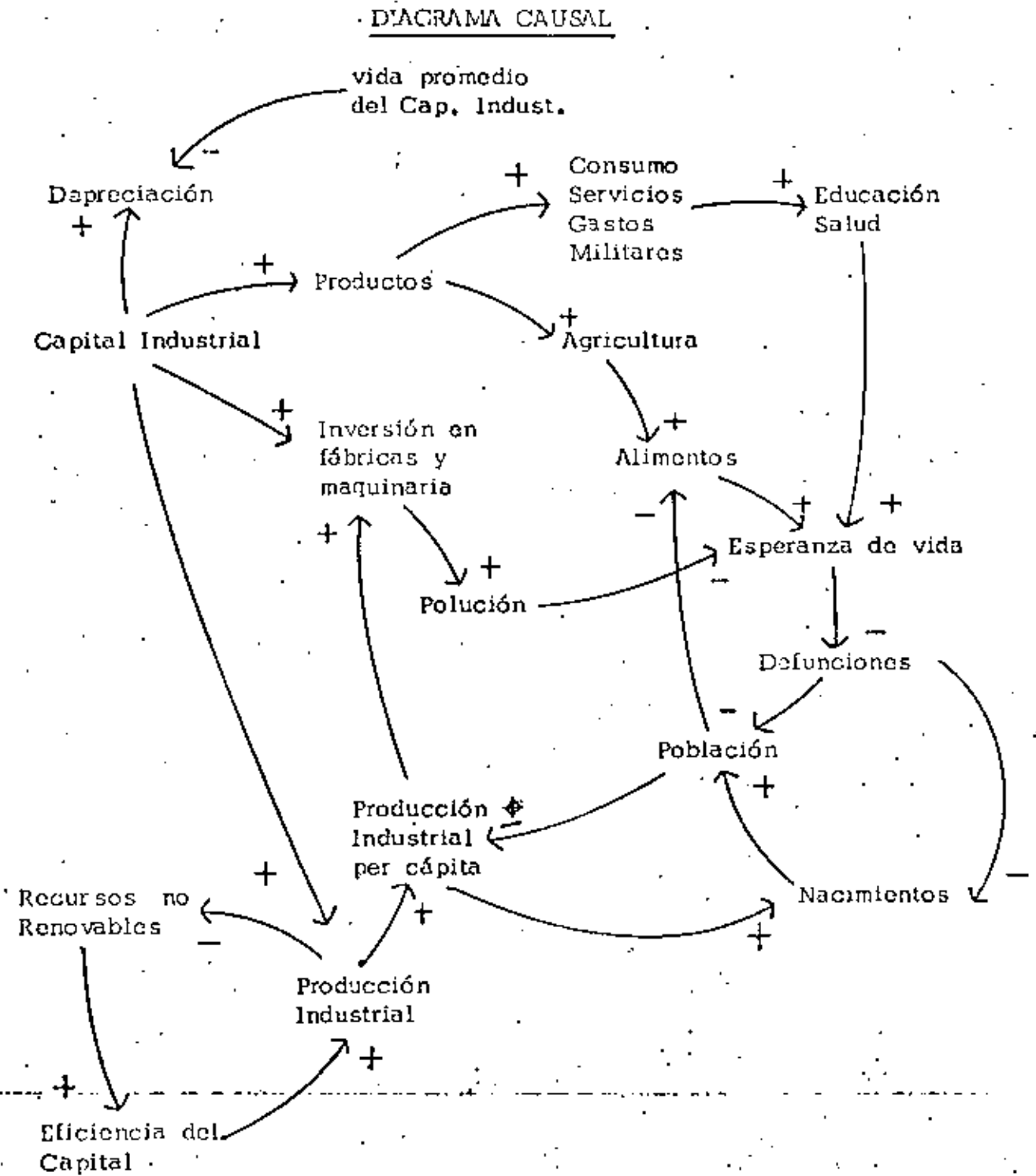
"Al usar una fracción de la producción en consumo servicios, agricultura y gastos militares"



"La educación y la salud mejoran, el promedio de la esperanza de vida aumenta, las defunciones disminuyen y la población aumenta"



Así puede continuarse hasta formar todo el diagrama:



Una vez obtenido el diagrama causal, se procede a formar el diagrama DYNAMO para el cual se usa la siguiente simbología



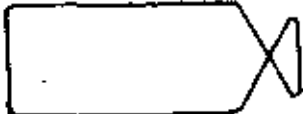


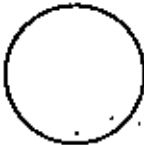

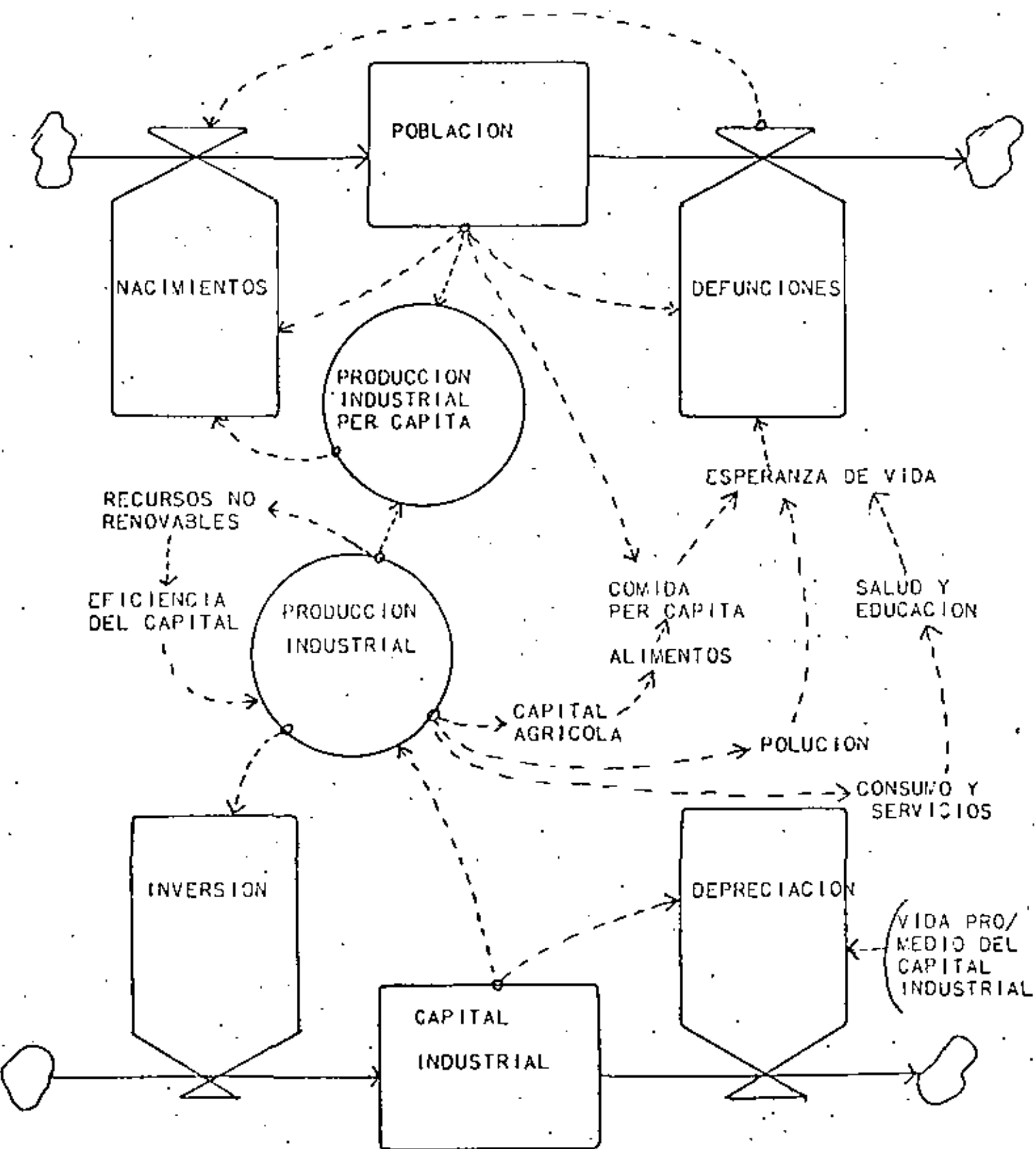
<u>Símbolo</u>	<u>Nombre y Significado</u>
	Fuente o sumidero
	Nivel: es el resultado de la acumulación o disminución de flujo, vgr. el resultado de integrar.
	Tasa de flujo.
	Flujo físico.
	Flujo de información o dependencia funcional.
	Variable auxiliar en la formulación de una tasa.
	Una constante.

DIAGRAMA DYNAMO



Después de establecido el Diagrama DYNAMO se obtienen las ecuaciones correspondientes. En el curso DINAMICA DE LOS SISTEMAS SOCIALES se explica cómo obtener estas ecuaciones e implementarlas en computadora: Dado que el tema es sumamente vasto, aquí no se trata. Sin embargo, sí se indicarán las conclusiones obtenidas y algunas gráficas.

CONCLUSIONES BASICAS.

1. En la mayor parte de las sociedades contemporáneas la fuerza dominante del cambio socioeconómico está dada por la producción industrial y el crecimiento exponencial de la población.

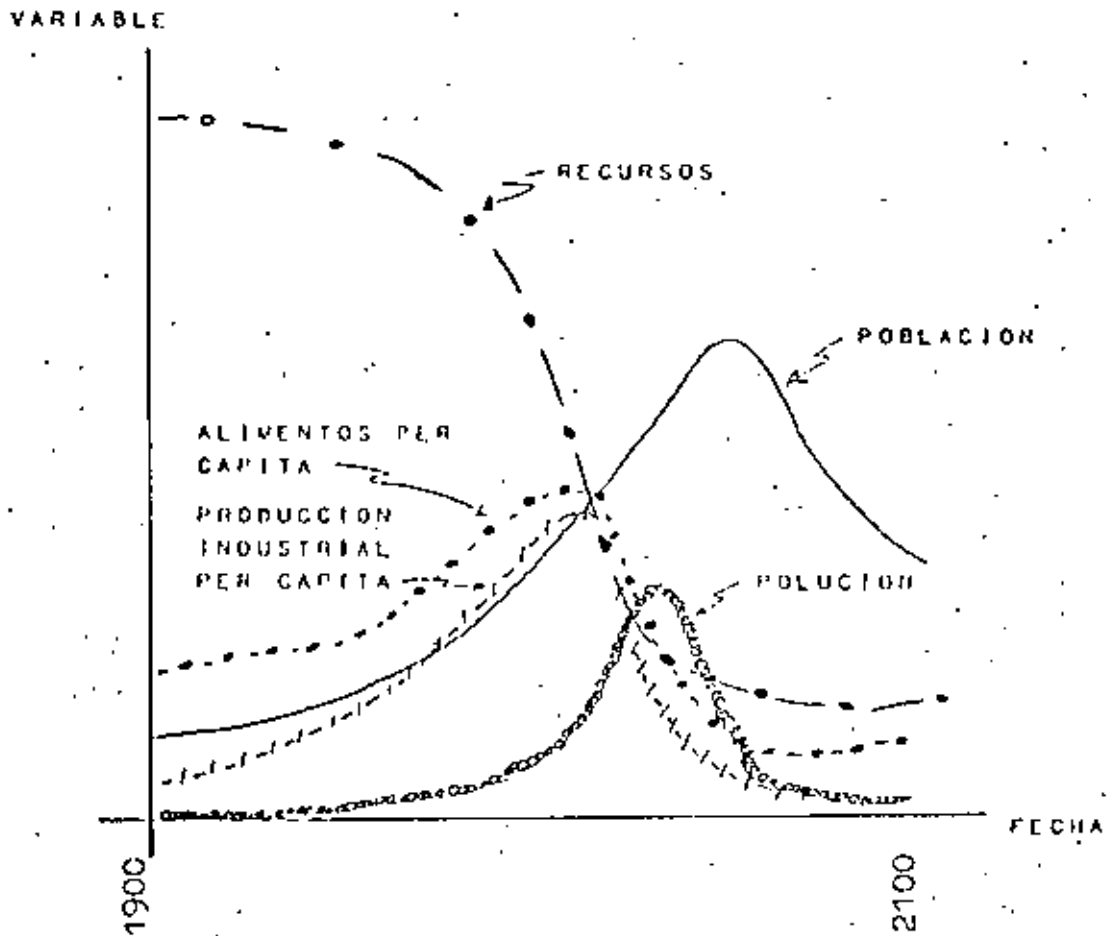
2. Las tasas actuales de producción y crecimiento demográfico no pueden mantenerse indefinidamente.

Con las tendencias actuales el crecimiento llegaría a límites físicos importantes en 50 ó 100 años más.

3. El crecimiento disminuirá mediante un acomodo ordenado de los límites mundiales o sea una transición hacia el equilibrio o a través del rebasamiento brusco de estos límites seguido por un declinamiento incontrolable.

4. Debido a las demoras en los bucles de retroalimentación que gobiernan la producción y la población, es muy probable que rebasen los límites de crecimiento.

Esto es una característica intrínseca del sistema mundial, por lo menos mientras se siga promoviendo el sistema de valores implícitos — que promueve el crecimiento. Ver gráfica siguiente:



La terminación de Recursos ocasiona que el crecimiento cese.

5. Las soluciones tecnológicas diseñadas para disminuir las presiones causadas por el crecimiento sólo servirán para posponer la caída, sólo si no están acompañadas por cambios que disminuyan los factores sociales económicos y políticos que causan el crecimiento.

6. Parece ser posible identificar estados alternativos de equilibrio en una escala mundial en donde la población y la producción son -- esencialmente constantes y se encuentran en equilibrio con los recursos finitos del medio. Estos estados pueden definirse de forma que satisfagan las necesidades fundamentales del hombre, permitan el progreso cultural y mantengan a la sociedad actual.
7. No existe un nivel óptimo a largo plazo de nivel de población. Más bien existe un conjunto de alternativas respecto a libertad -- personal, estandar de vida física y social y nivel de población. Dado el número finito de recursos que disminuyen en la tierra, en caramos la inevitable necesidad de reconocer que una mayor pobla- ción implica a la larga un nivel estandar de vida más bajo.
8. Puesto que las demoras involucradas en formular una transición or- denada a cualquier estado de equilibrio son muy largos, 50 a 150- años o más es esencial que la sociedad empiece a detener las pro- mociones implícitas de crecimiento. Cada año de demora disminu-- yen las opciones a largo plazo y baja la probabilidad de obtener -- un estado de equilibrio.

Estas conclusiones datan de 1972 y fueron escritas por los miem--
bros del Grupo de Dinámica de Sistemas del Instituto Tecnológico de --
Massachusetts al explorar la naturaleza y las implicaciones del crecimien-
to físico en un planeta finito.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**DINAMICA DE SISTEMAS
(FORRESTER)**

**MANUAL, ELEMENTOS DE SISTEMAS, MODELO
ECOLOGICO, Y TEORIA**

Escrito por FRANCISCO ALVAREZ CASO

MAYO, 1981

C O N T E N I D O

	pág.
I. INTRODUCCION	1
II. MODELOS	2
III. EL COMPILADOR DYNAMO	5
IV. PROCESAMIENTO DYNAMO	7
V. SECUENCIA COMPUTACIONAL	14
VI. NOMENCLATURA DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO	16
VII. ESCRITURA DE ECUACIONES	17
VIII. FUNCIONES INTRINSECAS	22
IX. FUNCIONES MACRO	30
X. INSTRUCCIONES Y TARJETAS DE CONTROL PARA PROCESAR DYNAMO	31
XI. DESARROLLO DE UN EJEMPLO	37
XII. ANALISIS DE SENSIBILIDAD	41
XIII. DESARROLLO DE OTROS EJEMPLOS	42
XIV. OTRAS APLICACIONES	171
XV. BIBLIOGRAFIA	175

XVI.	LA TEORIA DEL SISTEMA GENERAL	176
XVII	PRIMER PRONBLEMA	176
XVIII	SEGUNDO PROBLEMA	179
XIX	MODELO MATEMATICO GENERALIZADO DEL SISTEMA DE MEDICION	190
XX	DIFERENCIA ENTRE PROBLEMAS	200
XXI	UNA TEORIA SOCIAL	204
XXII	DISEÑO DE SISTEMAS	208
XXIII	UNA COMUNIDAD URBANA	212
XXIV	UN MODELO ECOLOGICO EN DETALLE	250
XXV	ELEMENTOS TEORICOS DE LA DINAMICA DE SISTEMAS	284

INDICE DE LOS EJEMPLOS

	pág.
1. MODELO DINAMICO DE SIMULACION DEL DESARROLLO URBANO I	42
2. MODELO DINAMICO DE SIMULACION DEL DESARROLLO URBANO II	50
3. DESARROLLO DE UN EJEMPLO DE PLANEACION URBANA	57
4. RESOLUCION A UN PROBLEMA DE TIPO AGRICOLA	75
5. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HUMANOS ESPECIALIZADOS EN EL MERCADO ACTUAL	92
6. MODELO RESIDENCIAL	108
7. MODELO RESIDENCIAL MODIFICADO	115
8. UN MODELO DE SIMULACION APICOLA	139
9. INTRODUCCION A UN MODELO GRAVITACIONAL	174

I. INTRODUCCION

La impartición del curso Dinámica de Sistemas Sociales, en la Sección de Planeación de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, dió origen a este trabajo, mismo que a partir de 1978 se ha ido complementando para utilizarlo como ayuda a este curso.

Para la realización de este trabajo se tomó como base el "DYNAMO USER'S MANUAL, BURROUGHS 1972", al cual se le -- añadieron varios ejemplos diferentes a los que contiene el manual original, dichos ejemplos son modificaciones de algunos modelos tomados de la bibliografía y otros son originales del autor.

El estudio de estos modelos permite adiestrar a los alumnos en la producción de modelos mucho más complejos y elaborados que resuelven un sinnúmero de problemas de Planeación.

Por este medio quiero expresar mi agradecimiento a mis alumnos de la División de Estudios de Posgrado de Ingeniería de la Sección de Planeación y a los de la División de Estudios de Posgrado de Arquitectura del Area de Tecnología, que se encargaron de procesar algunos modelos que aquí se incluyen y cuya colaboración me fue sumamente valiosa.

II MODELOS

La palabra "modelo" se usa como un sustantivo, un adjetivo y un verbo, en cada caso tiene distinto significado. Como sustantivo, modelo es una representación en el sentido en el cual un arquitecto construye un modelo a escala o la maqueta de un edificio. Al usarlo como adjetivo modelo, implica un grado de perfección o idealización; el alumno modelo. Cuando se usa como verbo modelar significa demostrar, revelar, indicar cómo es una cosa.

Todos los modelos representan estados, objetos y eventos. Se idealizan en el sentido de que son menos complicados que la realidad y por lo tanto más fáciles para usarlos en investigación. Su simplicidad radica en el hecho de que sólo los aspectos relevantes de la realidad se representan, como el caso de un mapa de carreteras que es un modelo de la superficie terrestre y ahí no se contemplan los habitantes, las casas, los cultivos, etc, pues no son relevantes respecto al uso del mapa.

Los modelos se usan para acumular y relacionar nuestro conocimiento de diferentes aspectos de la realidad, y más que esto, sirven como instrumentos para explicar el pasado y el presente y para predecir el futuro.

Existen tres tipos básicos de modelos:

ICONICOS. Son representaciones de la realidad a escala ;vgr. un avión a escala, una maqueta de un edificio, etc.

ANALOGICOS. Utilizan otras propiedades diferentes de la realidad, o sea que se usa una propiedad para representar a otra; por ejemplo en un mapa para representar los usos del suelo-usamos colores; la regla de cálculo es un modelo analógico en el cual las cantidades se representan por distancias proporcionales a sus logaritmos; las gráficas donde se representan propiedades

tales como costos, tiempo, población, porcentajes, también son modelos analógicos.

SIMBOLICOS. Representan las propiedades de la realidad simbólicamente. Una relación mostrada en una gráfica también se puede representar en una ecuación; la ecuación es un modelo simbólico.

Los modelos donde los símbolos empleados representan cantidades se llaman modelos matemáticos. Dentro de los modelos matemáticos tenemos los modelos de simulación dinámica que se clasifican en modelos de tiempo continuo y modelos de eventos discretos o discontinuos.

Los modelos de eventos discretos cambian de estado cuando ocurre algún evento determinado. Este cambio ocurre generalmente en intervalos de tiempo irregulares. El modelo así construido describe actividades o entidades y eventos, y su interrelación, disparándose así, diferentes acciones que simulan la realidad que cambia según mecanismos lógicos preestablecidos. Dentro de este tipo de modelos tenemos a SIMSCRIPT, GASP, GPSS, SIMULA, algunos usos son: Simulación de un sistema telefónico, de una tienda de autoservicio, de una fábrica, de la avenida de un rfo, de un cruce urbano con semáforos, etc.

Los modelos continuos: DYNAMO, CSSL, SAS II (*) se llaman así porque el tiempo que es una variable independiente del sistema avanza en pequeños incrementos uniformes finitos. En este tipo de lenguajes todo el sistema se reevalúa (digital o analógicamente) en cada intervalo de tiempo transcurrido. Desde este punto de vista la simulación continua se parece a la simulación analógica que resuelve sistemas de ecuaciones diferenciales. Al modelar, las ecuaciones expresan: la teoría de operación del sistema y una visión panorámica completa de las interrelaciones causa-efecto durante el tiempo transcurrido

de las variables que intervienen.

Generalmente estos modelos requieren menos información que los discretos pero necesitan de un estudio muy profundo de los mecanismos actuantes.

* Simulador Analógico desarrollado en el Instituto de Ingeniería, codificado en ALGOL para la Burroughs 6700.

III. EL COMPILADOR "DYNAMO"

DYNAMO es un compilador para traducir y correr modelos continuos que han sido descritos por un conjunto de ecuaciones diferenciales. El compilador fue desarrollado por el grupo de dinámica industrial en el Instituto Tecnológico de Massachussets para realizar simulaciones de negocios, modelos económicos y modelos de sistemas sociales y actualmente se usa para simular cualquier sistema continuo.

DYNAMO se diseñó para personas cuya principal actividad es la de resolver problemas, dirigiendo sus esfuerzos básicamente a esta actividad evitando distracciones en complejos requerimientos computacionales.

DYNAMO aparece originalmente según Alexander L. Pugh III como un programa llamado SIMPLE (Simulation of Industrial Management Problems) fue escrito por Richard K. Bennet en 1958 para una IBM 704. El modelo evolucionó en 1959 apareciendo como DYNAMO de DYNAMIC MODELS y fue escrito por el Sr. Phyllis Fox y la Sra George Sternlieb y el Sr. Alexander L. Pugh III.

En 1962 el Sr. Jay W. Forrester modificó el paquete haciéndolo compatible para operar en tiempo compartido ; esto hizo posible crear, corregir y correr el modelo en pocas horas.

En 1965 se escribió otra vez DYNAMO eligiendo como lenguaje fuente el ALGOL AED (Algol Extended for Design) pues en ese entonces era uno de los lenguajes suficientemente poderoso y disponible en el Tecnológico de Mass. DYNAMO II se diseñó para aceptar modelos escritos con DYNAMO I con muy pocos cambios.

Como respuesta a la demanda en 1971 se desarrolló una

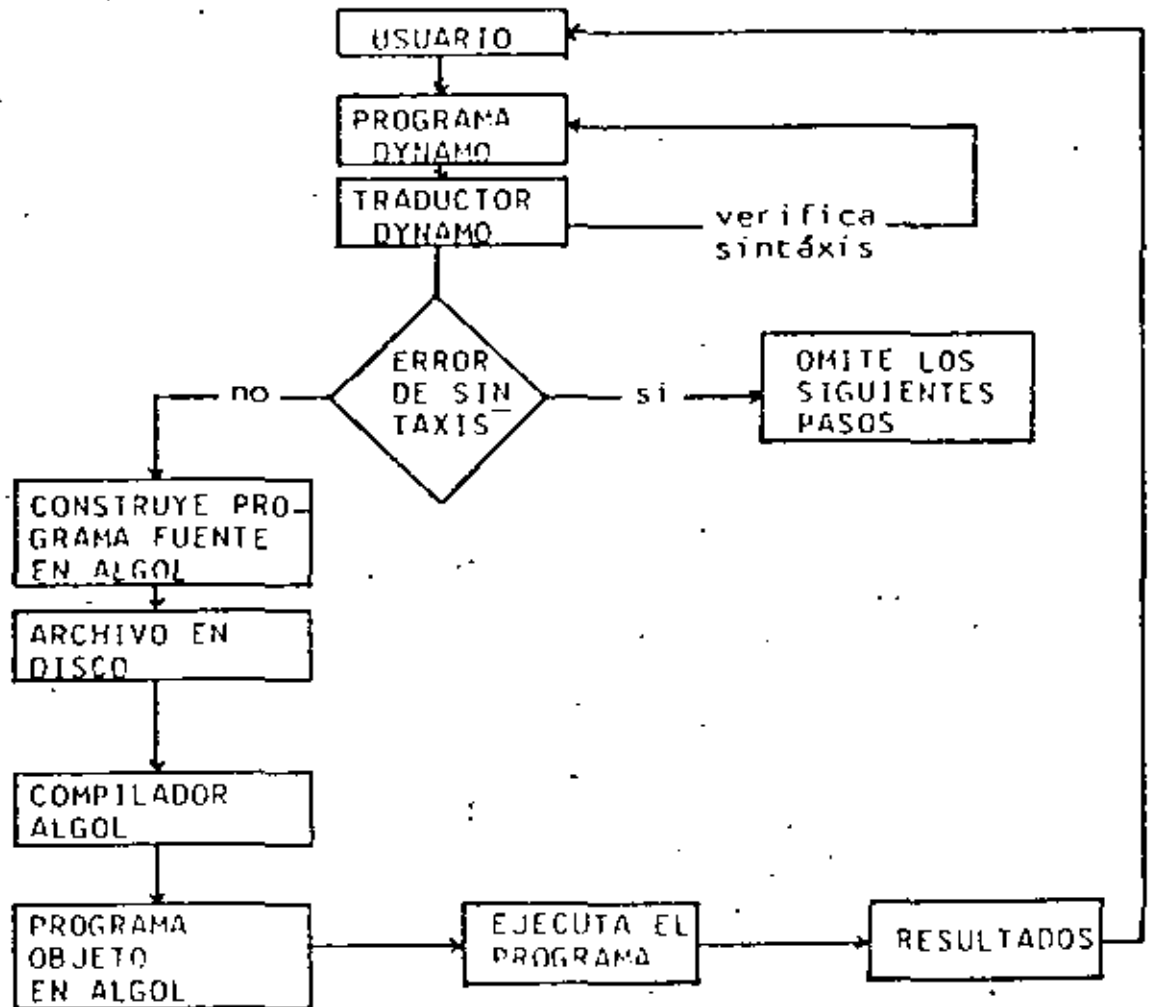
versión de DYNAMO interactiva; durante la simulación, el usuario puede examinar el estado del sistema simulado y decidir acciones que él considere apropiadas, se conoce como GAMING DYNAMO.

Para responder al creciente número de modelos que tienen sectores que se repiten varias veces con objeto de representar la realidad de una manera más desagregada se le añadió la capacidad de manejar arreglos vectoriales. Este lenguaje se conoce como DYNAMO III.

En 1976 se comenzó a desarrollar DYNAMO para implementarlo en minicomputadoras.

IV PROCESAMIENTO DYNAMO

El programa DYNAMO que el usuario diseña es leído por el traductor DYNAMO que verifica la sintáxis y construye un programa fuente en ALGOL creando un archivo en disco. Después de terminar el trabajo anterior el traductor DYNAMO se conecta (ZIP) al compilador ALGOL para realizar la compilación del código emitido. El compilador ALGOL compila el programa fuente resultando un código o programa objeto que al ejecutarse nos presenta los resultados.



Para el uso de DYNAMO se requieren de dos elementos - básicos, el que llamaremos teórico y el que llamaremos mecánico.

El teórico se refiere a cómo realizar la investigación para resolver problemas, cómo plantear los problemas, - cómo concebir el modelo, cómo calcular los parámetros, cómo elegir las variables, cómo realizar los análisis de sensibilidad, etc.

El otro aspecto, el mecánico, se refiere a cómo introducir los datos a la computadora para simular el problema.

Analizaremos brevemente el elemento teórico:

En la solución de problemas generalmente se tienen dos aspectos, solución a problemas no sociales y solución a problemas sociales. La solución a problemas no sociales se realiza planteando ecuaciones con incógnitas, que al ser resueltas y encontradas las incógnitas queda resuelto el problema. En estos casos la simulación se usa cuando las condiciones para las que se obtuvieron las ecuaciones cambian con el tiempo y el problema requiere de una solución dinámica, encontrándose una gama de valores que resuelven el problema en el tiempo.

Cuando los problemas son sociales la técnica varía y lo que se requiere como solución es realizar el planteamiento siendo éste la solución. Estos casos también pueden ser resueltos por simulación, pues la estructura del modelo se va formando con el sistema causa-efecto hasta llegar a modelar o formar a la medida del problema una estructura DYNAMO o sea un modelo dinámico de simulación que nos represente la realidad, y que nos permita estudiarla haciendo experimentos determinados según las necesidades.

Ya sea que se trate de problemas sociales o no sociales en general se sigue la siguiente secuencia:

1. **Módulo Anecdótico.** Es una descripción verbal sintetizada del problema, donde se destacan los principales mecanismos, las variables, los parámetros, etc.
2. **Diagrama Causal.** Es un diagrama donde se interrelacionan las principales variables usando flechas y un signo + o - que indica si las variables interrelacionadas crecen o decrecen en el contexto del modelo.
3. **Diagrama de Flujo DYNAMO.** Se forma con la nomenclatura DYNAMO como se verá posteriormente. Permite observar claramente el camino que siguen los flujos dentro del sistema ilustrando las tasas, los niveles, los canales de información, los flujos de insumos o productos o personas o dinero etc. El diagrama permite realizar una rápida verificación de la lógica del sistema y apreciarlo globalmente.
4. **Ecuaciones DYNAMO.** Son las ecuaciones que forman el programa DYNAMO y que se deducen con ayuda del diagrama anterior.
5. **Variación de Parámetros o Análisis de Sensibilidad.** Generalmente se puede realizar en una misma corrida dando instrucciones que indiquen que al terminar la primera corrida continúe corriendo una segunda o tercera vez o más pero con algunos parámetros modificados.
6. **Modificaciones al Modelo y Ajustes de Escalas.** El modelo puede modificarse una vez hechas las primeras corridas para lograr algún objetivo, el rango de las escalas puede ajustarse para que las gráficas queden acotadas según nuestros deseos y/o agrupadas en las mismas escalas.

7. Validación del Modelo. Se refiere a hacer que el modelo repase valores históricos conocidos que sabemos ocurrieron, esto con una corrida simulando el periodo histórico; la validación o calibración consiste en adecuar el modelo de tal forma que represente el periodo histórico. Este aspecto no siempre se realiza, pues al tratar de pronosticar el futuro si la historia del fenómeno no se conoce difícilmente podrá realizarse la calibración o validación.

Veamos ahora el elemento mecánico. Una herramienta básica de la simulación es el proceso de integración. La integración aparece en toda la naturaleza y es esencial para representar el proceso de cambio en los sistemas. Es el proceso que relaciona una cantidad con su tasa de cambio temporal. Se puede pensar que la distancia recorrida por un vehículo en un cierto tiempo es la integral en todo el intervalo de la función que represente la tasa de cambio de posición del vehículo. Veamos un ejemplo: Si un automóvil se mueve a una velocidad constante de 60 km/hora en 4 horas habrá recorrido 240 km. Esto podemos calcularlo así:

$$\frac{ds}{dt} = 60 ; ds = 60 dt ; S = \int_0^4 60 dt.$$

$$S = 60 (t) \Big|_0^4 = 240$$

DYNAMO usa otra forma para resolver el mismo problema: La ecuación computacional que usa llamada de nivel es del tipo:

$$\text{RECORRIDO ACTUAL} = \text{RECORRIDO ANTERIOR} + \text{TIEMPO TRANSC.} \times \text{TASA DE CAMBIO}$$

Para la primera hora tenemos:

$$S = 0 + (1 \text{ hora}) \times 60 = 60$$

Para la segunda hora:

$$S = 60 + (1 \text{ hora}) \times 60 = 120$$

Para la tercera hora:

$$S = 120 + (1 \text{ hora}) \times 60 = 180$$

Para la cuarta hora:

$$S = 180 + (1 \text{ hora}) \times 60 = 240 \text{ km.}$$

Esta forma de resolver el problema es más elaborada para este caso donde la tasa es constante. Si la tasa fuera variable, primero habría que encontrar la función que la represente en el tiempo y después integrarla para obtener el resultado. Si esta función no es sencilla el proceso de integración se dificulta y caeremos en lo que hace DYNAMO. Para cada intervalo de tiempo escogido considerará que la tasa es constante durante el intervalo e integrará. Si reducimos este intervalo lo suficiente tendremos una buena precisión.

Para manejar el tiempo DYNAMO usa índices, J, K y L para indicar:

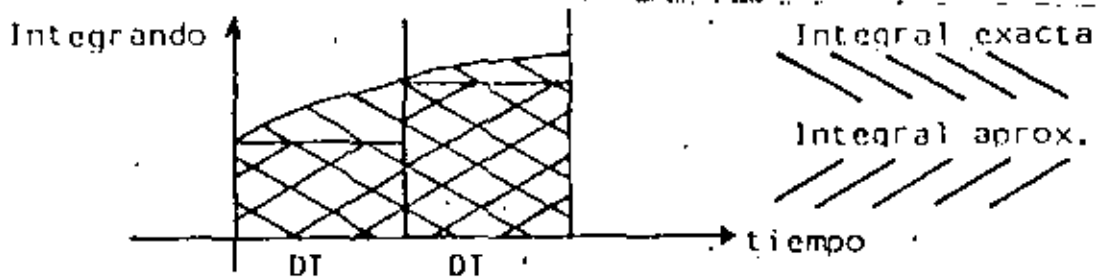
- K. Hoy, este momento, este segundo, etc.
- J. Ayer, el momento anterior, el segundo anterior, etc.
- L. Mañana, el momento siguiente, el próximo segundo, etc.
- JK Intervalo de tiempo de ayer a hoy, etc.
- KL Intervalo de tiempo de hoy a mañana, etc.

Estos intervalos de tiempo tienen una medida que se llama DT (delta time). Usando esta notación la ecuación anterior queda de la siguiente forma:

$$S.K = S.J + (DT)(V.JK)$$

donde $V.JK = 60$

$V.JK$ es la tasa que en este caso la consideramos constante, si la tasa varía muy aprisa para tener cierta exactitud debemos operar la ecuación digamos cada minuto o cada segundo depende de que tan aprisa varíe V . Y consideraremos constante la tasa en el intervalo reducido, se puede resolver con la exactitud que se quiera basta escoger a DT muy pequeño.



Tasa de sistemas donde el flujo se conserva:

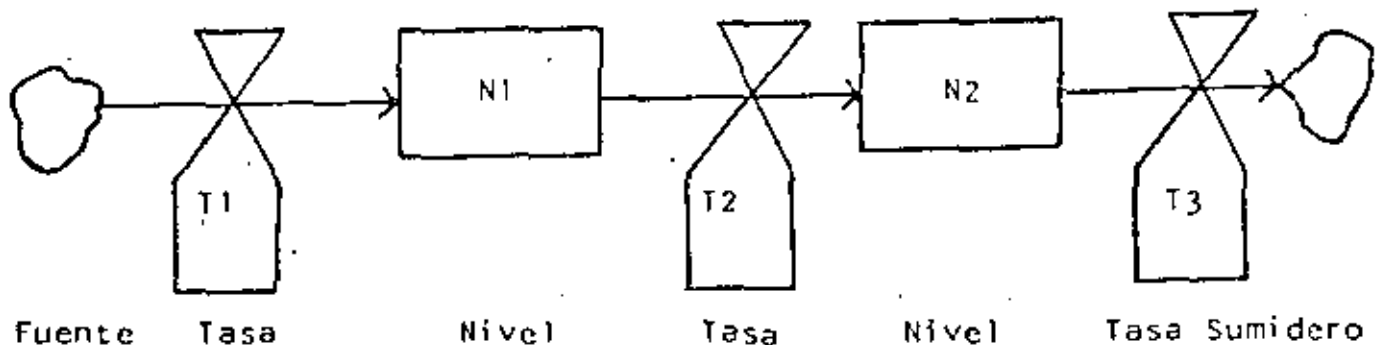
El ejemplo del automóvil es típico, así como el caso del flujo de algún líquido a un tanque, el flujo de personas a una población, el flujo de corriente eléctrica a un condensador, el flujo de tareas en una fábrica, etc.

En cada caso existe un flujo que se mueve sin ser creado o destruido en el proceso. Las partes de nuestros modelos que tienen esta característica las identificaremos como subsistemas que se conservan y llamaremos a estos flujos tasas.

En estos sistemas las tasas de cambio de los niveles toman la forma de simples sumas o diferencias de tasas. Hay una forma típica en que aparecen dos niveles que son controlados por tasas.

El nivel N1 es alimentado por la tasa T1, pero a la vez la tasa T2 le quita y alimenta a N2 que a su vez es disminuido por la tasa T3. En estos casos en que la tasa siempre se añade, pero nunca se resta, se considera que la tasa fluye hacia dentro del sistema desde una fuente exterior que podemos considerar como el límite de nuestro sistema. Si la tasa siempre se resta y nunca se añade entonces esta fluyendo a un sumidero exterior que también marca una frontera del sistema.

Veamos la representación gráfica.



Las ecuaciones correspondientes son:

$$N1,K=N1,J+(DT)(T1,JK-T2,JK)$$

$$N2,K=N2,J+(DT)(T2,JK-T3,JK)$$

Las tasas se calculan en el instante K para usarse en el intervalo KL. Este cálculo se realiza con una expresión

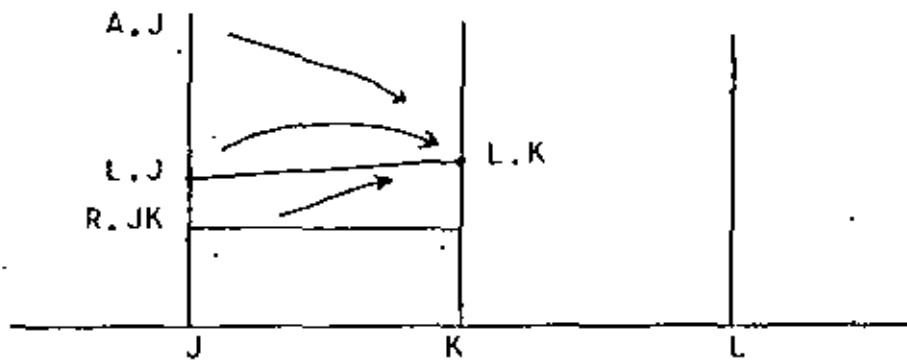
algebraica de variables en el mismo instante K.

Sistemas en donde no se conserva el flujo: Contiene relaciones integrales y algebraicas. Las integrales se calculan con las ecuaciones de nivel pero las tasas de cambio de los niveles son más complicadas que la suma de varias tasas.

En los subsistemas, donde no se conservan los flujos, las relaciones algebraicas simples se calculan con ecuaciones auxiliares. Estas se calculan en el instante K a partir de los niveles y otras ecuaciones auxiliares. Como DYNAMO no acepta ecuaciones simultáneas es necesario ordenar los cálculos de las ecuaciones auxiliares de tal forma que un auxiliar se calcule antes de ser requerido en otra ecuación auxiliar, si DYNAMO no encuentra un orden para hacer esto, manda un mensaje de error que dice ECUACIONES SIMULTANEAS.

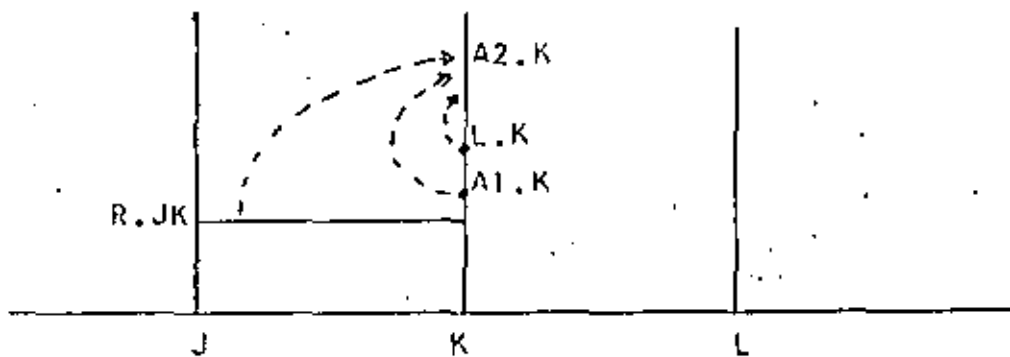
V. SECUENCIA COMPUTACIONAL

En el instante K se calculan primero todos los niveles, los que a su vez dependen de su valor previo en el instante anterior J y de las tasas calculadas para el intervalo JK. Como ya se hicieron los cálculos para J y JK no hay problemas para calcular los niveles.



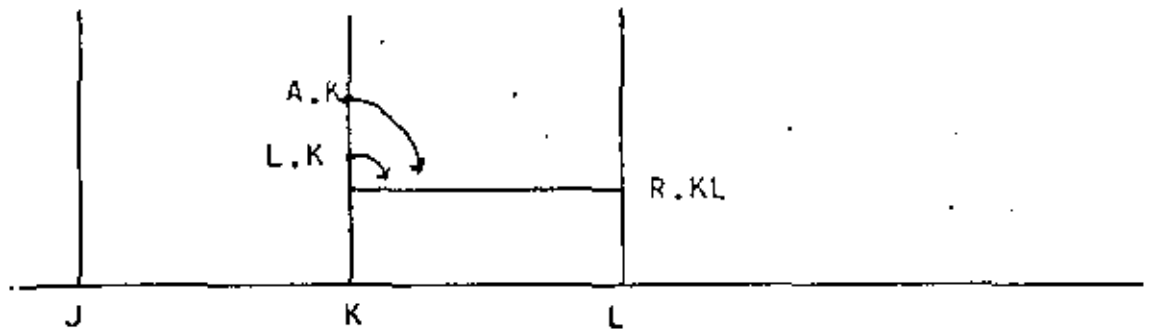
$$L.K = L.J \cdot (DT) (R.JK - A.J)$$

Auxiliares: En seguida las ecuaciones auxiliares ordenadas automáticamente por DYNAMO se calculan para el instante K a partir de los niveles en K y otras auxiliares calculadas primero en K.



$$A2.K = (L.K) (A1.K)$$

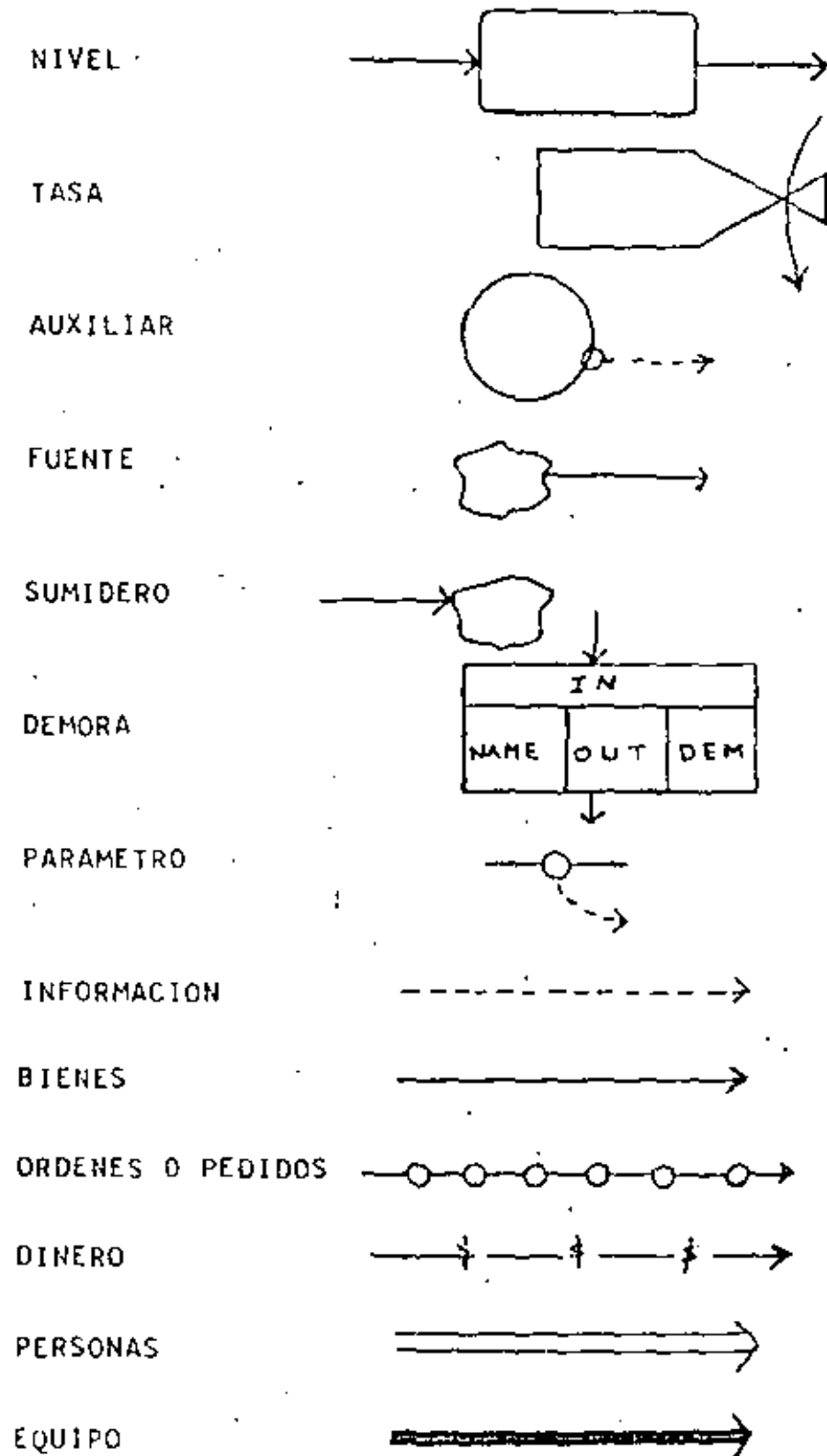
Tasas: Finalmente se calculan las tasas para el intervalo próximo KL a partir de los niveles y las auxiliares en el momento K.



$$R.KL = L.K + A.K$$

En este momento cuando las tasas ya se han calculado el tiempo actual se avanza automáticamente OT unidades. Todas las cantidades que se calcularon para el tiempo K - ahora se considera que son valores en el tiempo J y las tasas calculadas para el intervalo KL ahora son tratadas como si fueran valores en el intervalo JK . Aquí se repite el ciclo comenzando de nuevo con los niveles.

VI. NOMENCLATURA DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO



VII. ESCRITURA DE ECUACIONES

Las reglas para formar una ecuación son las usuales del álgebra, la forma básica es :

tipo de ec. cant=expresión (a partir de la col. 7)

Los tipos de ecuaciones pueden ser :

Tipo	Símbolo
De Nivel	L
Auxiliares	A
De Tasa	R
De Valor Inicial	N
Constante	C
Tabla	T
Suplementaria	S

En DYNAMO I era necesario indicar el tipo de ecuación, pero en el sistema implantado actualmente no es necesario. "cant" es el nombre de la cantidad que esta siendo definida por la ecuación. El nombre debe cumplir las reglas para formar nombres y debe tener el índice apropiado de tiempo. Todo nombre de una cantidad debe comenzar con un carácter alfabético, y puede ser seguido por hasta cinco caracteres alfabéticos o numéricos. (en la versión actual se permiten hasta 63 caracteres, pero al imprimir sólo aparecerán los seis primeros, sólo deben usarse dígitos de hasta seis cifras). "expresión" puede ser cualquier cosa desde un simple número hasta una combinación de factores y términos que involucren funciones.

Las operaciones de suma, resta, multiplicación y división se indican por +, -, (), /, se usan las jerarquías comunes: Multiplicación y división se realizan primero que suma y resta. Los paréntesis significan que la expresión dentro de ellos debe calcularse y sustituirse por ellos:

$$A+BXC \text{ implica } A+((B)(C))$$

Si las operaciones son del mismo valor jerárquico se realizan en orden de izquierda a derecha:

A-B+C implica (A-B)+C

Debe tenerse cuidado en el caso de la multiplicación y la división. Si se desea dividir X entre el producto de Y y Z debe escribirse:

$$X/Y/Z$$

DYNAMO interpreta X/(Y)(Z) como (X/Y)(Z)

Los valores numéricos se escriben en la forma usual. Se pueden usar hasta seis dígitos significativos. Números muy grandes o muy pequeños se pueden escribir indicando potencias de 10 multiplicadas por el número con la letra E:

$$E: \quad 10\ 000\ 000 = 10E6 = 1E7$$

$$.001 = 1E-3$$

En DYNAMO es posible crear subrutinas llamadas MACROS cuando se tienen sectores del modelo que son repetitivos. Esto evita tener que escribir un conjunto de ecuaciones varias veces para cada sector, basta declararlo una vez definirlo y cuando se necesite introducir los valores en la función MACROS, esto equivale a volver a escribir las ecuaciones del sector con sus nuevos valores.

Existen varias funciones y macros ya creadas dentro de DYNAMO que corresponden a las siguientes categorías:

- a) Intrínsecas que modelan curvas llamadas DELAYN
- b) Intrínsecas computacionales que son: SIN, COS, SQRT, LOGN, EXP y SUMN.
- c) Intrínsecas controladas por el tiempo: BOXLIN, BOXCYC, PULSE, RAMP, SAMPLE, STEP.
- d) Intrínsecas de selección de valores: CLIP, MAX, MIN, SWITCH y TABLE.
- e) Intrínsecas aleatorias: NOISE y NORMRN.

Ecuaciones de Nivel: Matemáticamente indican integración. Una ecuación típica de nivel es de la siguiente forma:

$$L.K=L.J+(DT)(R1.JK-R2.JK)$$

L,K es el nombre, el índice K indica que el valor es leído en el presente. El lado derecho de la ecuación usa el

mismo valor L, pero con el índice J para indicar que se trata del valor de L en el periodo anterior, más el intervalo de tiempo transcurrido, DT desde la última evaluación multiplicado por una expresión que considera el valor del cambio del nivel en el lapso DT o sea la tasa.

REGLAS PARA COLOCAR INDICES EN LAS ECUACIONES DYNAMO								
LADO IZQUIERDO			INDICE DE LA CANTIDAD DEL LADO DERECHO SI EL TIPO ES:					
TIPO	CANTIDAD	INDICE	L	A	R	S	C	H
L	NIVEL	K	J	J	JK	-	-	-
A	AUX.	K	K	K	JK	-	-	-
R	TASA	KL	K	K	JK	-	-	-
S	SUPL.	K	K	K	JK	K	-	-
C	CTE.	-	-	-	-	-	-	-
N	VAL. INIC.	-	-	-	-	-	-	-

Ecuaciones de tasa: Esta ecuación define el tamaño del flujo entre variables de nivel y una fuente, un sumidero u otra variable de nivel. Una ecuación típica de una tasa es:

$$R.KL=(L.K+R.JK)/L2.K$$

R.KL es el nombre de la tasa con índice KL para el intervalo de tiempo entre el presente y el futuro. El lado derecho es una expresión aritmética de variables de nivel, variables de tasa, variables DYNAMO o constantes. Las variables de nivel tienen el índice K o J, las variables de tasa del lado derecho tienen índice JK.

Ecuaciones Auxiliares: Al modelar puede querérsele dar un nombre a una expresión que se use en otra ecuación. La ecuación que asigna el nombre a la expresión se llama ecuación auxiliar. El índice usado es K. Un ejemplo de una ecuación auxiliar:

$$MAX18.K=AM.K/DT$$

Ecuaciones Suplementarias: Como en el caso de la ecuación auxiliar la ecuación suplementaria le dé nombre a una expresión, pero para usarla en valores de salida como listado o gráficas por ejemplo:

H.K=VALOR.K-LIS

Ecuaciones constantes: Es una cantidad sin índice;

AB=1638

Ecuaciones de Valor Inicial: Si la ecuación tiene la forma de una ecuación constante, pero el nombre de la cantidad aparece en otro lugar del programa, se llama ecuación de valor inicial. Los valores iniciales sólo se requieren para las variables de nivel, sin embargo se pueden dar valores iniciales a otras variables. Se pueden realizar varias corridas con un mismo programa cambiando cada vez el valor inicial, por lo que se puede realizar diseño experimental en una corrida.

Sistema de tiempo y unidades: Al calcular los valores del programa se usan unidades tales como unid/mes o u/sem etc, las unidades no se dan en unid/DT. Es recomendable hacer la unidad de tiempo del sistema un múltiplo del intervalo de solución DT. Si DT no es un múltiplo de la unidad de tiempo del sistema, hay problemas para elegir el valor de DT para imprimir o graficar, DYNAMO lo resuelve usando el valor que tenga la variable justo antes y dentro de un intervalo de DT/2 del tiempo transcurrido. Los tiempos de impresión o graficación PRTPER y PLTPER se expresan en unidades de tiempo del sistema así mismo LENGTH.

EJEMPLO: Las siguientes instrucciones quieren decir:

columna

1 7

SPEC DT=1/LENGTH=10/PRTPER=2/PLTPER=3

La unidad de tiempo del sistema es 1, la simulación se realizará durante 10 unidades de tiempo, las variables que

se grafiquen serán cada 2 unidades de tiempo y las gráficas tendrán un punto cada 3 periodos.

Si $DT=0.2$, $LENGTH=10$, $PLTPER=.2$ y $PRTPER=0$

Quiere decir: Se harán cálculos cada .2 unidades de tiempo simulándose durante 10 unidades de tiempo se graficará cada .2 unidades de tiempo y no habrá lista ($PRTPER=0$).

O sea, si la unidad del sistema es el segundo:

$DT=.1$ segundos, $LENGTH=10$ segundos, etc.

Es conveniente elegir a DT en un intervalo práctico que varíe $1/3$ a $1/5$ del valor del tiempo más pequeño dentro del modelo. Una vez que el modelo se ha probado y está corriendo se puede aumentar el valor de DT para ahorrar tiempo de procesamiento.

Símbolos de Graficación: Las escalas tienen un rango de 10^{-33} a 10^{33} los siguientes símbolos se usan en las escalas que DYNAMO automáticamente escoge para graficar.

SIMBOLO	K	Y	W	U	L	J	H
MULTIPLO	10^{-30}	10^{-30}	10^{-27}	10^{-24}	10^{-21}	10^{-18}	10^{-15}

SIMBOLO	G	F	E	A	X	T	M
MULTIPLO	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^0	10^3	10^6

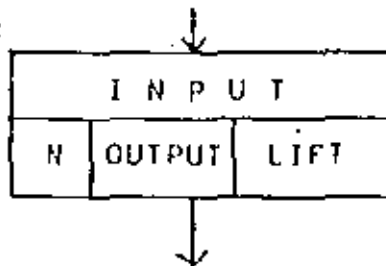
SIMBOLO	B ^c	R	Q	V	S	P	C
MULTIPLO	10^9	10^{12}	10^{15}	10^{18}	10^{21}	10^{24}	10^{27}

SIMBOLO	N	D	Z
MULTIPLO	10^{30}	10^{33}	$>10^{33}$

VIII FUNCIONES INTRINSECAS

DELAYN.

Alteran la tasa de flujo que se mueve en el sistema, no añaden ni restan nada sólo retardan el flujo, las demoras pueden ser de varios ordenes de 1 a 5, DELAY1 a DELAY5 el orden de la demora coincide aproximadamente con la pendiente, cuando se aplica la demora a una función escalón al aumentar el orden la demora es menor. El símbolo para la demora es:



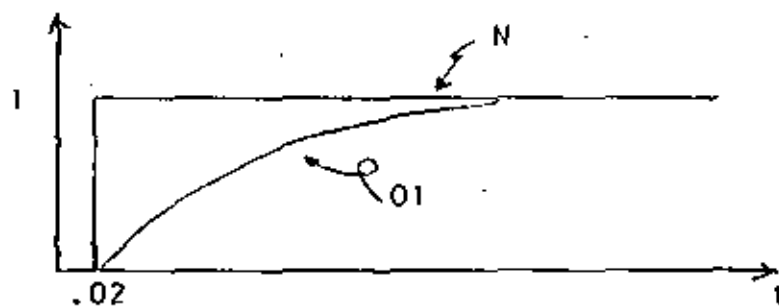
Una demora de orden N significa que la demora promedio LIFT se reparte en N intervalos consecutivos del sistema cuando este es estable. EJEMPLO:

Demora de primer orden:

$$01.kl=01.jk+(DT)(N.jk-01.jk)/DEM$$

$$DEM=5$$

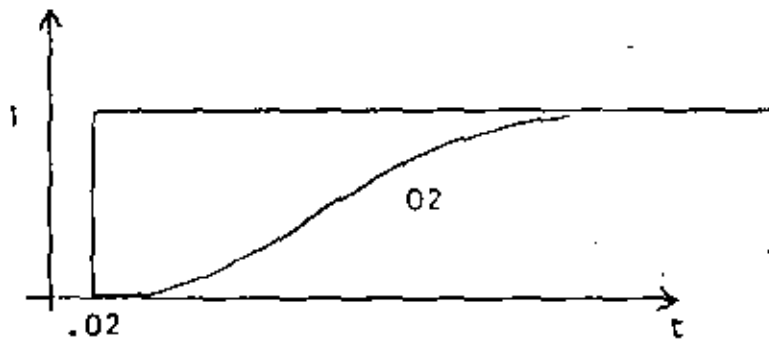
$$N.kl=STEP(1,0.02)$$



Demora de segundo orden:

$$02.kl=02.jk+(DT)(R.jk-02.jk)/DEM$$

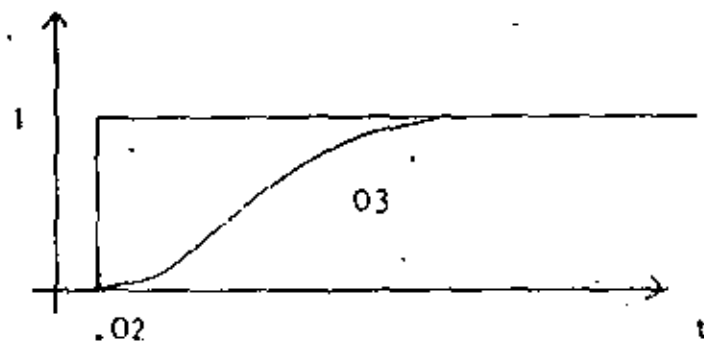
$$R.kl=R.jk+(DT)(N.jk-R.jk)(2)/DEM$$



Demora de tercer orden:

03.KL=DELAY3(N.JK,DEM)

De la demora de tercer orden hasta la de quinto orden se pueden escribir como la anterior ya que DYNAMO tiene definida interiormente esta función.



SIN, COS, SQRT, LOGG, EXP, SOMM.

SIN.

Calcula la función seno se introduce a la máquina como:

VALOR=(AMPLITUD)(SIN((2PI)(TIME.K)/PERIOD))

Por ejemplo para representar la función con una amplitud de 30 y un periodo de 20:

I,KL=(30)(SIN((2PI)(TIME.K)/P))

P=20

COS:

Es igual que SIN, pero se usa COS

SQRT.

VALOR=SQRT(ARG)

El valor del ARG debe ser mayor o igual a cero.

LOGN.

$$\text{VALOR}=\text{LOGN}(+ \text{ARG})$$

Si se trata de logaritmos base 10:

$$\text{VALOR10}=(\text{COEF})((\text{LOGN}(\text{ARG}))$$

$$\text{COEF}=0.434$$

EXP

$$\text{VALOR}=(\text{COEF})(\text{EXP}(+ \text{ARG}))$$

Se refiere a potencias de e.

SUMN (N=1,2,3)

Esta intrínseca se refiere a operaciones semejantes al producto interior que se ve en álgebra vectorial es muy útil para dar peso a las variables.

$$\text{VALOR}=\text{SUM1}(\text{ENTERO}, \text{NOMBRE})$$

Esta función da el siguiente valor:

$$\sum_{i=1}^N P_i$$

NOMBRE es una secuencia de valores que se da de la siguiente manera:

$$\text{NOMBRE}^*=6/8/7/3$$

$$V.K=\text{SUM1}(4, \text{NOMBRE})$$

$$V.K=24.$$

La forma de SUM2(N,P,Q) es:

$$\text{VALOR}=\text{SUM2}(\text{ENTERO}, N1, N2)$$

y arroja el valor:

$$\sum_{i=1}^N P_i Q_i$$

La forma de SUM3(N,P,Q,R) es:

$$\text{VALOR}=\text{SUM3}(\text{ENTERO}, N1, N2, N3)$$

y arroja el valor:

$$\sum_{i=1}^N P_i Q_i R_i$$

por ejemplo:

$$N1^* = x_1/x_2/x_3/x_4$$

$$N2^* = y_1/y_2/y_3/y_4$$

$$N3^* = z_1/z_2/z_3/z_4$$

entonces VALOR será :

$$VALOR = x_1 y_1 z_1 + x_2 y_2 z_2 + x_3 y_3 z_3 + x_4 y_4 z_4$$

BOXLIN, BOXCYC, PULSE, RAMP, SAMPLE, STEP

BOXLIN,

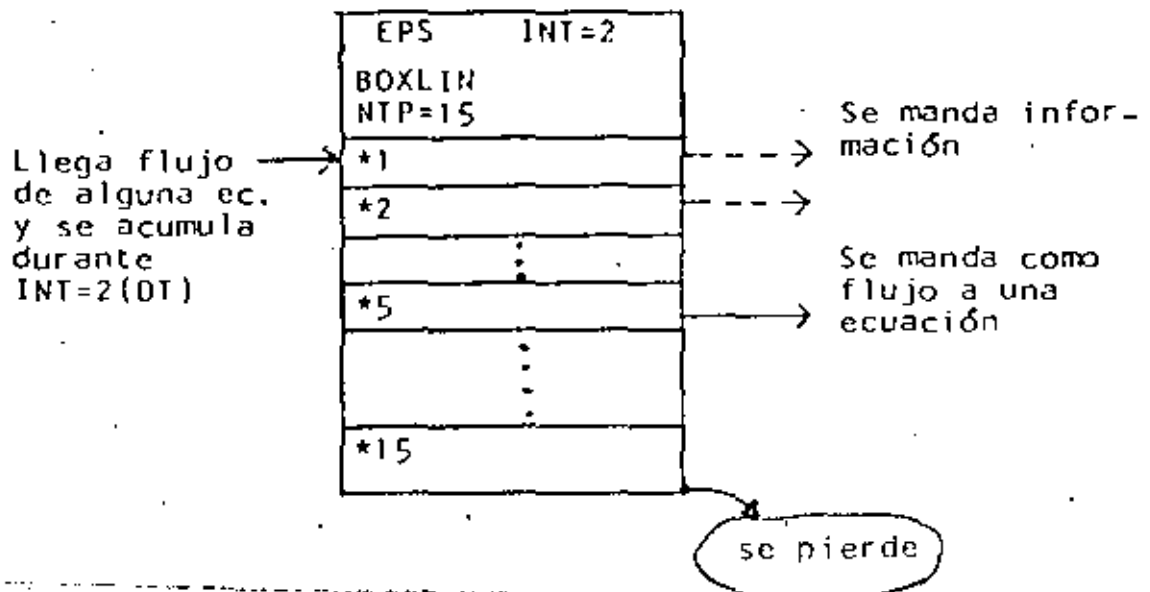
Especifica una progresión lineal descartando el último término:

$$EPS = BOXLIN(NTP, INT)$$

EPS es el nombre que se le da a la progresión.

NTP es el número de términos de la progresión.

INT es el intervalo después del cual la progresión se corre, descartando el último valor.



Cada celda se identifica como:

$$EPS^*1, EPS^*2 \dots \dots \dots EPS^*15$$

También puede dársele valor a las celdas con:

$$EPS^* = N1/N2/\dots /NM$$

o con:

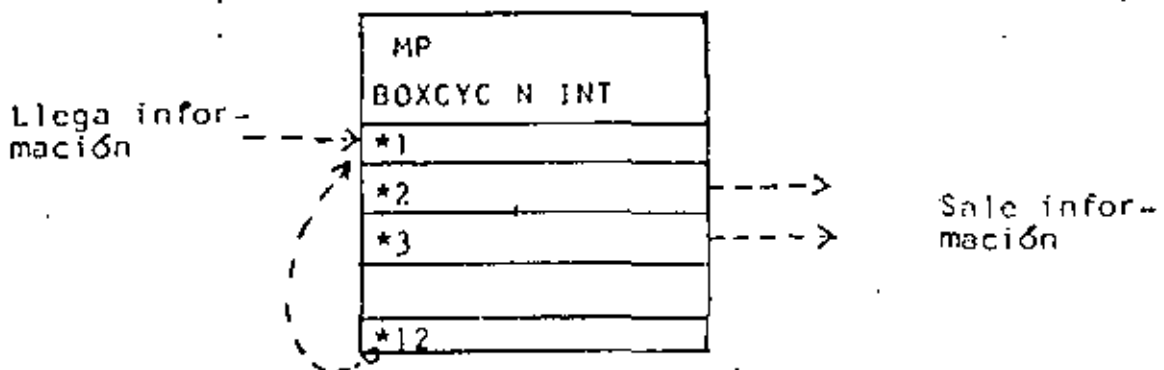
$$EPS = BOXLOAD(VAR1, VAR2)$$

Esta última ecuación ocasiona que todas las celdas se carguen con el producto de $VARI \cdot VAR2$, si queremos cargar una celda en especial por ejemplo la 5, usamos:

$EPS*5.K=EXPRESION.$

BOXCYC.

Es análoga a **BOXLIN** salvo que en lugar de descartar el último valor de la progresión, lo recircula de la última celda a la primera. Se carga igual que **BOXLIN**



Recicla la última celda
 $MP=BOXCY(N, INT)$

PULSE.

$VALOR=PULSE(+HEIGHT, FIRST, INTERVAL)$

Esta intrínseca hace que **VALOR** cambie súbitamente de cero a $(+HEIGHT)(DT)$ y otra vez a cero comenzando en el instante **FIRST** y cada período de tiempo **INTERVAL**. **HEIGHT**, **FIRST** y **INTERVAL** pueden ser constantes o variables.

RAMP

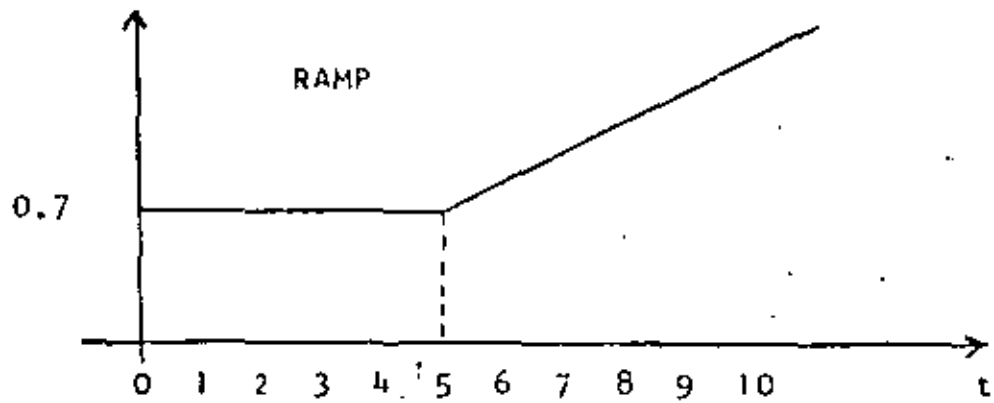
$VALOR=RAMP(+SLOPE, STARTTIME)$

RAMP tiene un valor constante hasta el momento **STARTTIME** en el que empieza a crecer $+SLOPE$ cada **DT**.

En el caso de que se quiera que tenga un valor inicial de 0.7 y que en el tiempo 5 empiece a crecer se tendrá:

$RMP.K=0.7+RP.K$

$RP.K=RAMP(1,5)$



SAMPLE.

$$\text{VALOR}=\text{SAMPLE}(\text{SUB},\text{INT})$$

Se puede dar valor inicial a SAMPLE de otra forma vale cero hasta que el tiempo de simulación llega a INT en ese momento toma el valor de SUB.

Ejemplo:

$$S=\text{SAMPLE}(R,10)$$

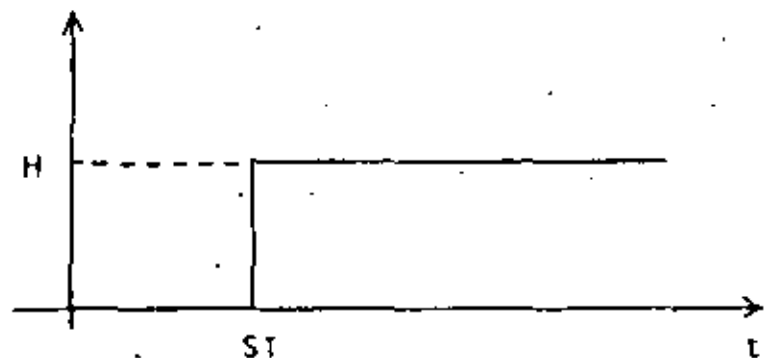
$$R,K=\text{RAMP}(0,1,10)$$

Cuando el tiempo =0, S=0 durante 10 periodos, cuando t=10 S= al valor que tenga R en el instante t=10, y este valor lo conserva durante 10 periodos de tiempo al final de estos 10 periodos S toma el valor que tenga R en ese instante y lo conserva 10 periodos, etc,etc.

STEP.

$$\text{VALOR}=\text{STEP}(\text{H},\text{ST})$$

VALOR adquiere el valor H en el momento ST y lo conserva hasta finalizar la simulación.



CLIP, MAX, MIN, SWITCH, TABLE

CLIP.

VALOR=CLIP(V2,V1,A2,A1)

VALOR=V1 si $A1 > A2$

VALOR=V2 si $A1 \leq A2$

MAX.

VALOR=MAX(A1,A2)

Elige el valor máximo A1 o A2 si $A1 = -A2$:

VALOR=valor absoluto.

MIN.

VALOR=MIN(A1,A2)

Elige el valor mínimo.

SWITCH.

VALOR=SWITCH(VAR1;VAR2,ARG)

VALOR=VAR1 si ARG=0

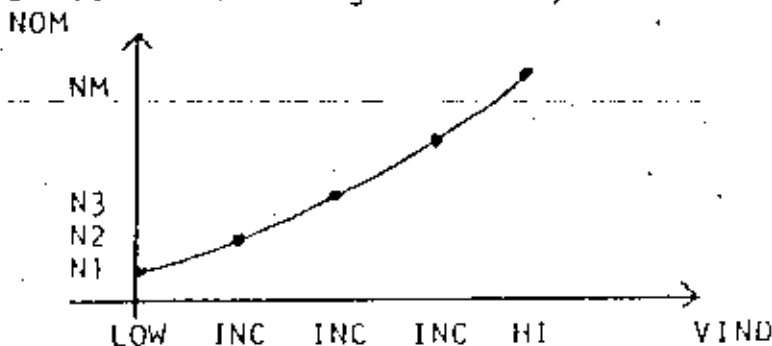
VALOR=VAR2 si ARG \neq 0

TABLE.

VALOR=TABLE(NOM,VIND,LOW,HI,INC)

NOM*=N1/N2/...../NM

Esta intrínseca permite hacer una gráfica NOM \forall VIND en donde VIND tiene un valor mínimo de LOW y un valor máximo de HI y la escala (eje de las x) tiene valores de incremento de INC en INC. A cada valor de VIND corresponde un valor de NOM en el eje de las y.



Para valores intermedios la máquina interpola linealmente.

Los valores con los que se entra a la tabla son los de VIND y sale con valores de NOM.

NOISE, NORMRN

NOISE.

Es una función uniformemente distribuida que puede usarse como muestra de ruido blanco.

$$\text{VALOR}=(\text{RANGO})\text{NOISE}$$

Da un valor pseudoaleatorio en el rango de $-\text{RANGO}/2$ a $+\text{RANGO}/2$.

Ejemplo: $\text{UNIFORM}=(10)\text{NOISE}$

Esta ecuación da variables aleatorias en el intervalo $-5,5$ para generar estos valores existe un método estándar congruente, siempre que se invoque esta función dará los mismos números aleatorios si queremos que los cambie usamos: $\text{NOISE}=\text{N}$ N es un número entero menor que: 549755813888.

NORMRN.

Genera variantes pseudoaleatorias a partir de la distribución de Gauss con una media= MEAN y una desviación estándar=ST y tiene la forma:

$$\text{VALOR}=\text{NORMRN}(\underline{\text{MEAN}}, \text{ST}).$$

IX. FUNCIONES MACRO

Cuando al modelar se encuentra un patrón en la forma de las ecuaciones, o sea que se encuentran varios conjuntos de ecuaciones exactamente del mismo tipo, pero con diferentes valores, entonces es conveniente declarar una función MACRO y sólo definir los diferentes valores cada vez que se necesite. Una declaración MACRO requiere de tres elementos básicos; la palabra MACRO y después de dejar un espacio la función, ejemplo:

```
COLUMNA
1      7
MACRO SMOOTH(IN,DEL)
```

A continuación el conjunto de ecuaciones y al final la palabra MEND a partir de la primera columna; las variables que se encuentran en la función se escriben igual en la declaración MACRO; pero si aparecen otras variables en el conjunto de ecuaciones (llamadas variables locales) deben empezar con el signo \$. Veamos un ejemplo:

```
MACRO DELAY(IN,DEL,L1,L2,L3)
L1.K=L1.J+(DT)(IN.JK-SR1.JK)
SR1.KL=L1.K/SDLY.K
L2.K=L2.J+(DT)(SR1.JK-SR2.JK)
SR2.KL=L2.K/SDLY.K
DELAY.K=SR3.JK)
SDLY.K=DEL.K/3
L1=(SDLY)(IN)
L2=L1
L3=L1
```

```
MEND
```

para llamar a una función MACRO y encontrar su valor para poder usarlo en algún otro lado;

```
V.K=DELAY(IN,DEL,L1,L2,L3)
pero ya con los valores numéricos de IN,DEL,L1,L2,L3 .
```

X INSTRUCCIONES Y TARJETAS DE CONTROL PARA PROCESAR DYNAMO.

1. Para procesar a través de tarjetas:

A Tarjetas de control 1a. parte.

B Programa DYNAMO

C Tarjetas de control 2a. parte.

A:

```
COLUMNAS
1      7
?JOB CUALQNONBR;USER=FM98/CL;CLASS=3;BEGIN
?EXECUTE *DYNAMO/DISK;
?EBCDIC DYNAMOINPUT
```

B: Programa DYNAMO:

La primera tarjeta es el nombre de un archivo de referencia del programa fuente en ALGOL CON SIETE CARACTERES o

```
menos:  COLUMNNA
1      7
        PREFIJO/SUFIJO1                                tarjeta 1.
```

La siguiente tarjeta tiene las opciones DYNAMO

```
COLUMNNA
1      7
DYNAMO NOZIP OPCION OPCION OPCION                    tarjeta 2.
```

Las opciones que maneja DYNAMO son:

NARROW.

Las gráficas de salida y las listas se imprimen en un formato angosto de 72 columnas, esto limita el número de columnas en las listas a 8.

WIDE.

Da una impresión de 120 columnas y se pueden usar hasta 14 columnas de listas. Puede graficarse hasta 10 variables por gráfica.

DLIST.

Esta opción hace que aparezcan impresas las ecuaciones del modelo cuando se procesa por terminal.

CODE.

Enlista el programa fuente que DYNAMO creó en ALGOL
DUMP.

Imprime la estructura de información que maneja DYNAMO
para el programa en cuestión.

NOZIP.

Nada más se usa en BATCH inicia un ZIP (conecta) al com-
pilador ALGOL siempre y cuando no se hayan detectado e-
rrores.

Las opciones se pueden colocar en las columnas de la 7
a la 72, cuando se usa más de una opción se pueden colo-
car en la misma tarjeta separadas por un espacio en blan-
co, las tarjetas o tarjeta de opciones pueden colocarse en
cualquier lugar del programa.

La siguiente tarjeta tiene RUN en las primeras tres co-
lumnas y a partir de la séptima un nombre que empiece
con carácter alfabético y de hasta 72 caracteres, en las
impresiones sólo aparecen los 6 primeros caracteres.

COLUMNAS	tarjeta 3:
1 7	
RUN CUALQUIERNOMBRECON72CARACTERESSOLOIMP6	

Después del RUN comienzan las ecuaciones DYNAMO.

NOTA. Para introducir comentarios en las ecuaciones basta
dejar un espacio después del último carácter y escribir
cualquier comentario, número o símbolo hasta la columna
72 inclusive o escribir una tarjeta con los caracteres
NOTE a partir de la primera columna y escribir lo que se
quiera a partir de la séptima columna, si no se escribe
nada en los listados aparece un renglón en blanco, o sea
que las ecuaciones correspondientes a la tarjeta anterior
y posterior a la que tiene NOTE aparecen separadas por un
renglón en blanco.

Si se quiere realizar pruebas con el modelo cambiando el valor de los parámetros, esto puede hacerse colocando otro RUN con otro nombre al final del programa DYNAMO anterior y a continuación tarjetas con los valores de los parámetros nuevos, no se permite cambiar variables ni tablas en estas corridas sucesivas, resumiendo:

```
PREFIJO/SUFIJO1
DYNAMO NOZIP HARROW
RUN PROGRAMA PARA EL CURSO QUE SE IMPARTIRA ..
NOTE
NOTE
```

Aquí se inserta el programa con sus ecuaciones.

```
RUN OTRACORRIDA VAMOS A MODIFICAR PARAMETROS.
NOTE
PARAMETRO=8
RUN OTRADIFERENTE
PARAMETRO=15
```

C. Tarjetas de control 2ª. parte.

```
COLUMNA
1 7
?COMPILE NOMBQUALQ ALGOL;
ALGOL PROCESS=200;ALGOL IO=200;
PROCESS=200;IO=200;
?EBCDIC CARD
SSET BCL MERGE FORMAT
TARJETA EN BLANCO
TARJETA EN BLANCO
?REMOVE PREFIJO/SUFIJO1
?END JOB
```

NOTA. Después de JOB y COMPILE puede aparecer cualquier cosa de uno a diez caracteres, el nombre del listado que sale por la impresora en letras grandes es el que se haya colocado después de JOB.

2. Para procesar por terminal:

Existen dos formas: .

- A. Introducir el programa con tarjetas perforadas y mandar a ejecutarlo desde la terminal.
- B. Escribir el programa directamente en el teletipo.

Para introducir las tarjetas según A hay dos formas. La primera consiste en introducir las tarjetas para que sean leídas, ir a la terminal y mandar ejecutar el programa con la instrucción:

```
EXECUTE *DYNAMO/DISK
```

Una vez realizada esta instrucción se espera en la impresora de línea los resultados.

La segunda consiste en usar las siguientes tarjetas de control para que se forme un archivo en disco (DATA)

```
COLUMNA
1      7
?JOB INF :USER=AP82/PN;CLASS=3;BEGIN
?RUN *SYSTEM/DUMPA(L("CRDDSK N1 N2"));
DATA N1
:
:
:
?END JOB
```

Al procesar el programa por terminal debe usarse la instrucción REMOTE a partir de la primera columna en una sola tarjeta en lugar de PREFIJO/SUFIJO :

Una vez leídas las tarjetas anteriores o escritas directamente en el teletipo se procede como sigue:

Se forma un archivo que se llame DYNAMOINPUT con las instrucciones CANOE siguientes: MAKE DYNAMOINPUT SEQ , se escriben las ecuaciones del programa en este archivo y se guarda con la instrucción SAVE.

Si se usan las tarjetas el archivo aparece con el nombre N2 y se le cambia el nombre de la siguiente manera:

```
TITLE N2 TO DYNAMOINPUT
```

Después de esto se guarda (SAVE) y cuando la computadora conteste:

```
# DYNAMOINPUT SAVED
```

entonces uno escribe en el teletipo:

COMPILE PREFIJO/SUFIJO1 WITH ALGOL y la máquina contesta:

#COMPILING

si no hubo errores aparece:

ET=..... PT=..... IO=.....

Entonces vuelve uno a escribir:

EXECUTE PREFIJO/SUFIJO1 y la máquina contesta:

#RUNNING

Después de un cierto tiempo aparece todo el programa en pantalla, esto si se usó DLIST si no sólo aparecen las listas y las gráficas. Si está uno en una terminal de rayos catódicos después de que se llena la pantalla aparece la leyenda PAGE que quiere decir que hay que apretar el RETURN del teletipo para que continúe, si está uno en un DECREMENTER los resultados se irán escribiendo directamente. Si estamos en una terminal de pantalla y una vez obtenida la salida deseamos una impresión por la impresora de -- línea, damos la siguiente instrucción:

EXECUTE PREFIJO/SUFIJO1;FILE W9900(PRINTER), esto imprime sólo la salida, para imprimir el programa:

WRITE DYNAMOINPUT

XI. DESARROLLO DE UN EJEMPLO

Vamos a describir un proceso físico que consiste en el enfriamiento de agua caliente que se tiene en un calentador que está apagado, dicho calentador se encuentra en un cuarto a temperatura constante. Al enfriarse el agua se transfiere calor al cuarto a una rapidez que depende de la temperatura del agua, de su volumen y del material aislante que tiene el calentador. Este proceso continúa hasta que la diferencia entre la temperatura del cuarto y del agua sean iguales. Veamos como queda el modelo anecdótico:

MODELO ANECDOTICO.

Existe un flujo de calor entre el medio ambiente del cuarto donde se encuentra un calentador con agua caliente apagado. La temperatura del agua indica la cantidad de calor almacenado. La transferencia de calor es proporcional a la diferencia entre la temperatura ambiente del cuarto y la temperatura del agua. La constante de proporcionalidad depende de las propiedades físicas del calentador de su volumen y de su material aislante.

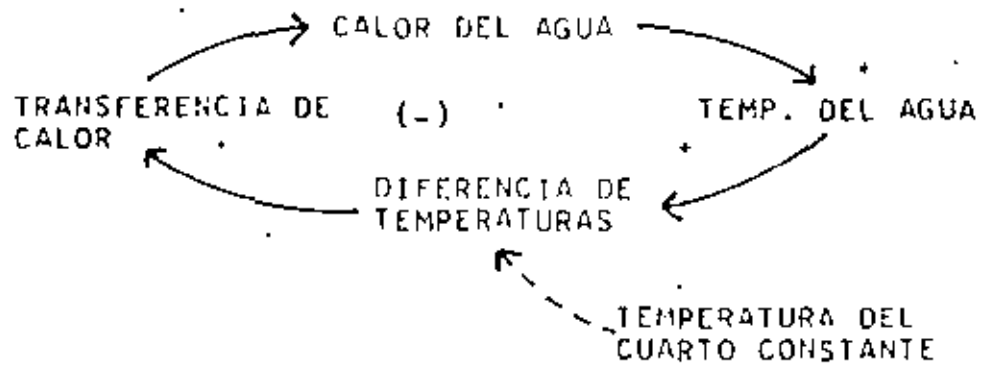
Elección de variables :

Calor del agua.....CA	(calorias)
Tasa de transferencia de calor.....TTC	(calorias/min)
Cte. de conversión calor-temp.....C1	(Cº/caloria)
Cte. de transferencia de calor.....C2	(cal./Cº/min)
Diferencia de temp. del agua y el cto. TC	(Cº)
Temperatura del cuarto.....TC	(Cº)
Temperatura del agua.....T	(Cº)

Para obtener el diagrama causal se procede así:

¿Al aumentar el calor del agua, qué le pasa a la temperatura del agua? Aumenta, luego el signo junto a TEMP. DEL AGUA es +. En caso de que para diferentes etapas del modelo las variables cambien de signo pondremos ±. Usando las reglas de los signos determinamos el signo del circuito, en este caso es (-).

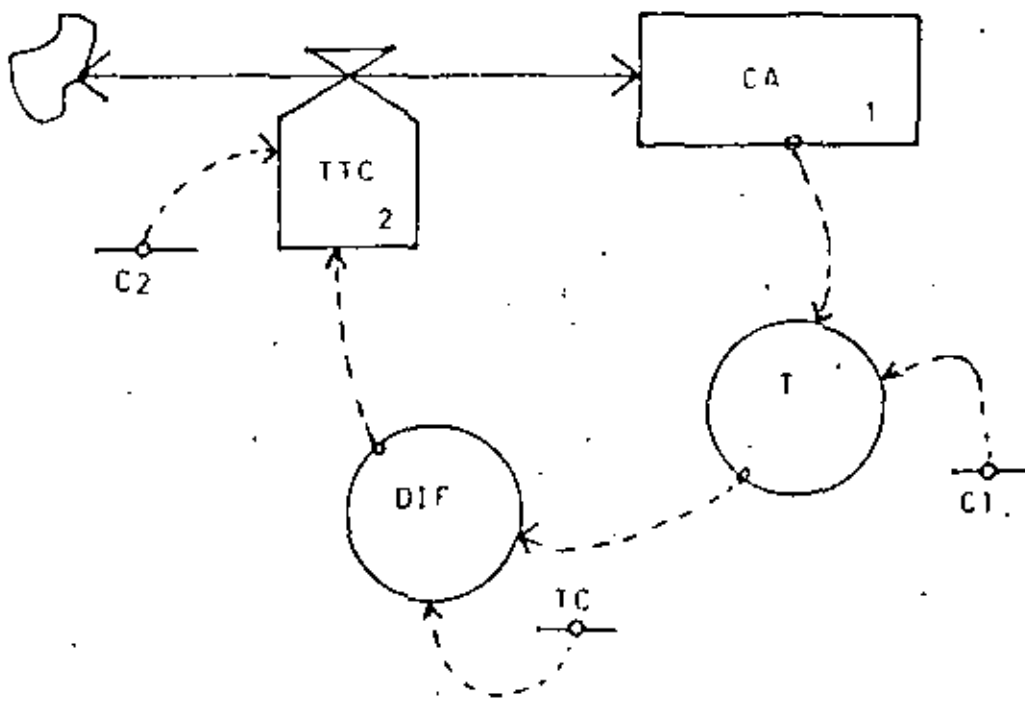
DIAGRAMA CAUSAL:



Los circuitos negativos se caracterizan por tender a una meta o límite que puede ser fijo o variable. Los circuitos positivos se caracterizan por crecer sin límite (explosivamente) o decaer a cero.

En todos los casos se trata de circuitos de retroalimentación positiva o negativa los que toman el control del sistema según las circunstancias de la simulación.

A continuación dibujamos el
DIAGRAMA DYNAMO:



La tasa de flujo TTC es controlada por C" y por DIF que reciben información de T, TC y estos a su vez CA.

ECUACIONES DYNAMO.

CA,K=CA,J+(DT)(TTC,JK)	1
CA=T1/CI	
T1=200	
CI=1	
CA CALOR DEL AGUA	
TTC TASA DE TRANSFERENCIA DE CALOR	
T1 TEMPERATURA INICIAL	
CI CONSTANTE DE CONVERSION DE CALOR A TEMP.	
TTC,KL=(C2)(DIF,K)	2
C2=0.1	
C2 CONSTANTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR	
DIF DIFERENCIA DE TEMP. ENTRE EL CUARTO Y EL AGUA	
T,K=(CI)(CA,K)	3
T TEMPERATURA DEL AGUA	
DIF,K=TC-T,K	4
TC=78	
TC TEMPERATURA DEL CUARTO	

Veamos como queda el programa para procesarlo en BATCH:

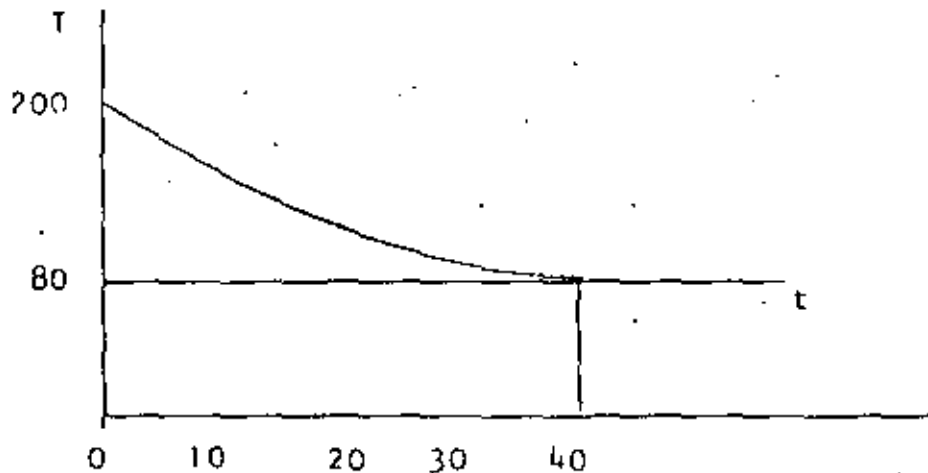
```
COLUMN
1 7
?JOB AGUACALI ; USER=FAB3/CL;CLASS=4;BEGIN
?EXECUTE *DYNAMO/DISK;
?EBCDIC DYNAMOINPUT
MANUAL/OCT80
DYNAMO NOZIP
RUN AGUA FRIA
NOTE
CA,K=CA,J+(DT)(TTC,JK) 1
CA=T1/CI
T1=200
CI=1
NOTE
TTC,KL=(C2)(DIF,K) TASA DE TRANSF. DE CALOR 2
C2=.1
NOTE
T,K=(CI)(CA,K) TEMP. DEL AGUA 3
NOTE
DIF,K=TC-T,K DIFERENCIA DE TEMP. 4
TC=78
NOTE
NOTE TARJETAS DE CONTROL DE IMPRESION Y GRAFICACION
NOTE
PRINT 1)1/2)TTC,CA/3)*/4)*/5)DIF
PLOT T=T,TTC=H,DIF=C,CA=3
SPEC DT=1/LENGTH=40/PRTPER=1/PLTPER=1
```

```
RUN ENFRIAR2 CUARTO MAS CALIENTE
TC=88
RUN ENFRIA3 CUARTO MUCHO MAS FRIO
TC=50
```

NOTE LE HEMOS AÑADIDO AL MODELO ORIGINAL ESTAS DOS
NOTE CORIDAS DONDE CAMBIAMOS LAS TEMPERATURAS DEL CUARTO.

```
?COMPILE EXPR ALGOL;
ALGOL PROCESS=200; IO=200;
?EBCDIC CARD
SSET BCL.MERGE FORMAT
TARJETA EN BLANCO
TARJETA EN BLANCO
?REMOVE MANUAL/OCT80
?END JOB
```

RESULTADOS DE LA SIMULACION.



TIEMPO	CA	T.	DIF	TTC
0	200	200	-122	-12.2
1	187.8	187.8	-109.8	-10.98
2	176.82	176.82	-98.82	-9.88
3	166.94	166.94	-88.94	-8.89
.
.
40	80	80	.	.

NOTA:

Los resultados de la simulación se obtienen en el listado y contienen en primer lugar una lista de las variables con su referencia de tiempo y cada variable lleva una indicación sobre la potencia a la que hay que elevar el número que aparece abajo de la variable, esta indicación consiste en una letra E seguida del signo (+) o (-) y el número al que hay que elevar en potencias de diez, los números que aparecen en las columnas.

Después imprime las gráficas y vuelve a empezar con ENFRIAR2 hace otras listas y otras gráficas y sigue con ENFRIA3.

XII . ANALISIS DE SENSIBILIDAD

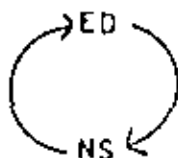
El análisis consiste en revisar para ver si existen algunos valores de las variables o de los parámetros que al variar un rango pequeño, hagan variar fuertemente el comportamiento del sistema. En algunos casos se busca evitar las oscilaciones del sistema haciéndolo estable mediante la reducción o aumento de los parámetros para lo cual el análisis de sensibilidad es inminente.

XIII. DESARROLLO DE OTROS EJEMPLOS

MODELO DINAMICO DE SIMULACION DEL DESARROLLO URBANO I

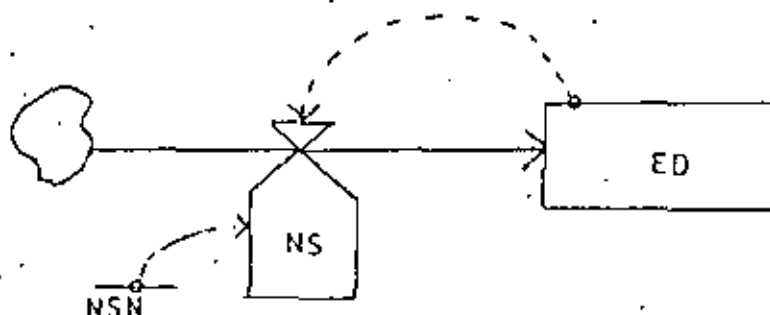
Este modelo se refiere al inicio de los estudios de los mecanismos existentes en el ámbito urbano. Nos referiremos al mecanismo que existe entre la construcción de edificios (NS) y los edificios ya construidos (ED).

Veamos el diagrama causal:



O sea que al aumentar el número de edificios también aumenta la construcción de los mismos.

El diagrama DYNAMO es :



ECUACIONES DYNAMO:

Los edificios actuales son iguales al número que había el año pasado más los que se construyeron durante el período de tiempo DT (un año).

$$ED.K = ED.J + (DT)(NS.JK)$$

Supondremos que ya existen ciertos edificios ED digamos que sean 1000 de valor inicial.

$$NS.KL = (ED.K)(NSN)$$

Se presenta a continuación una copia realizada en la terminal.

*D6700:126 CANNE 30:140: YOU ARE DLSMF11(24)
*INVALID USERCODE SYNTAX, ENTER USERCODE PLEASE.
FA83/BL

* DEFAULT PRINT DESTINATION=SITE
TECLEE NEWS PROXIMOS SEMINARIOS
*SESSION 1241 10:33:36 10/27/80

MAKE DYNAMOINPUT
#WORKFILE DYNAMOINPUT: SEQ
SEQ_____

100 REMOTE
200 DYNAMO DLIST NARROW CODE
300 RUN EDNEG1
400 NOTE
500 NOTE MECANISMOS DEL AMBITO URBANO, CONSTRUCCION DE EDIFICIOS
600 NOTE NS, EDIFICIOS CONSTRUIDOS=ED, TASA NORMAL DE CONST=NSN
700 NOTE
800 ED,K=ED.JF(DT)(NS,JK)
900 ED=EDI
1000 EDI=1000
1100 NS,KL=(ED,K)(NSN)
1200 NSN=.07
1300 PRINT 1)ED/2)NS
1400 PLOT ED=L(0,8000)/NS=N(0,800)
1500 SPEC DT=.5/LENGTH=30/PRIPER=2/PLIPER=1

*
SA
*WORKSOURCE DYNAMOINPUT SAULD; OLD SOURCE REMOVED
EXECUTE *DYNAMO/DISK
*RUNNING 1347
*7

ENTER IN COLUMNS 1-15 THE NAME OF THE DISK FILE YOU WISH
DYNAMO TO CREATE TO WRITE YOUR ALGOL SOURCE CODE. IF OUTPUT
IS DESIRED ON THE LINE PRINTER ENTER 0 IN COLUMN 1 FOLLOWED
BY FILENAME

URB/180

OK

BURRDUGHS B6700/B7700 DYNAMO LEVEL DYN454:10/28/80

INPUT PHASE BEGIN AT 10:43 4

DYNAMO DLIST NARROW CODE
RUN EDNEG1

MECANISMOS DEL AMBITO URBANO, CONSTRUCCION DE EDIFICIOS=
NS, EDIFICIOS CONSTRUIDOS=ED, TASA NORMAL DE CONST=NSN

ED,K=ED.JF(DT)(NS,JK)
ED=EDI
EDI=1000
NS,KL=(ED,K)(NSN)
NSN=.07

PRINT 1)ED/2)NS
PLOT ED=L(0,8000)/NS=N(0,800)
SPEC DT=.5/LENGTH=30/PRIPER=2/PLIPER=1

INPUT PHASE CONCLUDED AT 10:43 40

GENERATION PHASE BEGAN AT 10:43 43

```

$SET BCL RESET LIST
BEGIN INTEGER W3000,W3001,W3002,W3003,W3004,W3005,W3006,W3007,W3009,W3
010,W3011,W3012,W3008;BOOLEAN W2500;ALPHA W3500,W3501,W3502,W3503,W3504,
W3505,W3506,W3507,W3508,W3509,W3510,W3511,W3521,W3522,W3523; FILE W9
900(MYUSE=2,INTMODE=3,KIND=3,BUFFERS=2,MAXRECSIZE=7) ;FORMAT W9910(1/
X10,*STARTED TO RUN CODE AT *,5A6/),W9915(20A6),W9913(7/X2,*FINISHED RUN
NUMBER *,A6,* AT *,5A6),W9921('PAGE ',I2,X4,A6/), W9925(X20,5A6);
LABEL W6654; FILE W9901(MYUSE=2, INTMODE=3, KIND=1, BUFFERS=2, AREAS=
20, AREASIZE=1000, TITLE= B'DYNAMO/BINARY.', SAVFACTOR=1,
MAXRECSIZE= 4);DEFINE DBL=SPACE 1;REAL LENGTH,PI,NSM,PIPER,BI,N
SMAXO,NSMINO,ED,EDMAXO,EDMINO,PIPER,EDI, TIMEX,W3901,W3907; REAL
ARRAY NSEO:11,W3499C:41; DEFINE W1111TIME=TIMEX; LIST W2957(FOR
W3005:=0 STEP 1 UNTIL 400 W3499C(W3005)); PROCEDURE W2970();VALUE
T;REAL T;BEGIN INTEGER A,B,C;PROCEDURE CLOCK(W,B,C,D);VALUE W;INTEGER
B,C,D;POINTER W;BEGIN POINTER D1;S1;ARRAY LOCALO:10;REPLACE D1;POINTER
(LOCALO)BY B FOR 20DIGITS, C FOR 20DIGITS, D
FOR 4DIGITS;IF S1:= POINTER(LOCALO)='0' THEN BEGIN REPLACE D1:
W+2BY *;S1:= S1+1;END ELSE REPLACE D1: W+2BY S1:S1 FOR 1;REPLAC
E D1:DI BY S1:S1 FOR 1, S1:S1 FOR 2
, S1:S1 FOR 4, S1:S1 FOR 2
;A:= ENTIER(T);B:= A DIV 60;C:=A MOD 60;D:=((A - A)*10000
)/CLOCK(POINTER(W3499C)),B+C,0)END W2970;PROCEDURE W2972();VALUE T;ALPH
A T;BEGIN LABEL X;INTEGER L,M,N;ALPHA ARRAY A,BLO:1;PROCEDURE LINE(PL
ACE,DAY,L,MONTH,M,YEAR,N);VALUE PLACE,DAY,L,MONTH,M,YEAR,N;INTEGER L,M,N
;POINTER YEAR,MONTH,DAY,PLACE;BEGIN POINTER S1;REPLACE PLACE BY DAY(C(L
)) FOR L, S1:MONTH+1 FOR 7, S1:1 FOR M,YEAR+6 FOR 2,
* * FOR N END; PROCEDURE LIT(C
A);VALUE A;POINTER A;BEGIN POINTER S1,D1;ARRAY LOCALO:2;S1:= A;D
1:= POINTER(LOCALO);THRU 300 BEGIN REPLACE D1: D1+2BY S1:S1 FO
R 6;END;REPLACE A BY POINTER(LOCALO) FOR 300;END LIT;ALPH
HA ARRAY MNO:11,0:11,DAYSLO:12;FILL DAYSLO*JWITH '000','031','059',
'090','120','150','181','212','243','273','304','334','365';FILL MNO,*J
WITH 'JANUAR','Y 19 4';FILL MNO1,*JWITH 'FEBRUAR','Y 19 5';FILL MNO2,*J
WITH 'MARCH ','19 2';FILL MNO3,*JWITH 'APRIL ','19 2';FILL MNO4,*J
WITH 'MAY 1','9 1';FILL MNO5,*JWITH 'JUNE 1','9 1';FILL MNO6,*J
WITH 'JULY 1','9 1';FILL MNO7,*JWITH 'AUGUST',' 19 3';FILL MNO8,*J
WITH 'SEPTEMBER 196';FILL MNO9,*JWITH 'OCTOBER','R 19 4';FILL MNO10,*
JWITH 'NOVEMBER 19 5';FILL MNO11,*JWITH 'DECEMBER','ER 19 5';BLO:=
T.L29;120;ALO:= 1.L17;10;IF INTEGER(POINTER(BLO)),2)MOD 4=0 AN
D INTEGER(POINTER(ALO)),3)MOD 11 THEN FOR N := 2001 UNTIL 1200-DAYSLO
N:= DAYSLO+1;FOR N:= 1951 UNTIL 1200 IF ALO LER DAYS
END THEN GO TO X;REPLACE POINTER(ALO),6) BY (INTEGER(POINTER(ALO),6)IS,
3) - INTEGER(POINTER(DAYSLO-1),6)IS,3) FOR 6 DIGITS; IF INTEGER(POINTE
R(ALO),6)IS,3) THEN L :=2 ELSE L:=1; N:=MNO L,11,L3;A3PI:=15 M;LINE
(POINTER(W3499C2),POINTER(ALO),L,POINTER(MNO 1,0),M,POINTER(BLO),1)
);LIT(POINTER(W3499C2))END W2972; REAL PROCEDURE LOGA);VALUE
A;REAL A;IF A>0 THEN LOG := LN(A)/2.302585093;ELSE LOG:=0; REAL PRO
CEDURE CLIF(G,L,N,C);REAL G,L,N,C;BEGIN IF N<0 THEN CLIF:=L ELSE CLIF:=
G END; PROCEDURE BOXCYC(N,I,D);VALUE N,I;POINTER N,I;ARRAY BLOJ
;BEGIN IF BLOJ=0 THEN BLOJ:=1 ;IF TIMEX GEQ BLOJ 0;2 THEN BEGIN RE
AL S1S:= BLOJ;PO BEND:= BLOJ 1 UNTIL (N=N 1) LER 1;D11:=0
;BLOJ:= BLOJ+1;END; PROCEDURE BOXLIN(N,I,D);VALUE N,I;INTEGE
R N,I;ARRAY BLOJ;BEGIN IF BLOJ=0 THEN BLOJ:=1 ;IF TIMEX GEQ BLOJ 0;
1/2 THEN BEGIN DO BEND:= BLOJ 1 UNTIL (N=N 1) LER 1;D11:= 0;BEND:=
BLOJ+1;END; END; PROCEDURE BOXLUA (G,G,I,N);VALUE G,I,N;ARRAY LEO

```

```

)REAL P,Q;INTEGER N;BEGIN DO UNTIL (N:=N+1) UNTIL (N=100);
) BOOLEAN W99NOISE,W99NOIS9;REAL PROCEDURE NOISE;NOISE:=REAL(W99NOISE:=
) BOOLEAN(W3045*REAL(W99NOISE)+211527137)AND BOOLEAN(W3027-1
)) OR W99NOIS9)-0.5; REAL PROCEDURE NORMRN(N);VALUE P;REAL N;S;BE
)GIN INTEGER I;REAL R;R:=0;FOR I:=1 STEP 1 UNTIL 12 DO R:=R+NOISE;
)NORMRN:=R*S+M END NORMRN; REAL PROCEDURE PULSE(P,Q,T);VALUE
) P,Q,R;REAL P,Q,R,T;BEGIN IF TIME<T THEN IF TIME<T THEN T-
)T/2 THEN BEGIN PULSE:=P; I:=T; END ELSE PULSE:=0 ELSE IF I:=0 NEW
) 0 THEN PULSE:=0 ELSE PULSE:=P END; REAL PROCEDURE SAMPLE(P,Q,T);VA
) LUE P,Q;REAL P,Q,T;BEGIN IF TIME<T THEN BEGIN IF TIME<T THEN T-
)DT/2 THEN BEGIN V:=P; I:=T; END END ELSE I:=0;SAMPLE:=V END;
) REAL PROCEDURE W99STEP(P,Q,V);VALUE P,Q,V;REAL P,Q,V;I;TIME<T
)DT/2 THEN W99STEP:=P ELSE W99STEP:=V; REAL PROCEDURE RAMP(P,Q,V);VALUE
) P,Q,V;REAL P,Q,V;I;TIME<T THEN RAMP:=P; I:=T; ELSE RAMP:=V;
) REAL PROCEDURE SWITCH(L,R);REAL L,R;BEGIN IF R=0 THEN SWITCH:=0 ELSE SW
) ITC:=L END; REAL PROCEDURE TABLE(N);REAL L,R;REAL P,Q;REAL
) L ARRAY N[*];BEGIN INTEGER I,J;REAL U;IF I<1 THEN TABLE:=N[1] ELSE IF
) (I:=ENTIER(Q:=(P-F)/K+1)) GEQ (J:=ENTIER((L-1)/K+1)) THEN TABLE:=N[J]
) ELSE TABLE:=(Q-1) TIMES (N[I+1] N[J]) INCIDEND; REAL PROCEDURE
) UM(N,P);VALUE N;INTEGER N;ARRAY P[*];BEGIN INTEGER I;REAL R;DO N:=N+
) I:=I+1) UNTIL I GEQ N;SUM1:=R END; REAL PROCEDURE SUM2(N,P,Q);VALUE
) N;INTEGER N;ARRAY P[*];BEGIN INTEGER I;REAL R;DO N:=N+1; I:=I+
) 1)* R;I) UNTIL I GEQ N;SUM2:=R END; REAL PROCEDURE SUM3(N,
) P,Q,R);VALUE N;INTEGER N;ARRAY P[*];BEGIN INTEGER I;REAL
) S;DO S:=S+P[I]; I:=I+1) UNTIL I GEQ N;SUM3:=S
) END; REAL PROCEDURE RAMP1(P,Q,V);VALUE P,Q,V;REAL P,Q,V;I;TIME<T
)DT/2 THEN RAMP1:= (TIME-Q)*P+V ELSE RAMP1:=V; W3004:=1+W2997
) TIME(0); WRITE(W9900SKIP 1); W3001:= 'CONNECT'; WRITE(W99
) 900 ,W9921,W3004,W3500);W3004:=W30041; W2998:=TIME(1)/3600;WR
) TE(W9900,W9925,W9959);
)
) FOR W3003:=1 STEP 1 UNTIL 100 BEGIN LABEL W401
) 2)LIST W9940(TIME), NSELW3003;ED); BEGIN LABEL W400,W4005;
) W3006:=W3900:=TIME:=0;W3001:=1;P1:= 5.14159265358979;W99NOIS9:=BOOLEAN
) N (0&6*98*L46:10:11); PRIPER:=2*PLIPER:=1;D1:=.5; W3701:=
) IF PLIPER GTR PRIPER AND PRIPER NEW 0 OR PLIPER=0 THEN PRIPER ELSE
) PLIPER;BEGIN LABEL W4444;
)
) FORMAT OUT W9942(X3,A6,2(X4,R11.4)
) );LABEL
) W6001,W6002; SWITCH W6000:= W6001; GO TO W6000;W3003);
)
) W6001;PLIPER:=1;PRIPER:=2;LENGTH:=30;D1:=.5;NSR:=.6;EDI:=1000;LD:=EDI;N
) SIOJ:=(ED)*(NSN);GO TO W6002;W3002;
)
) NSMAXO:=NSMINO:=NSLOJ;LUMAXO:=LUMINO;
) =ED; W4444;END;W2998(TIME(1)/3600) WRITE(W9900,W9921,W9959); OR TIME<
) :=0 STEP DT UNTIL 1; LENGTH DO BEGIN IF TIME<DT THEN GO W4005;IF BOO
) LEAN(W300) THEN BEGIN W3001:=0;W3000:=1; END ELSE BEGIN W3001:=1;W3
) 000:=0 END; ED:=ED+(DT)*(NSLW3001);
)
) NSLW3000:=(ED)*(NSN);
) W4005;W400
)
) - 51- IF TIME<DT/2 OR TIME<DT THEN BEGIN LABEL W4444;
) 3900:=W3900; W3901; WRITE(W9901,W9940); IF NS LUM3000)
) NSMAXO THEN NSMAXO:=NS LUM3000) ELSE IF NS LUM3000) THEN NSMI
) NO:=NS LUM3000);IF ED<LUMAXO THEN LUMAXO:=ED ELSE IF ED<LUMINO THEN LUMI
) NO:=ED;
) RUN PHASE GENERATED AT 10:40 10
) NO:=ED;W4444; END END;REWIND(W9901);W3000:= W3001:=0;LD:=
)
) BEGIN IF
) TEGER LFR; FORMAT OUT W9911(X10,'STARTED PRINTING AT ',DAG),W9910

```

```

X1,F7.*,X1,F7.*,X1,F7.,/) ,W923( 111 ED NS
,W922( X3,A4,X4,A4,X4,A4/); INTEGER ARRAY A10; 2 17ARRAY
A20; 2 17ALPHA ARRAY A10; 21E151,W941( FOR W300
B:=0STEP 1UNTIL 2 DOCALL(W3003),A2LW3003); LABEL W4000,W4
001,W4002; PROCEDURE W0097(IMAX,SCALE,ORDINAL,EXPIONENT,DECIMALPLAC
S)IVALUE IMAX;REAL IMAX,SCALE;INTEGER ORDINAL;ALPHA ARRAY EXPIONENT;IN
TEGER ARRAY DECIMALPLACES;BEGIN INTEGER I1,I2;ARRAY LOCAL0:10;IF I1
I=ENTIER(LOG(IMAX)) BEQ 0 THEN I2:=0 ELSE I2:=1 FLOCAL0:=SCALE:=3
*((I1:= I1-2I2)DIV 3);DECIMALPLACESORDINAL:= ABS(I1 MOD 3-2
I2);REPLACE POINTER(LOCAL1)16 BY LOCAL0;FOR 20DIGITS;EXPIONENTORDINAL
I1:=0; *E* C23:5:6I1(IF SCALE<0THEN *ELSE*I)I1/5:6JLOCAL1I0I1
I1I2];SCALE:=10**SCALE END W0097; REAL W7001,W7002,W7003,W7004;
IF PRTPER=0THEN GO TO W4002;W3507:= W3510:=
W0099(LENGTH,W7001, 1,SC,A1);W0099(MAX(ABS(LDMAX),ABS(LDMIN)),
,W7002, 2,SC,A1);W0099(MAX(ABS(NSMAX),ABS(NSMIN)),W7003, 3,SC,A1);
W2500:= TRUE;W4000;W3007:= 0;WRITE(W9900 LSKIF 1 1);WRITE
(W9900 ,W9921,W3004,W3500);W3004:= W3004;IF W2500 THEN BEGIN
W2998(TIME(1)/3600);WRITE(W9900,W9911,W9959)END ELSE WRITE(W9900E0BLI;W9
915);WRITE(W9900,W9923);IF W2500 THEN BEGIN W2500:= FALSE
E;W3007 := 2 ;WRITE(W9900,W9922);FOR W3003:=0 STEP 1 UNTIL
2 DO SCAL(W3003) ;END;W4001; FOR W3007:= W3007 STEP 2W
HILE W3007+ 4 LEQ 52 DO BEGIN LABEL W4003,W4004;READ(W9901,*,W9940)LM
4003];IF LENGTH/W3901-(LFR:=LFR+1)LEQ 2 THEN GO W4003;AZL 0J:=W1111FM
E/W7001;AZL 1J:=ED/W7002;AZL 2J:=NSLOJ/W7003; WRITE(W9900,W991
6,W9941); IF PRTPER> W3901 THEN SCALE(W9901,ENTIER(PRTPER- W3901)
/ W3901);W4003];GO TO W4004;W4003;READ(W9901);GO TO W4002;W4004;END;G
PRINT PHASE GENERATED AT 10:47 38
O TO W4000;W4002;END;
BEGIN ALPHA ARRAY W3501E0:100;W3502E0:140;W3
520E-11:12]; FORMAT OUT W9912(X10,"DEGAN PLUIND A: ",SAG/),W9919(FU.1
,A1,XB,FB.1,A1,X11,FB.1,A1,X7,FU.1,A1,X1,A5,A1),W9919(A5, G1A1,X1, UA1);
REAL W0038, W0039,W0040,W0041,W0042,W0043,W0044,W0045; ALPHA PROCEDURE
W3596(W);ALPHA W;BEGIN POINTER P1,P2;ARRAY LOCAL0:0;FLOCAL0:= W
;SCAN P2;P1:= POINTER(LOCAL0);2FOR 6 WHILE= "0"; W3598:=W*
" [35:35:6*DELTA(F1,P2)END W3596;ALPHA PROCEDURE W3597(W);INTEGER
W;BEGIN ARRAY LOCAL0:0;FLOCAL0 POINTER(LOCAL0);2BY W FOR
6DIGITS;W3599:= LOCAL0;END W3597; PROCEDURE W3598(W3000,W3502,
W3506;W3504)IVALUE W3000;INTEGER W3000;ALPHA W3504,W3506;ALPHA ARRAY W35
02E0;BEGIN INTEGER W3001,W3002;LABEL W4000;W3002:=0;FOR W3001:= W3
000 STEP-2UNTIL 200 BEGIN IF W3502E0W3002]=* THEN BEGIN W3502E0W3002]=
W3506;W3502E0W3002]J:= W3504;GO TO W4000 END ELSE IF W3502E0W3
002]=W3506 THEN FOR W3000:=251F 1 UNTIL W3001-100 IF W3502E0W3002]
W3000]=* THEN BEGIN W3502E0W3002]W3000] := W3504;GO TO W4000 END;W3
002:=W3002;W3001 END SEARCH;W4000;END OF W3598;PROCEDURE W3597(W3502,W
3012)IVALUE W3012;INTEGER W3012;ALPHA ARRAY W3502E0;BEGIN INTEGER W3000
,W3001,W3002;BOULLEAN W2500;LABEL W4000,W4001,W4002;W3000:=W3002 :=0;OR
W3012:= W3012 STEP-2UNTIL 200 BEGIN W2500:=TRUE;FOR W3001:=0 STEP
1 UNTIL W3012-100 IF W3502E0W3000]W3001]=* THEN IF W2500 THEN GO TO W40
01 ELSE GO TO W4000 ELSE BEGIN W2500:= FALSE;W3502E0W3002] :=W3502E
W3000;W3001];W3002:= W3002;END;W3002:=W3002;1;GO TO W4001; W4000:
W3502E0W3002]=* , W3002:=W3002;1;W3000:= W3000;W3012 END;W40
01;FOR W3002:=IF W3002 NEQ 0 THEN W3002 ELSE 0STEP 1UNTIL 1400 W3502E
W3002]=* ;W4002;END; FILL W3520E0;WITH("R","Y","W","B","L","J","H","
G","F","E","A","X","1","M","U","K","U","O","S","P","C","N","D","2"; IF
LTPER=0THEN GO TO W4012;BEGIN LABEL W4009;INTEGER I0; FORNA: W9923 (
ED=E, NS=N
) ;LIST W9942 (LU,NSLO);ARRAY W1010,W1000,W102

```

```

0E0: 2J;ALPHA ARRAY W3504E1: 3J;FILL W3504L*JWITH: 'C', 'N'; W
RITE(W9900[SKIP 1]);WRITE(W9900 ,W9921,W3004,W3500);W3004:= W3004
+1;W2998(TIME(1)/3600);WRITE(W9900,W9912,W9959);WRITE(W9900,W9923);
BEGIN LABEL L1;W1000[ 1]= 0 W1020[ 1]=
800 BEGIN W0038:=W1000[ 1];W0039:=W1020[ 1];END;W100
0[ 1]=W0038;W1020[ 1]=W0039; IF ABS(W3007:= LOG (ABS(W0039))) GE
0 THEN BEGIN W0039 :=W0039/10** ( W3007:=3*ENTIER (LOG(W0
039)/3));W0038:=W0038/10**W3007;W3521:= W3520[W3007/3];END ELSE W35
21:= " " ; W3522:= "E " ;W3523:= " " ;WRITE(W9900,W9919,W0038
,W3521,W0041:=(W0040:= (W0039-W0038)/3);W0038,W3521
,W0043:= W0039-W0040,W3521,W0039,W3521,W3522,W35
23); L:END;BEGIN LABEL L1;W1000[ 2]= 0 W1020[
2]= 800 BEGIN W0038:=W1000[ 2];W0039:=W1020[ 2]
END;W1000[ 2]=W0038;W1020[ 2]=W0039; IF ABS(W3007:= LOG (ABS(W00
39))) GE 0 THEN BEGIN W0039 :=W0039/10** ( W3007:=3*ENTIER
(LOG(W0039)/3));W0038:=W0038/10**W3007;W3521:= W3520[W3007/3];END
ELSE W3521:= " " ; W3522:= "N " ;W3523:= " " ;WRITE(W9900,W99
19,W0038,W3521,W0041:=(W0040:= (W0039-W0038)/3);W0038,W3521
,W0043:= W0039-W0040,W3521,W0039,W3521,W
3522,W3523); L:END; W3010:=10;DO BEGIN READ(W9901,'',W9940);W4009:=
1 FOR W3008:=0STEP 1UNTIL 1000 W3501[W3008]=_ " " ;FOR W3008:=
0,20,40,60 DO W3501[W3008]=1;W3505:=1 ;IF W3010=10 THEN BEGIN W
3010:=0; W3008:=--- ENTIER((LFR+1)/5);W3523:=W3599(W3008);W3505:=
W3596(W3523);W3501[0]= " " ;FOR W3008:=2 STEP 2UNTIL 1000 W350
1[W3008]=_ " " ;END;W3010:=W3010+1; FOR W3008:= 0STEP 1UNTIL 140
DO W3502[W3008] := " " ; W1010[ 1]=L1;W1010[ 2]=N3E0; FOR W300
8:=1STEP 1UNTIL 2 DO BEGIN LABEL W4011;W3009:= ( W1010[W3008]
-W1000[W3008])/(W1020[W3008]-W1000[W3008]);= 60; IF W3009<-.50R W30
09> 60.5 THEN GO TO W4011;W3506:=W3501 W3009]; W3506=" " OR W3506
="." OR W3506="-" THEN W3501[W3009]:=W3504[W3008];ELSE W3598( 3
,W3502,W3506,W3504[W3008]);W4011:END;W3599(W3502, 3 ) ;WRI
TE(W9900,W9914,W3505,FOR W3008:=0 STEP 1 UNTIL 1000 W3501[W3008],FO
R W3009 :=0 STEP 1 UNTIL 100 W3502[W3009]);IF PLIPER> W3901 THEN ST
ACE(W9901,ENTIER((PLIPER-W3901) / W3901);W4009); ELSE END UNTIL
PLOT PHASES GENERATED AT 10:52 26
LENGTH/W3901=(LFR:=LFR+1)LED-1 ;W4009:REWIND(W9901);END;END;W4012:=
W2998(TIME(1)/3600);WRITE(W9900,W9913,W3500,FOR W3005:=0STEP 1 UN
TIL 400 W3499[W3005]); END;END.

```

ELAPSED COMPILATION TIME 10 2

PLEASE ENTER COMPILER URB/180 WITH ALSOL. THEN
WAIT UNTIL YOUR TERMINAL REPORTS THAT YOUR COMPILATION
IS COMPLETE. AFTER GOOD COMPILATION ENTER EXECUTE
URB/180

```

*COMPILING 1496
*SET BCL RESET LIST
00001000 WARNING-BCL PROGRAMS ARE NOT PORTABLE TO LOGIC MACHINES.
*ET=26.9 F1=10.0 IO=7.0

```

EXECUTE URD/180
RUNNING 1502

PAGE 1 EDNEG1

11:01.6183, 20 OCTOBER 1960

STARTED TO RUN CODE AT 11:01.6203, 20 OCTOBER 1960

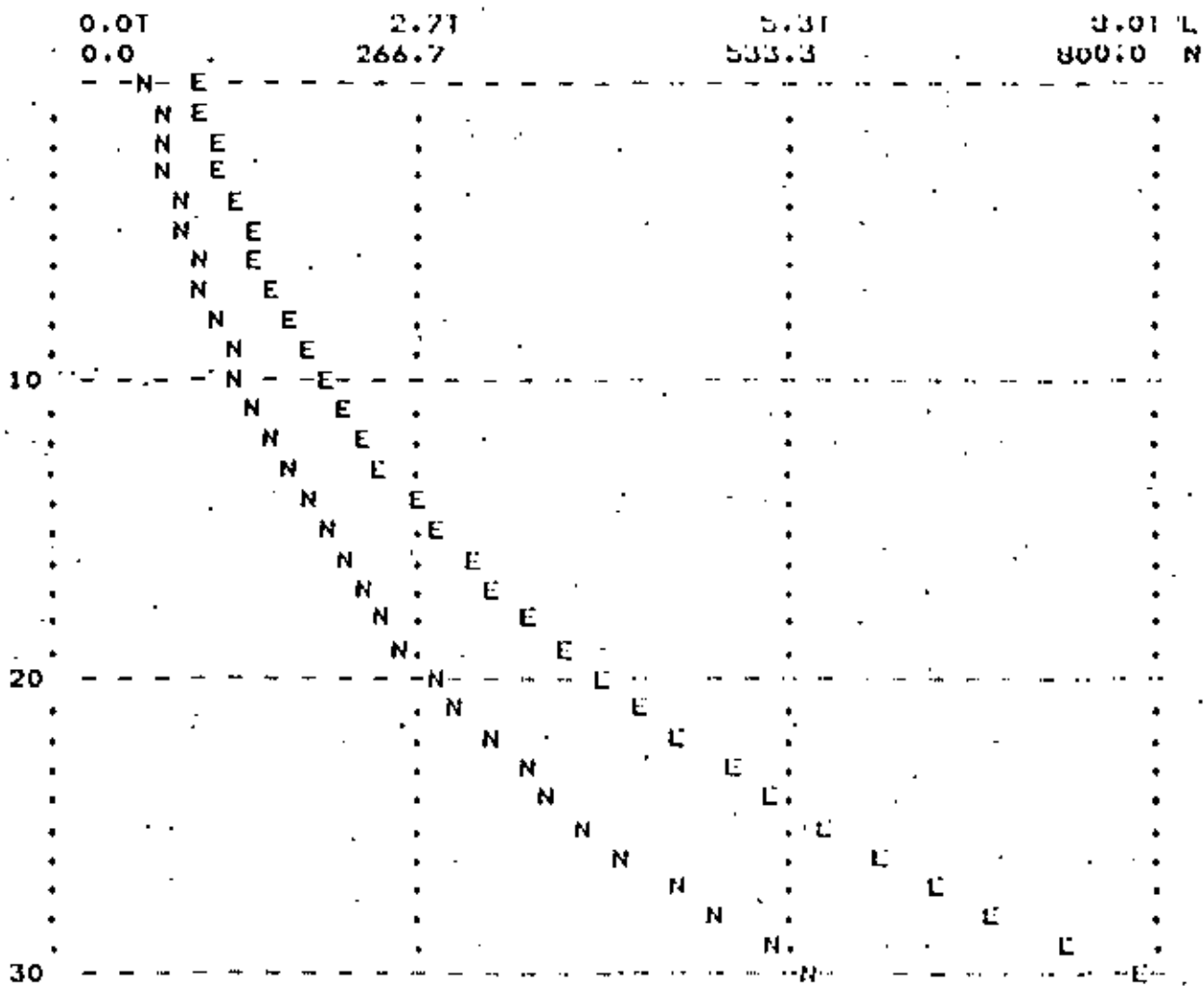
PAGE 2 EDNEG1

STARTED PRINTING AT 11:01.7050, 20 OCTOBER 1960

TIME	ED	NS
E+00	E+00	E+00
0.000	1000.0	70.00
2.000	1147.5	80.33
4.000	1316.8	92.10
6.000	1511.1	105.77
8.000	1734.0	121.38
10.000	1989.8	139.29
12.000	2283.3	159.83
14.000	2620.2	183.41
16.000	3006.7	210.47
18.000	3450.3	241.52
20.000	3959.3	277.15
22.000	4543.3	318.03
24.000	5213.6	364.95
26.000	5982.7	418.79
28.000	6865.3	480.57
30.000	7878.1	551.47

BEGAN PLOTTING AT 11:02.1074, 28 OCTOBER 1980

ED=E, NS=N



FINISHED RUN NUMBER EDNEG1 AT 11:03.5677, 28 OCTOBER 1980

●ET=2:06.9 PT=2.2 IO=2.1

EXECUTE URB/180; FILE W9900(PRINILK)

●RUNNING 1532

●EI=19.1 PT=2.5 IO=2.6

WRITE DYNAMOINPUT

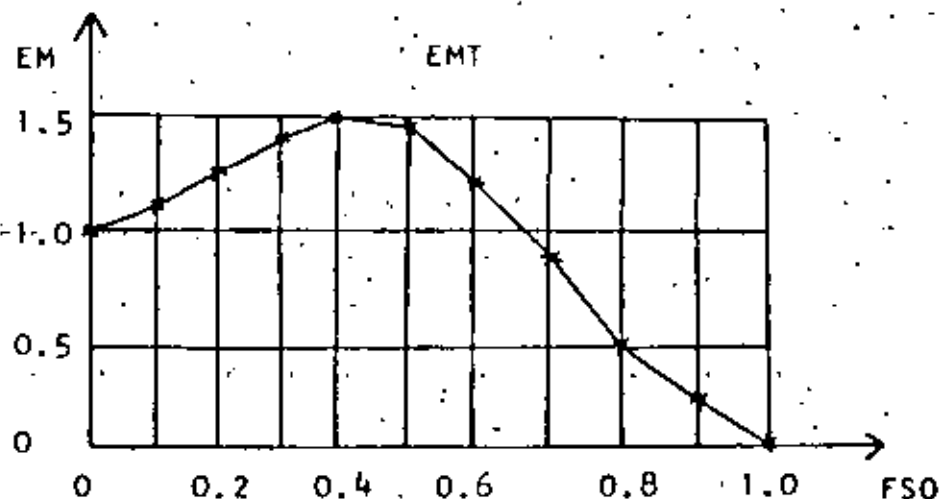
MODELO DINAMICO DE SIMULACION DEL DESARROLLO URBANO II

Complicaremos el modelo anterior añadiéndole lo siguiente: La tasa de construcción NS se verá afectada por un efecto multiplicador que tome en cuenta que mientras más construcciones haya al inicio del desarrollo habrá más alicientes para que se construya más, pues se establecen servicios que pueden ser aprovechados. Se abren restaurantes cerca de los edificios, se instala energía eléctrica, gas, agua potable, telefonos, etc. Este efecto dura hasta que la densidad de edificios aumenta, o sea, cuando aumenta la ocupación del suelo el fenómeno se invierte y el efecto tiende a disminuir la tasa de construcción.

DIAGRAMA CAUSAL:



Para poder introducir el efecto multiplicador, tendremos que relacionarlo con la densidad, y lo haremos mediante una tabla:



Cuya ecuación es:

$$EM.K=TABLE(EMT,FSO.K,0,1,..1)$$

$$EMT*=1/1.15/1.3/1.4/1.45/1.4/1.3/.9/.5/.25/0$$

O sea que entrando con un valor FSO, refiriéndolo a la gráfica y luego al eje EM nos dará el valor del multiplicador según sea la forma de la curva experimental. Esta cualidad permite introducir a la computadora elementos subjetivos como razones dándole diversas formas a las curvas según nuestra intuición y luego revisando y verificando o cambiando los resultados.

Veamos como se forma la ecuación FSO:

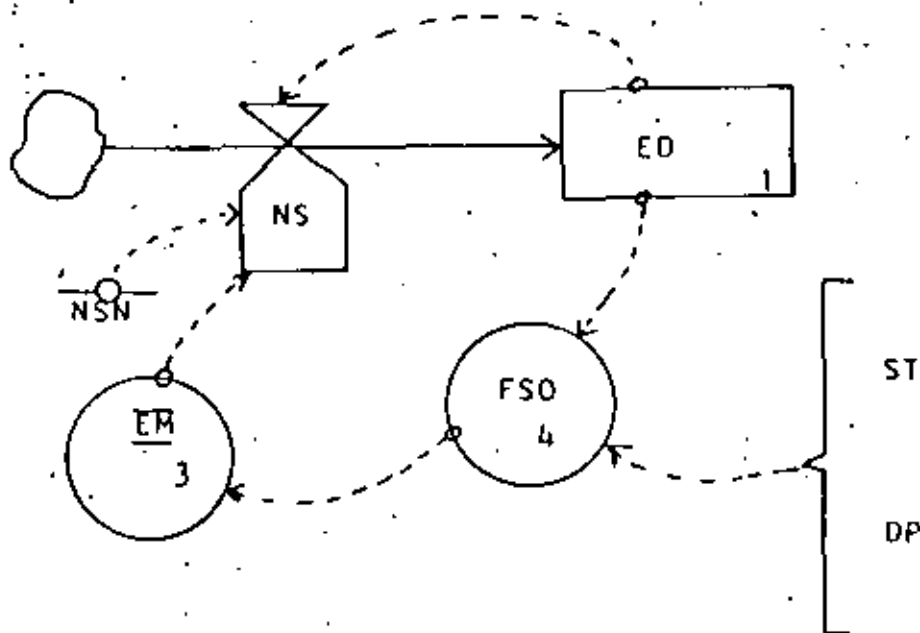
FSO va a ser la fracción de suelo ocupado por los edificios por lo que intervendrá en su ecuación, los edificios ED, la superficie total del ámbito urbano o sistema considerado, y la densidad media dada en hectáreas por edificio:

$$FSO.K=(ED.K)(DP)/ST$$

$$ST=1000$$

$$DP=0.2$$

Veamos como se modificó nuestro diagrama DYNAMO:



Las ecuaciones DYNAMO quedan:

$$ED.K = ED.J + (DT)(NS.JK)$$
$$ED = 1000$$

ED edificios (unidades)
NS tasa de construcción (unids/año)

$$NS.KL = (ED.K)(NSN)(EM.K)$$
$$NSN = 0.7$$

NS tasa de construcción (unids/año)
ED edificios (unidades)
NSN valor normal de la tasa NS (fracción/año)

$$EM.K = TABLE(EMT, FSO.K, 0, 1, .1)$$
$$EMT = 1/1.15/1.3/1.4/1.45/1.4/1.3/.9/.5/.25/0$$

EM efecto multiplicador (adimensional)
EMT nombre de la tabla
FSO fracción de suelo ocupado (fracción)

$$FSO.K = (ED.K)(DP)/ST$$
$$ST = 1000$$
$$DP = .2$$

ST superficie total en estudio (Hectáreas)
DP densidad promedi (Ha/unid.)

```

100 REMOTE
200 DYNAMO DLIST NARROW
300 RUN EDNEG2
400 NOTE
500 NOTE MECANISMOS DEL AMBITO URBANO, CONSTRUCCION DE EDIFICIOS=
600 NOTE NS, EDIFICIOS CONSTRUIDOS=ED, TASA NORMAL DE CONST=NSN
700 NOTE AL MODELO ANTERIOR SE LE ADEGA EL EFECTO MULTIPLICADOR
800 NOTE POR LA FRACCION DE SUELO OCUPADO POR LOS EDIFICIOS(FSD)
900 NOTE TOMANDOSE EN CUENTA LA SUPERFICIE TOTAL(ST) Y LA DENSIDAD
1000 NOTE PROMEDIO DE SUELO OCUPADO POR EDIFICIO (DP)
1100 NOTE
1200 ED.K=ED.J+(DT)(NS.JK)
1300 ED=EDI
1400 EDI=1000
1500 NS.KL=(ED.K)(NSN)(EM.K)
1600 NSN=.07
1700 EM.K=TABLE(EMT,FSD.K,0,1,.1)
1800 EMT*=1/1.15/1.3/1.4/1.45/1.4/1.3/.7/.5/.25/0
1900 NOTE
2000 FSD.K=(ED.K)(DP)/ST
2100 ST=1000 HECTAREAS
2200 DP=.2 HECTAREAS POR EDIFICIO
2300 PRINT 1)ED/2)NS/3)FSD
2400 PLOT ED=E/NS=N/FSD=F
2500 SPEC DT=.5/LENGTH=30/PRIPER=2/PLIPER=1
*
800NOTE (EM) POR LA FRACCION DE SUELO OLL
800NOTE (EM) POR LA FRACCION DE SUELO OCUPADO POR LOS EDIFICIOS(FSD)
RES
*UPDATING
*
L 800
800 NOTE (EM) POR LA FRACCION DE SUELO OCUPADO POR LOS EDIFICIOS(FSD)
*
2200 DP=.2 HECTAREAS POR EDIFICIO
RES
*UPDATING
*
L
100 REMOTE
200 DYNAMO DLIST NARROW
300 RUN EDNEG2
400 NOTE
500 NOTE MECANISMOS DEL AMBITO URBANO, CONSTRUCCION DE EDIFICIOS=
600 NOTE NS, EDIFICIOS CONSTRUIDOS=ED, TASA NORMAL DE CONST=NSN
700 NOTE AL MODELO ANTERIOR SE LE ADEGA EL EFECTO MULTIPLICADOR
800 NOTE (EM) POR LA FRACCION DE SUELO OCUPADO POR LOS EDIFICIOS(FSD)
900 NOTE TOMANDOSE EN CUENTA LA SUPERFICIE TOTAL(ST) Y LA DENSIDAD
1000 NOTE PROMEDIO DE SUELO OCUPADO POR EDIFICIO (DP)
1100 NOTE
1200 ED.K=ED.J+(DT)(NS.JK)
1300 ED=EDI
1400 EDI=1000
1500 NS.KL=(ED.K)(NSN)(EM.K)
1600 NSN=.07
1700 EM.K=TABLE(EMT,FSD.K,0,1,.1)
1800 EMT*=1/1.15/1.3/1.4/1.45/1.4/1.3/.7/.5/.25/0

```

```

1900 NOTE
2000     FSD,K=(ED,K)(DF)/ST
2100     ST=1000 HECTAREAS
2200     DF=.2 HECTAREAS POR EDIFICIO
2300 PRINT 1)ED/2)NS/3)FSD
2400 PLOT  ED=E/NS=N/FSD=F
2500 SPEC  DT=.5/LENGTH=30/PRIPER=2/PLTPER=1

```

```

*
SA
*WORKSOURCE DYNAMOINPUT SAVED! OLD SOURCE REMOVED
EXECUTE *DYNAMO/DISK
*RUNNING 18B1
*7

```

ENTER IN COLUMNS 1-15 THE NAME OF THE DISK FILE YOU WISH DYNAMO TO CREATE TO WRITE YOUR ADDOL SOURCE CODE. IF OUTPUT IS DESIRED ON THE LINE PRINTER ENTER C IN COLUMN 1 FOLLOWED BY FILENAME

URB/280

OK

BURROUGHS D6700/B7700 DYNAMO LEVEL DYN454:10/20/80

INPUT PHASE BEGIN AT 11:39 55

DYNAMO DLIST-NARROW
 RUN EDNEG2

MECANISMOS DEL AMBITO URBANO, CONSTRUCCION DE EDIFICIOS= NS, EDIFICIOS CONSTRUIDOS=ED, TASA NORMAL DE CONST=NSN- AL MODELO ANTERIOR SE LE AGREGA EL EFECTO MULTIPLICADOR (EM) POR LA FRACCION DE SUELO OCUPADO POR LOS EDIFICIOS(FSD) TOMANDOSE EN CUENTA LA SUPERFICIE TOTAL(ST) Y LA DENSIDAD PROMEDIO DE SUELO OCUPADO POR EDIFICIO (DF)

```

ED,K=ED,J1(DT)(NS,JK)
ED=ED1
ED1=1000
NS,KL=(ED,K)(NSN)(EM,K)
NSN=.07
EM,K=TABLE(EM1,FSD,K,0,1,.1)
EM1*=1/1.15/1.3/1.4/1.45/1.4/1.5/1.7/1.5/25/0

```

```

FSD,K=(ED,K)(DF)/ST
ST=1000 HECTAREAS
DF=.2 HECTAREAS POR EDIFICIO

```

```

PRINT 1)ED/2)NS/3)FSD
PLOT  ED=E/NS=N/FSD=F
SPEC  DT=.5/LENGTH=30/PRIPER=2/PLTPER=1

```

INPUT PHASE CONCLUDED AT 11:40 41

GENERATION PHASE BEGAN AT 11:40 42
RUN PHASE GENERATED AT 11:40 53
PRINT PHASE GENERATED AT 11:40 55
PLOT PHASES GENERATED AT 11:40 57

ELAPSED COMPILATION TIME 1 43

PLEASE ENTER COMPILER URB/200 WITH ALGOL. THEN
WAIT UNTIL YOUR TERMINAL REPORTS THAT YOUR COMPILATION
IS COMPLETE. AFTER GOOD COMPILATION ENTER EXECUTE
URB/280

*ET=1:58.8 PT=6.1 IO=7.2
COMPILER URB/280 WITH ALGOL
*COMPILING 1906
*SET BCL RESET LIST
00001000 WARNING-BCL PROGRAMS ARE NOT PORTABLE TO EBCDIC MACHINES.
*ET=44.0 PT=12.1 IO=9.1
EXECUTE URB/200
*RUNNING 1917

PAGE 1 EDNEG2

11:42.5578, 28 OCTOBER 1980

STARTED TO RUN CODE AT 11:42.5609, 28 OCTOBER 1980

PAGE 2 EDNEG2

STARTED PRINTING AT 11:42.6347, 28 OCTOBER 1980

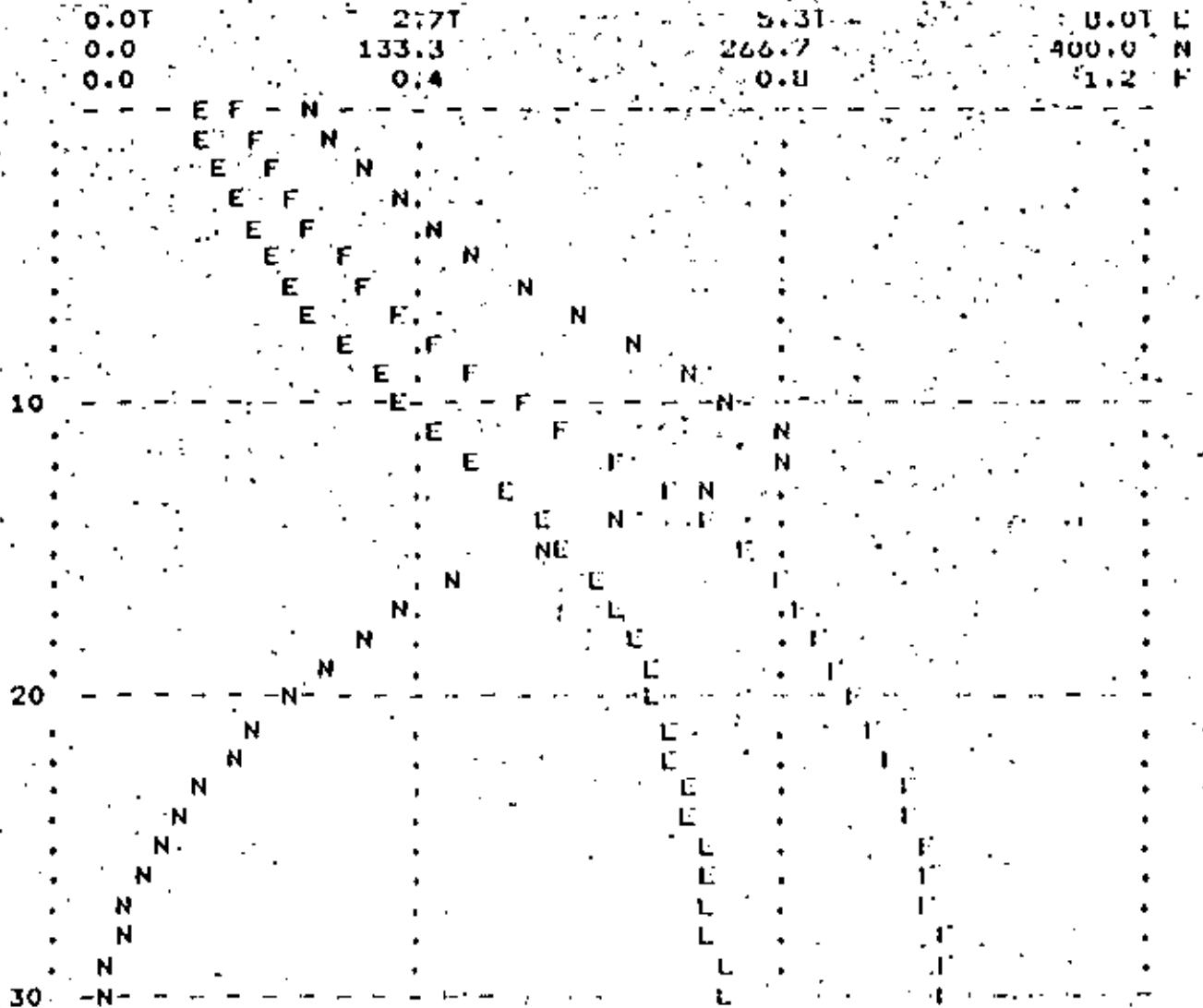
TIME	ED	NS	FSD
E+00	E+00	E+00	E+00
0.000	1000.0	91.00	0.20000
2.000	1197.1	112.24	0.23941
4.000	1441.2	140.05	0.28824
6.000	1745.9	174.11	0.34919
8.000	2124.6	213.79	0.42492
10.000	2579.9	249.94	0.51597
12.000	3101.4	264.62	0.62027
14.000	3590.3	288.03	0.71807
16.000	3960.2	147.44	0.79204
18.000	4227.3	114.32	0.84547

20.000	4435.4	87.65	0.88707
22.000	4593.2	65.39	0.91865
24.000	4710.1	47.79	0.94202
26.000	4795.0	34.40	0.95901
28.000	4855.9	24.49	0.97118
30.000	4899.1	17.30	0.97983

PAGE 3 EDNEG2

BEGAN PLOTTING AT 11:43.2111, 20 OCTOBER 1980

ED=E, NS=N, FSO=F



FINISHED RUN NUMBER EDNEG2 AT 11:44.8217, 20 OCTOBER 1980
 #ET=2:15.8 #I=2.4 IO=1.7
 EXECUTE URM/280;FILE W9900(PRINTLN)

DESARROLLO DE UN EJEMPLO DE PLANEACION URBANA:

Con objeto de exponer los pasos que se siguen al realizar un modelo describiremos este ejemplo con más detalle.

1.0 Planteamiento del Problema.

Al aparecer en enero de 1978 el Programa de Desconcentración Territorial de la Administración Pública Federal, que propugna por desconcentrar la Administración Pública enviando a los empleados a las principales ciudades del país, se planteó la situación de que si la demanda de oficinas en estas ciudades podría ser satisfecha sin muchos problemas. Esto requiere hacer una investigación de gran magnitud sobre las tendencias del crecimiento y los posibles volúmenes de asignación de personal, como el tiempo disponible es corto se planteó la posibilidad de hacer una investigación causal.

2.0 Metodología.

El problema planteado se resolverá haciendo un pronóstico mediante un modelo de simulación dinámica, lo que implica los siguientes pasos:

2.1 Modelo Anecdótico.

Previamente al modelo anecdótico se buscaron mecanismos para establecer el comportamiento del crecimiento de la demanda de suelo urbano para el sector público. Se analizaron diversas variables como son la población económicamente activa en la industria, en el Sector Eléctrico, en Servicios y en Gobierno según los censos de 1970.

Se ajustaron los datos estadísticamente mediante correlación y se encontró que en las principales ciudades según los censos cuando el nivel de industria o sea la población económicamente activa en industria es grande la población económicamente en gobierno es menor, pero existe un nivel constante de empleo proporcionado básicamente por la combinación de ambos sectores.

Modelo Anecdótico.

"La población nacional crecerá a una tasa del 2.585% anual teniendo en el año 2000, 104 millones de habitantes a partir

de los 48.38 millones en 1970.

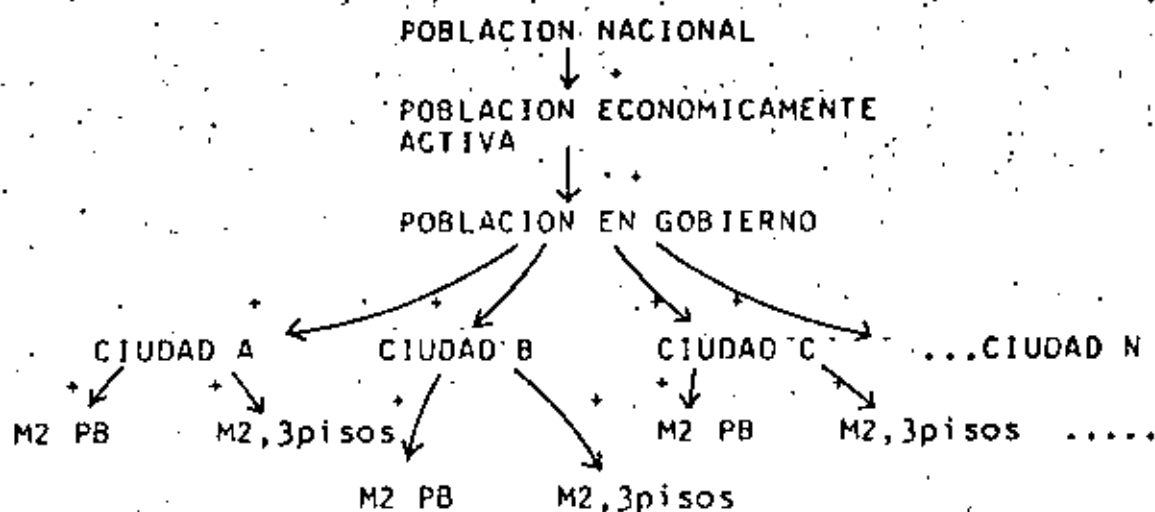
Si suponemos que la proporción de población económicamente activa aumentará de igual forma, a partir de la población nacional podremos calcular la población económicamente activa nacional y así mismo la población total en gobierno siempre y cuando se mantengan las mismas tendencias.

Si aplicamos el factor de distribución obtenido de los censos FDCD que tiene un determinado valor para cada ciudad y le añadimos la política de desconcentración (POL) en términos del número de empleados desconcentrados, tendremos TCD el total a desconcentrar por ciudad.

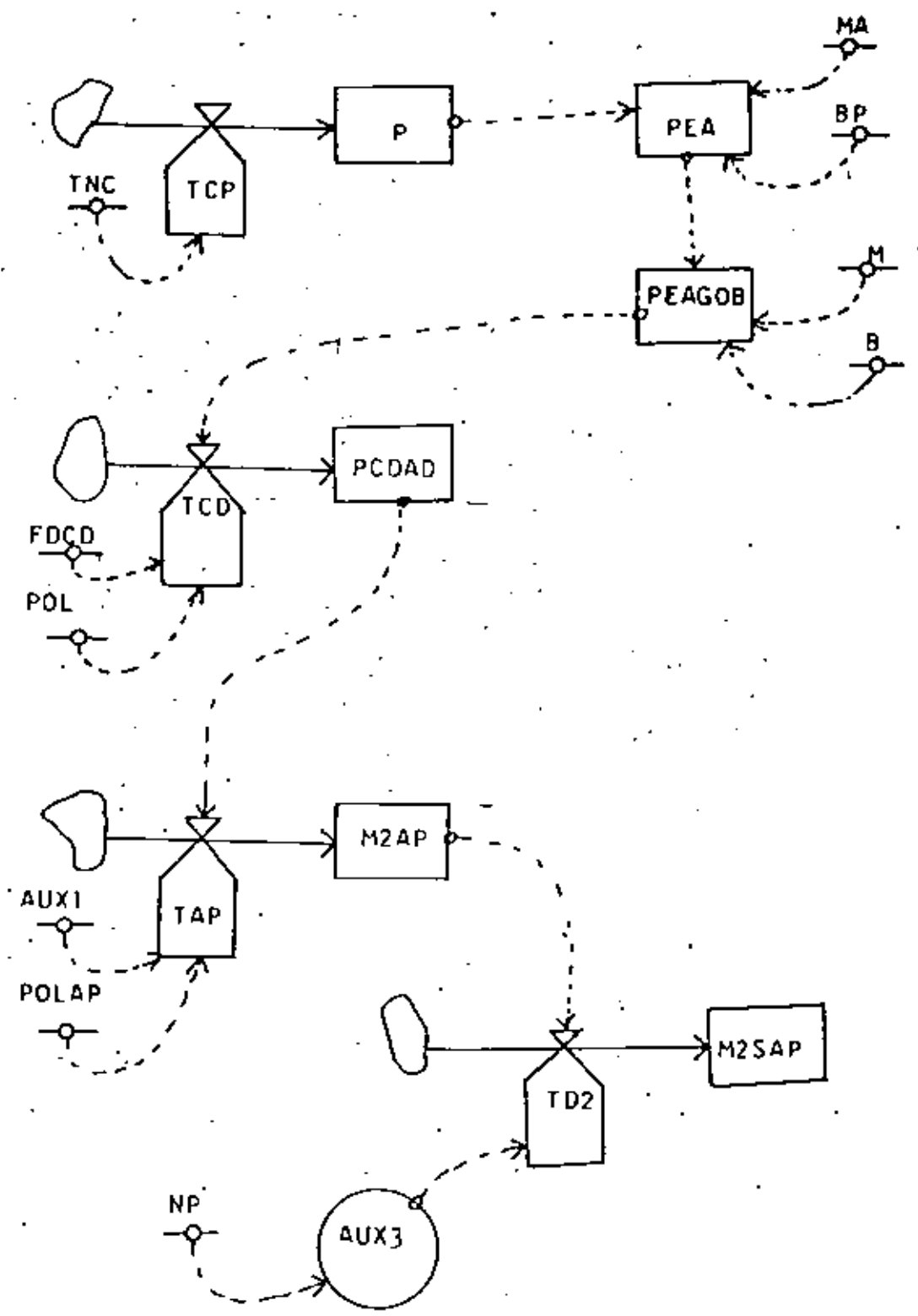
Suponiendo que en México en promedio se requieren de 12.8 metros cuadrados de oficina por persona es posible calcular el número de metros cuadrados de oficina y su incremento anual, pudiendo agregar un número extra llamado POLAP para casos especiales que requieran más espacio. Esto para oficinas en planta baja. Como el promedio nacional es de tres pisos, también se calcula el incremento anual de espacio para tres pisos.

Este proceso se repite para todas las ciudades deseadas.

2.2 Diagrama Causal:



2.3 Diagrama DYNAMO:



2.4 Construcción de ecuaciones:

La población nacional en el año K es igual al valor en el año J, más el intervalo de tiempo transcurrido (1 año) DT multiplicado por la tasa de crecimiento TCP:

$$P.K = P.J + (DT)(TCP.K)$$

P=48.36E6 VALOR INICIAL CENSOS DE 1970

La tasa TCP, esta formada por la población en K multiplicada por el valor de la tasa normal esperada de crecimiento de la población TNCP:

$$TCP.K = (P.K)(TNCP)$$

La población económicamente activa PEA se obtiene a partir de la recta de regresión calculada (no se incluye en este ejemplo), siendo:

$$PEA.K = (MA)(P.K) + BP$$

MA=-19815 PENDIENTE DE LA RECTA
BP=3646.17E3 INTERSECCION EN EL EJE VERTICAL

La población trabajando en gobierno en todo el país:

$$PEAGOB.K = (M)(PEA.K) - B$$

M=.0592
B=-9735 PARAMETROS DE LA RECTA DE REGRESION

La población que trabaja en gobierno en cada ciudad PCDD, esta dada por:

$$PCDD.K = PCDD.J + (DT)(TCD.K - PCDD.J)$$

$$TCD.KL = (PEAGOB.K)(FDCD) + POL$$

FDCD es un valor dado en los censos y es la proporción de la población nacional en gobierno que trabaja en cada ciudad - suponiendose constante. Para Baja California FDCD=.0394

POL es el número de personas que añadirán emigraciones especiales hasta ahora no planeadas por lo que POL=0

A la variable PCOAD le daremos un valor inicial de cero, es el incremento de población cada año.

Si multiplicamos PCOAD por el número de metros cuadrados que ocupa cada persona en promedio AUX1, tendremos; el incremento anual de metros cuadrados demandados.

$$TAP.KL = (PCOAD.K)(AUX1) + POLAP$$

POLAP se debe al posible incremento en metros cuadrados por condiciones especiales de clima o instalaciones especiales como laboratorios, etc. En el modelo estamos considerando - POLAP=0, AUX1=12.8 M2/persona:

$$M2AP.K = M2AP.J + (DT)(TAP.JK - M2AP.J)$$

La ecuación anterior es el número de metros cuadrados de oficina en planta baja o sea de un solo nivel de construcción. Si además las oficinas fueran de NP pisos, NP=3 :

$$TD2.KL = (M2AP.K)(AUX3)$$

$$AUX3 = 1/NP$$

TD2 será el incremento de metros cuadrados en oficinas de NP pisos, si esta ecuación la expresamos como una ecuación de nivel:

$$M2SAP.K = M2SAP.J + (DT)(TD2.JK - M2SAP.J)$$

A continuación aparece el programa usando varios "RUN" para procesar varias ciudades.

BIBROLOGHS 06700/P7707 DYNAMO-LEVEL DYNAMO 6/ 7/80
INPUT-PHASE BEGIN AT 19151 P

DYNAMO NCZIF NARRHM
RJA RLA

MODELO DINAMICO DE SIMULACION DEL CRECIMIENTO DEL SUELO URBANO
OCCUPADO POR LA ADMINISTRACION PUBLICA

*****EXPLICACION DEL MODELO*****

A PARTIR DEL ESTUDIO DE LOS CENSOS SE ENCONTRO UNA RECTA CORRELA
CION ENTRE LA POBL. TOT Y LA PES. USANDO EL METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS
PARA EL AÑO 1970 SE CALCULO LA TASA DE CRECIMIENTO DE LA POBL. NA
CIONAL Y A PARTIR DE ESTA LA PEA OBTENIDA UNA RECTA DE REGRESION
EL CALCULO DE LA POBL. EN CADA TIEMPO SE HIZO MEDIANTE UNA RECTA
DE REGRESION INTERPOLADA A PARTIR DE LA POBL. EN CADA SEGUN LOS
CENSOS DE 1970
A PARTIR DE LA POBL. NA EN CADA SEGUN LA RECTA ANTERIOR SE
CALCULO TAMBIEN DE LOS CENSOS EL PORCENTAJE EXPRESANDO CERCANAMENTE
QUE REPRESENTA CADA UNA DE LAS CIUDADES CONSIDERANDO QUE ESTAS
SUN SIGNIFICATIVAS PONDERRAMENTE PARA LA ENTIDAD CONSIDERANDO
EL NUMERO DE HAB. SE CALCULO EN CADA SE MULTIPLIQUE POR LA ENTIDAD
EL ESPACIO PARA OBTENER EL NUMERO DE CASAS PARA ESTAS CIUDADES Y ASI
SE CONSIDERO UN PROMEDIO DE TRES CASAS PARA ESTAS CIUDADES Y ASI
SE DETERMINO EL TOTAL DE SUELO URBANO OCCUPADO POR PEA.....

VALOR DE LA POBLACION NACIONAL

1 $P.K = P.J + (ET)(TCP.K)$

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE LA POBLACION

2 $TCP.K = (P.K) / (P.J)$

RECTA DE REGRESION DE LA PEA OBTENIDA DE LOS CENSOS

3 $PEA.K = (M1)(P.K) + B1$

RECTA DE REGRESION DE LA POBLACION EN CADA SEGUN CENSOS

4 $PEAGOB.K = (M2)(PEA.K) + B2$

POBLACION QUE TRABAJA EN CADA SEGUN ENTIDAD ESTUDIADA

5 $POCAD.K = PCAD.J + (D1)(TCP.K - POCAD.J)$

DISTRIBUCION DE PEA POR LA CIUDAD CORRESPONDIENTE
EL VALOR A PEA ES UN VALOR DE LOS CENSOS

6 $TCD.K = (PEAGOB.K) / (POCAD.K)$

METROS CUADRADOS DE OFICINAS DE GOBIERNO DE LA PISO*SELC PB
M2AP*K=M2AP*J+(DT)(T12*JK-M2AP*J)

INCREMENTO ANUAL DE METROS CUADRADOS DE DEMANDA DE OFICINAS GOB.
T12*KI=(PCOAN*K)(AUX1)+POLAP

AUX1=12.5 METROS CUADRADOS POR PERSONA

METROS CUADRADOS DE OFICINAS EN N° PISOS
M2SAP*K=M2SAP*J+(DT)(T12*JK-M2SAP*J)

INCREMENTO ANUAL DE M2 DE OFICINAS DE N° PISOS

T12*KI=(M2SAP*K)(AUX3)
AUX3=1/MF

***** PARAMETROS Y VALORES INICIALES *****

M=49.386 VALOR INICIAL DE LA POCACION EN 1970
PLCAD=0 VALOR INICIAL EN LA CILTA
MA=19815 PENDIENTE DE LA RECTA DE REGRESION PARA CALC PEA
P1=3446127 PARAMETRO DE LA RECTA DE REGRESION PARA PEA
M2=0592 PENDIENTE DE LA RECTA DE REGRESION PARA CALC PEA
P2=9735 PARAMETRO DE LA RECTA DE REGRESION PARA PEA
M=3 NUMERO DE PISOS PROMEDIO
M2AP=0 M2 EN OFICINAS GOB VALOR INICIAL
M2SAP=0 VALOR INICIAL
T12CP=0.0258 CORRESPONDE A LA HIPOTESIS DE 100 MILLONES AN/ 200
PLA=12.0556 VALOR INICIAL
PLADON=457289 VALOR INICIAL EN 1970
POLAP=0
PGL=0

FLCD=.0394 BAJA-CALIFORNIA NORTE

PRINT 1)P/2)PC/3)PLAG/4)PCOAN/5)M2AP/6)T12/7)M2SAP
PLOT M2AP/M2SAP
SPEC DT=1/LENGTH=10/PRTERR=1/MLTERR=.5

*** A CONTINUACION LOS VALORES PARA LAS SIGUIENTES CORRIDAS ***

RJA T12REN
RJA FLCD=.0377 T12REN
RJA M2CIFA
RJA FLCD=.0150 M2CIFA
RJA M2CIFA
RJA FLCD=.0211 M2CIFA
RJA M2CIFA

R'IN FLCD=.0248 MONTERREY
 R'IN TAMAU-LIPAS
 R'IN FLCD=.0356 TAMAU-LIPAS
 R'IN CVICTORIA
 R'IN FLCD=.1019 CIUDAD VICTORIA
 R'IN TAMPICO
 R'IN FLCD=.0574 TAMPICO
 R'IN BLS
 R'IN FLCD=.0937 BLS
 R'IN LA PAZ
 R'IN FLCD=.1403 LA PAZ
 R'IN SINALOA
 R'IN FLCD=.0310 SINALOA
 R'IN CULIACAN
 R'IN FLCD=.0419 CULIACAN
 R'IN MAZATLAN
 R'IN FLCD=.0628 MAZATLAN
 R'IN DURANGO
 R'IN FLCD=.0259 DURANGO
 R'IN DUR
 R'IN FLCD=.0406 DUR
 R'IN ZACATECAS
 R'IN FLCD=.0175 ZACATECAS
 R'IN ZAC
 R'IN FLCD=.0917 ZAC
 R'IN SIP
 R'IN FLCD=.0187 SIP
 R'IN SI
 R'IN FLCD=.0531 SI
 R'IN CVALLFS
 R'IN FLCD=.0398 CIUDAD VALLES
 R'IN MEXICALT
 R'IN FLCD=.0541 MEXICALT
 R'IN ENSENADA
 R'IN FLCD=.0673 ENSENADA
 R'IN SONORA
 R'IN FLCD=.037 SONORA
 R'IN HERMOSILLO
 R'IN FLCD=.067 HERMOSILLO
 R'IN CIUDAD OREGON
 R'IN FLCD=.0601 CIUDAD OREGON
 R'IN GUAYMAS
 R'IN FLCD=.0407 GUAYMAS
 R'IN CHIHUAHUA
 R'IN FLCD=.0284 CHIHUAHUA
 R'IN CHI
 R'IN FLCD=.0425 CHI
 R'IN OCAHUILA
 R'IN FLCD=.0238 OCAHUILA
 R'IN SALTILLO
 R'IN FLCD=.0426 SALTILLO

INPUT PHASE CONCLUDE AT 14151 43

GENERATION PHASE BEGAN AT 14151 44

R'IN PHASE GENERATED AT 14154 51

PRINT PHASE GENERATED AT 14154 54

PLOT PHASES GENERATED AT 14154 59

ELAPSED COMPILE TIME 3 58

PAGE 1 HCN

14156.51447 A JUNE 1960
STARTED TO RUN CODE AT 14156.59677 A JUNE 1960

PAGE 2 HCN

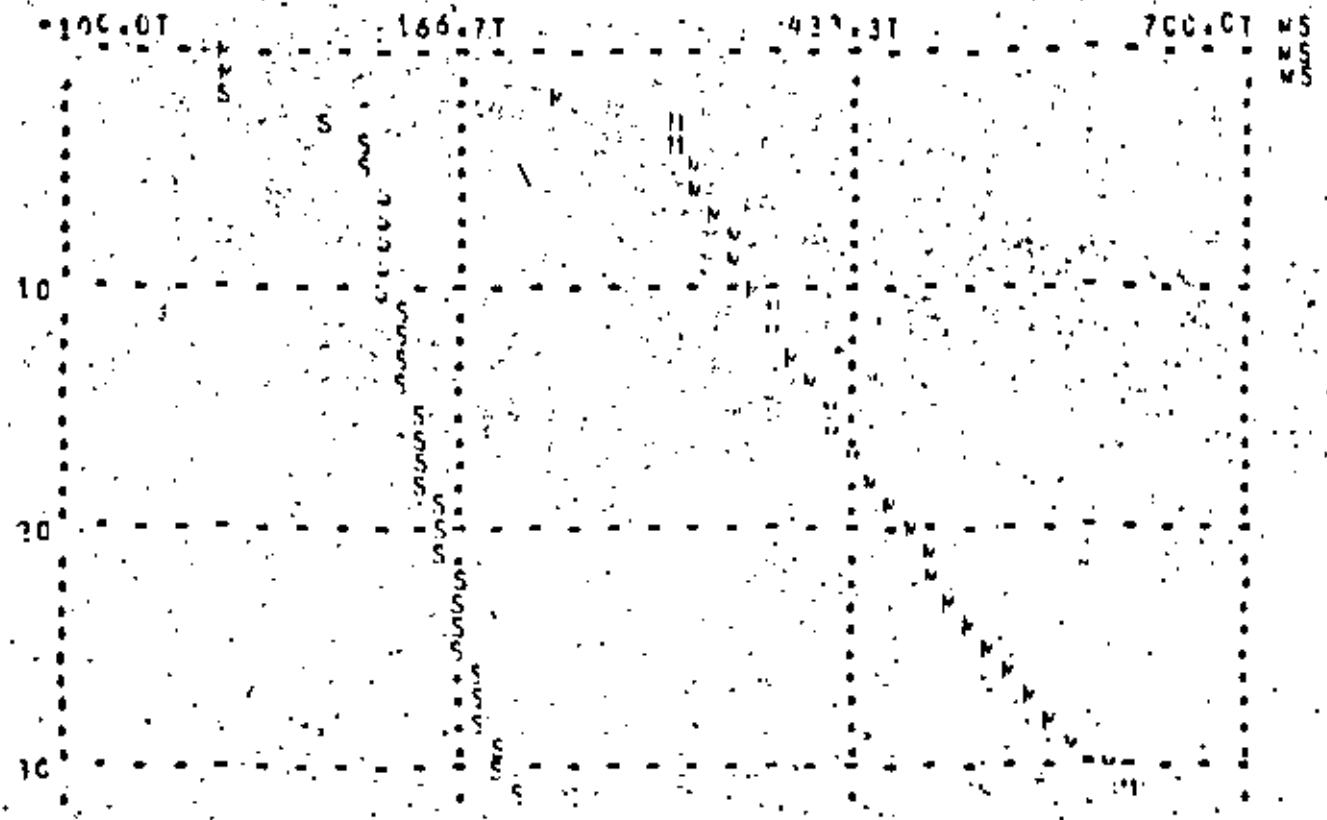
STARTED PRINTING AT 14156.65977 A JUNE 1960

TIME	P	SEA	PEAGDH	PCDAD	M2AF	IAP	M2SAP
E+00	E+00	E+03	E+03	E+00	E+03	E+03	E+03
0.000	48.38	12755.	157.3	0.	0.00	0.00	0.00
2.000	50.91	10753.	528.4	24172.	710.62	309.31	0.00
4.000	53.58	10981.	459.4	25374.	317.00	324.75	103.14
6.000	56.39	11537.	552.4	26618.	322.77	340.90	108.26
8.000	59.34	12123.	727.4	27968.	309.37	357.99	113.65
10.000	62.45	12738.	773.4	29348.	346.83	375.91	119.33
12.000	65.70	13386.	902.7	30841.	375.23	394.77	125.30
14.000	69.16	14068.	942.4	32392.	414.57	414.52	131.59
16.000	72.78	14786.	985.1	34024.	474.93	435.50	138.21
18.000	76.59	15541.	929.4	35741.	436.35	457.48	145.17
20.000	80.50	16316.	774.4	37548.	458.90	480.61	152.49
22.000	84.52	17172.	1026.3	39449.	472.63	504.95	160.20
24.000	89.26	18057.	1078.4	41451.	517.60	530.57	168.32
26.000	93.94	18979.	1133.3	43557.	513.88	557.53	176.86
28.000	98.86	19953.	1191.0	45773.	571.53	585.70	185.84
30.000	104.04	20979.	1251.7	48106.	600.63	615.75	195.30

PAGE 3 HCN

BEGAN PLOTTING AT 14156.7758, 8 JUNE 1980

MAP=H M2SAP=5



FINISHED RUN NUMBER HCN AT 14156.8064, 8 JUNE 1980

PAGE 4 TORRES

FLED

0-0394

0-0327

STARTED TO RUN CODE AT 14156.8000, 8 JUNE 1980

PAGE 5 TORRES

STARTED PRINTING AT 14156.8000, 8 JUNE 1980

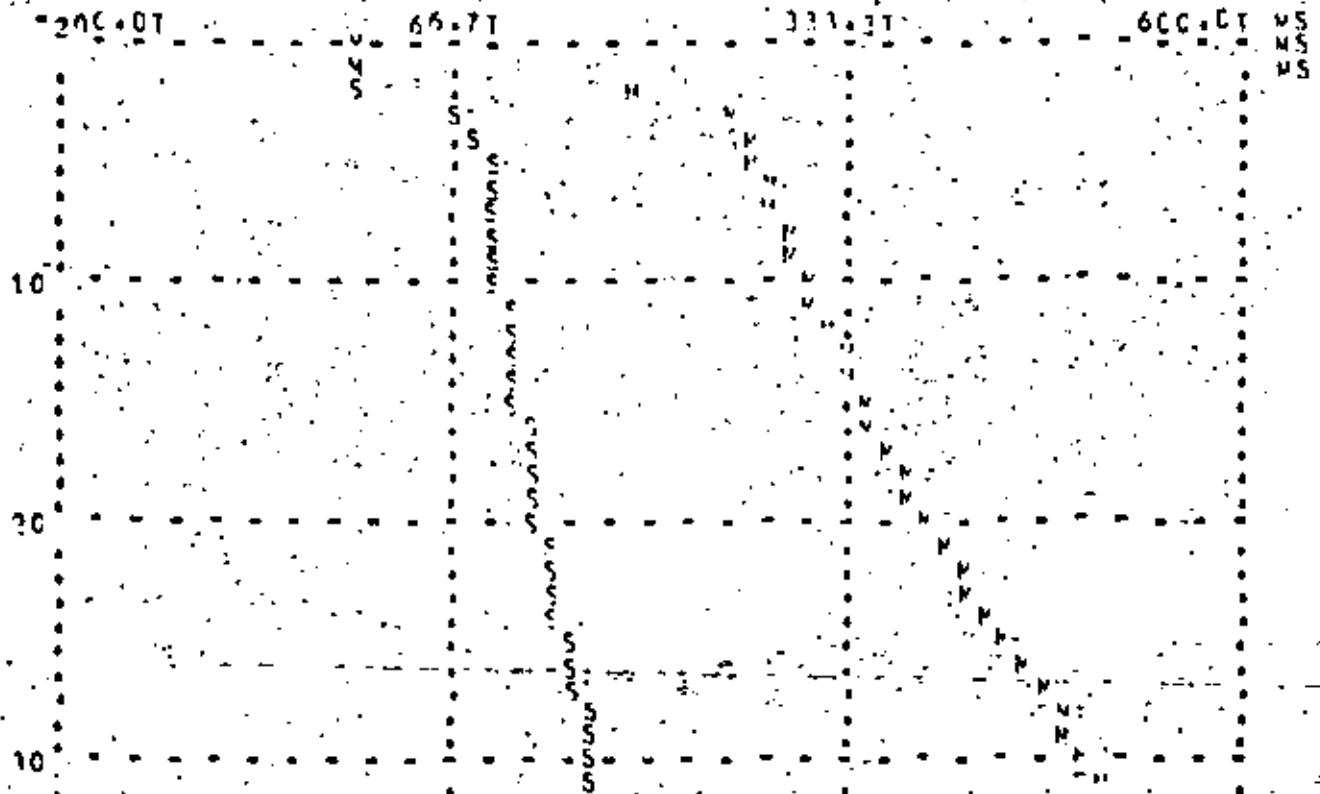
TYPE	P	PEA	PEACDH	PCDAD	M2AF	TAP	M2SAF
E+00	E+00	E+03	E+03	E+00	E+03	E+03	E+03
0+000	48.38	12955.	157+3	0.	0+00	0+00	0+00
2+000	50.91	10753.	428+4	200+2	171+40	256+79	0+00
4+000	53.54	10981.	659+8	21059.	743+09	269+99	85+00
6+000	56.39	11517.	692+8	22108.	776+18	282+98	89+05
8+000	59.30	12123.	727+8	23212.	779+99	297+11	94+33
10+000	62.15	12739.	763+8	24370.	770+46	311+99	99+04
12+000	65.72	13386.	707+2	25597.	719+71	327+64	104+00
14+000	69.14	14068.	802+4	26880.	735+77	344+11	109+21
16+000	72.78	14784.	885+1	28228.	752+67	361+14	114+70
18+000	76.59	15541.	929+8	29663.	770+45	379+49	120+48
20+000	80.40	16336.	974+8	31143.	789+16	398+98	126+56
22+000	84.22	17172.	1056+3	32741.	808+54	419+79	132+98
24+000	89.24	18052.	1078+4	34402.	829+59	440+35	139+70
26+000	93.94	18970.	1133+3	36150.	851+39	462+72	146+78
28+000	98.42	19953.	1191+0	37989.	874+34	486+26	154+24
30+000	104.04	20979.	1251+7	39925.	898+50	511+04	162+09

PAGE

TORREO

BEGAN PLOTTING AT 14:57.0047, 8 JUNE 1980

F2AP=M, M2SAP=S



FINISHED RUN NUMBER TORREO AT 14:57.0372, 8 JUNE 1980

PAGE 7 PONCLO

FDCD

0.0327

0.0150

STARTED TO RUN CODE AT 14157.0370, 8 JUNE 1960

PAGE 8 PONCLO

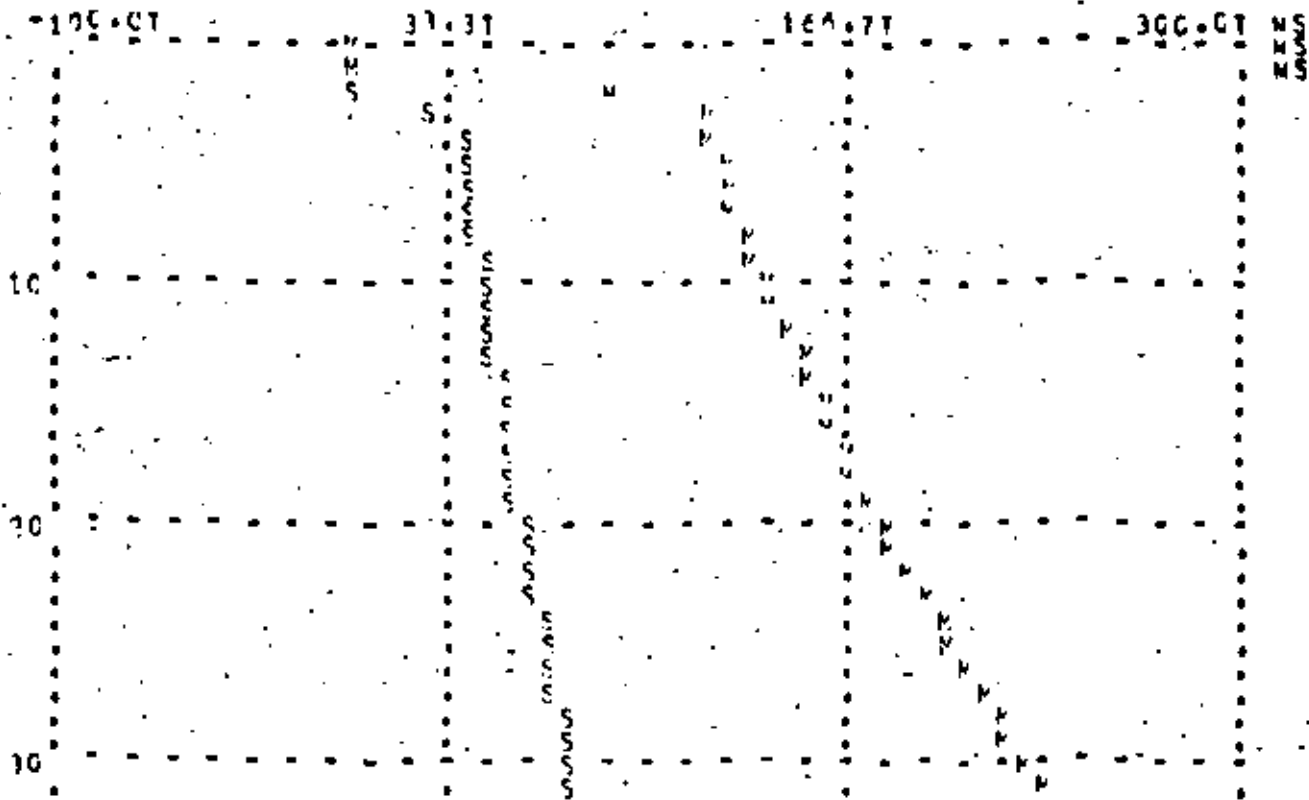
STARTED PRINTING AT 14157.0225, 8 JUNE 1960

TIME	F	PEA	PEAGGH	PCDAD	M2AP	TAP	M25AF
E+00	E+04	E+03	E+03	E+00	E+03	E+03	E+00
0.000	48.38	12955.	457.3	0.	0.00	0.70	0.
2.000	50.91	10953.	529.6	9203.	97.80	117.79	0.
4.000	53.58	10981.	659.8	9640.	120.68	123.45	39269.
6.000	56.39	11937.	692.8	10141.	126.69	129.91	41216.
8.000	59.34	12123.	727.0	10648.	133.01	136.29	43269.
10.000	62.45	12738.	763.8	11191.	139.66	143.11	45430.
12.000	65.72	13386.	802.2	11742.	146.66	150.24	47709.
14.000	69.16	14060.	842.6	12332.	154.02	157.95	50098.
16.000	72.78	14786.	885.1	12953.	161.77	165.90	52616.
18.000	76.59	15541.	929.8	13607.	169.93	174.17	55267.
20.000	80.40	16336.	976.8	14295.	178.51	182.97	58056.
22.000	84.32	17172.	1025.3	15019.	187.55	192.24	60991.
24.000	89.26	18052.	1075.4	15791.	197.06	201.99	64080.
26.000	93.94	18979.	1133.3	16593.	207.06	212.26	67331.
28.000	98.86	19953.	1191.0	17426.	217.59	223.06	70752.
30.000	104.04	20979.	1251.7	18310.	228.67	234.12	74352.

PAGE 9 UNCLD

BEGAN PLOTTING AT 14157.3572, 8 JUNE 1980

M2AF=H, M2SAP=3



FINISHED RUN NUMBER UNCLD AT 14157.3550, 8 JUNE 1980

PAGE 10
FLCO

MIEVC

0.0150

0.0211

STARTED TO RUN CODE AT 14157.0355 8 JUNE 1980

PAGE 11

GUEVC

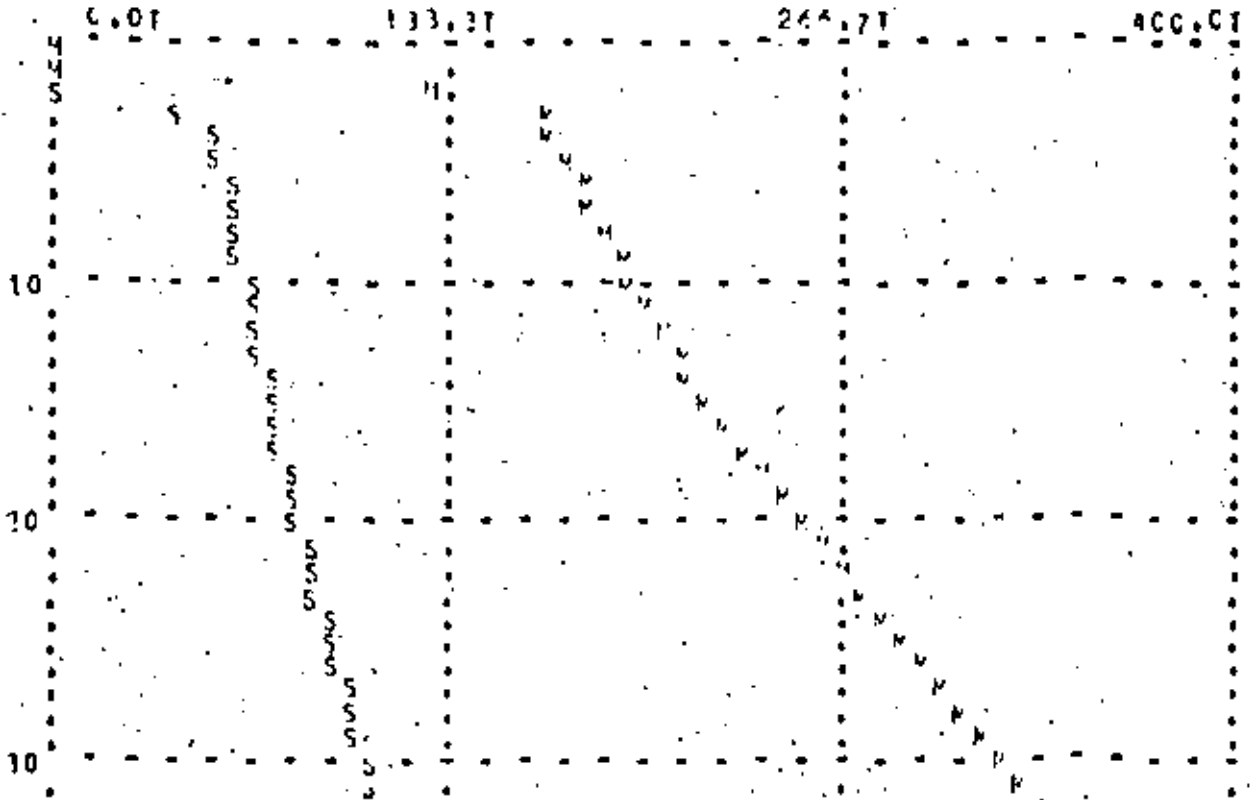
STARTED PRINTING AT 14157.0000 8 JUNE 1980

TIME	P	PEA	PEAGOH	PCCAC	MSAF	TAP	MZSAP
E+00	E+00	E+03	E+03	E+00	E+03	E+03	E+03
3.000	48.38	12955.	457.3	0.	0.00	0.00	0.00
2.000	50.91	10453.	528.6	12945.	123.50	165.70	0.00
4.000	53.52	10981.	459.8	12988.	149.76	173.93	55.23
5.000	56.39	11537.	692.8	14265.	178.21	182.60	57.58
8.000	59.34	12123.	727.4	14578.	197.10	191.72	60.87
10.000	62.45	12738.	763.9	15728.	196.45	201.31	63.91
13.000	65.72	13386.	902.2	16517.	216.30	211.11	67.10
14.000	69.16	14068.	942.6	17347.	216.65	222.04	70.47
16.000	72.78	14784.	885.1	18221.	227.54	233.23	74.01
18.000	76.59	15541.	929.8	19130.	236.09	245.00	77.74
20.000	80.60	16336.	976.8	20108.	251.11	257.18	81.67
22.000	84.82	17172.	1026.3	21156.	263.82	270.42	85.79
24.000	89.24	18052.	1078.9	22198.	277.19	284.14	90.14
26.000	93.94	18979.	1133.3	23326.	291.25	298.57	94.71
28.000	98.86	19953.	1191.0	24513.	306.07	313.77	99.52
30.000	104.04	20979.	1251.7	25742.	321.65	329.76	104.59

PAGE 12 NUEVO

REGAN PLOTTING AT 14157.6350, 8 JUNE 1980

M2AP=H, M2SAP=S



FINISHED RUN NUMBER NUEVO AT 14157.7036, 8 JUNE 1980

1 E 13
P G

UNTE R

FUCO

J-0211

0.0329

STARTED TO RUN CODE AT 14157.7097, 8 JUNE 1980

PAGE 14

MONTE R

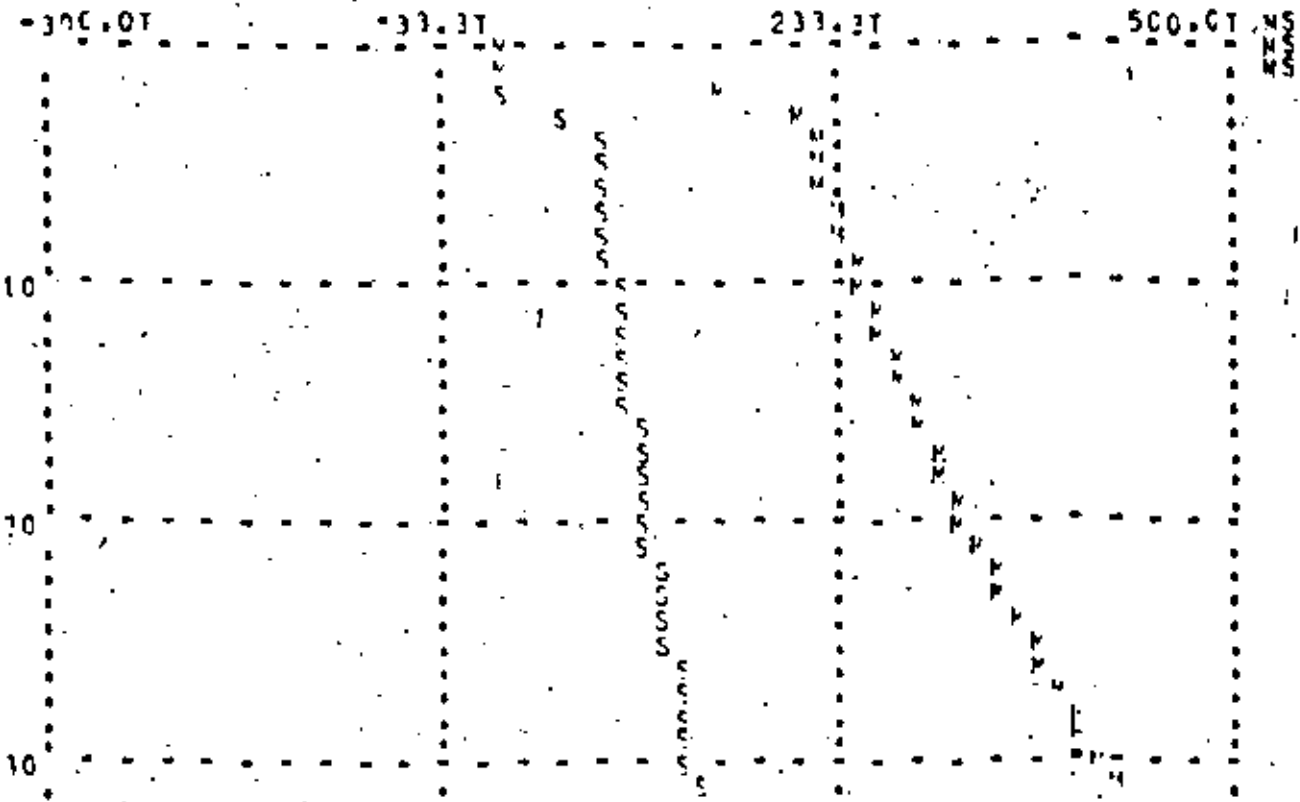
STARTED PRINTING AT 14157.7581, 8 JUNE 1980

TIME	P	REA	PEAGGH	POCAC	Y2AF	TAP	M2SAF
E+00	1+05	1103	5+03	E+00	E+03	E+03	E+03
0+000	08.38	12955.	457.3	0.	0.00	0.00	0.00
2+000	50.91	10453.	528.4	15442.	156.87	210.15	0.00
4+000	53.58	10981.	559.8	17259.	215.62	220.72	70.15
6+000	56.39	11537.	592.8	19119.	226.35	231.92	73.64
8+000	59.34	12123.	727.4	19024.	237.69	243.51	77.31
10+000	62.45	12738.	743.8	19974.	249.52	255.70	81.17
12+000	65.72	13385.	902.2	20938.	252.03	268.52	85.23
14+000	69.16	14068.	942.6	22033.	275.19	282.02	89.51
16+000	72.78	14786.	985.1	23143.	299.04	296.23	94.01
18+000	76.59	15541.	929.9	24311.	303.61	311.10	98.74
20+000	80.40	16336.	976.8	25540.	318.55	326.91	103.73
22+000	84.22	17172.	1024.1	26834.	335.09	343.17	108.97
24+000	89.26	18052.	1074.4	28195.	352.07	360.90	114.49
26+000	93.94	18979.	1133.3	29627.	369.55	379.23	120.30
28+000	98.26	19953.	1191.0	31135.	398.76	398.93	126.43
30+000	104.04	20970.	1251.7	32722.	418.55	418.94	132.84

PAGE 15 MONTE R

BEGAN PLOTTING AT 14:57.8300, 8 JUNE 1980

P2AP=M, M2SAP=5



FINISHED RUN NUMBER MONTE? AT 14:57.9231, 8 JUNE 1980

RESOLUCION A UN PROBLEMA DE TIPO AGRICOLA.

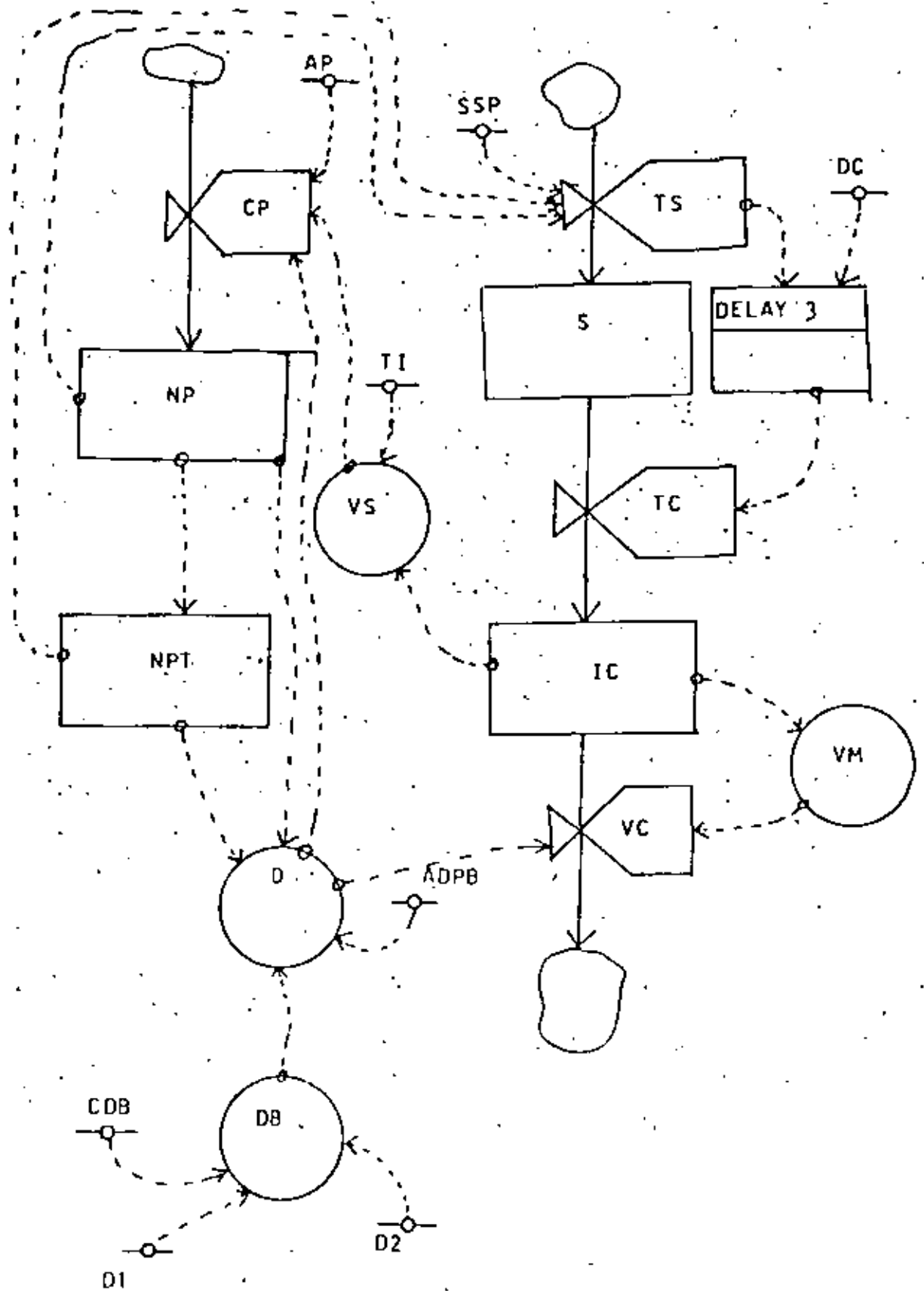
El gobierno federal le ha encargado a usted que ayude a resolver sus problemas de fluctuación de mercancías. Se ha desarrollado el siguiente modelo para tratar de explicarle al gobierno el sistema prevalectente. Se desea saber porqué existen fluctuaciones en algunas cosechas mientras que en otras hay mucha estabilidad.

El modelo es general y contiene la estructura de muchas cosechas diferentes. Como lo único que cambia de un producto agrícola en particular a otro son los parámetros, es aquí donde se deben buscar las causas de la estabilidad o fluctuaciones.

Los parámetros dados en el modelo corresponden a una cosecha que no es ni muy oscilatoria ni muy estable.

La demanda básica es una variable exógena estacional o aleatoria respecto a un valor constante (con ruido aleatorio). Se introduce una función escalón para la demanda básica para observar que tan estable es el sistema y si existen frecuencias resonantes. Se verá porqué ciertos productos agrícolas amplifican las variaciones de la demanda estacional, y porqué otros productos oscilan en presencia de ruido aleatorio en su demanda básica y porqué otros son muy estables.

DIAGRAMA DYNAMO DEL MODELO AGRICOLA.



AGRIC0/380

- 77 -

OK
SURROUGHS D6700/B7700 DYNAMO LEVELL DYNAD4:10/20/00

INPUT PHASE BEGIN AT 12131 39

DYNAMO DLIST NARROW

```

RUN  AGRICOLA
      IS,KL=VC,JK+(SSP)(MP,K-NP,K)
      SS=2000
      S,K=S,J+(DT)(IC,JK-VC,JK)
      S=2013
      IC,KL=DELAY3(ITS,JK-MC)
      MC=20
      IC,K=IC,JK(BF)(IC,JK-VC,JK)
      IC=40E 1
      VC,YL=CL IP(VA,K,DA,K,DA,VM,K)
      DA,K=PK-K-CARD3(IMP,K-NP,K)
      APD=500
      VA,K=IC,K/11
      II=40
      LP,KL=4D,K-VA,K/2AI
      AP=2000
      NP,K=MP,J+(DT)(CP,JK)
      NP=2
      MP,K=MP,J+(DT)(CP,J-NP,J)
      NP=2,0
      II=400
      VA,K=IC,K/11
      MP,K=CL IP(CU,02,CUM,TIME,K)
      BI=1000
      BC=1200
      CUM=10
PRINT I(10/20) IC(10/20) VC(4) DA(5) S(2) II(2) NP(2) J(NT)
PLOT X (0.4)
SPEC M=1/LLNGBH=200/PRTLEN=10/PLLEN=4
RUN 1
      SSP=5000
      MC=30
      IC=50000
      APD=400
RUN 2
      SSP=1000
      MC=10
      IC=30000
      APD=600
RUN 3
      SSP=1000
      MC=30
      IC=50000
      APD=400
      LSP=70
RUN 4
      SSP=5000
      MC=10
      IC=50000
      APD=600
      LSP=70

```

- 78 -

INPUT PHASE CONCLUDED AT 12133 46

GENERATION PHASE BEGIN AT 12133 47
RUN PHASE GENERATED AT 12134 38
PRINT PHASE GENERATED AT 12134 49
PLOT PHASES GENERATED AT 12134 57

ELAPSED COMPILATION TIME 4 4

PLEASE ENTER COMPILER AGRIC0/380 WITH ALGOL. THEN
WAIT UNTIL YOUR TERMINAL REPORTS THAT YOUR COMPILATION
IS COMPLETE. AFTER GOOD COMPILATION ENTER EXECUTE
AGRIC0/380

RT=4:10.2 PT=19.3 ID=0.7
COMPILER AGRIC0/380 WITH ALGOL
COMPILED 2501
1541 PDL RESET LINE
00001000 WARNING-ALL PROGRAMS ARE NOT PORTABLE TO LDDCIC MACHINES.
RT=57.0 PT=15.0 ID=9.0
EXECUTE AGRIC0/380
\$RUNNING 2602

PAGE 1 AGRIC

12137.1506, 20 OCTOBER 1980

STARTED TO RUN CODE AT 12137.1656, 20 OCTOBER 1980

PAGE 2 AGRIC

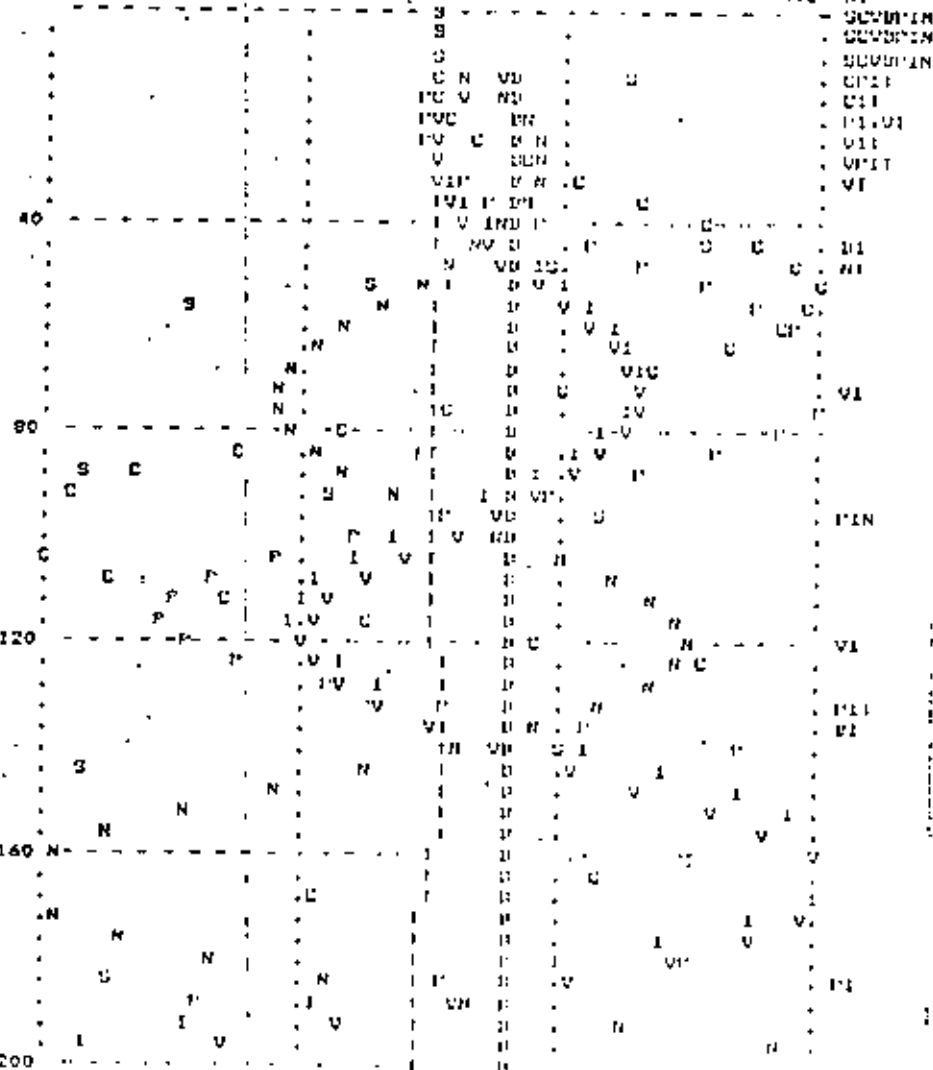
STARTED PRINTING AT 12137.2501, 20 OCTOBER 1980

TIME	IS	IC	VC	DA	S	II	NP	BI
E+00	E100	E+00	E100	E100	E100	E100	E100	E100
0.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	20000.	30000.	210000	2100
8.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	20000.	40000.	210000	2100
16.00	1674.4	1005.1	1041.1	1200.0	19377.	37377.	213200	2100
24.00	1010.0	1161.7	974.2	1200.0	17757.	37757.	213200	2100
32.00	1726.0	1477.3	1022.3	1200.0	21907.	41967.	213700	2100
40.00	1497.4	1606.7	1077.1	1200.0	25073.	46013.	214200	2100
48.00	1201.4	1679.2	1173.2	1200.0	27629.	51629.	214700	2100
56.00	950.7	1510.1	1277.4	1200.0	31161.	57161.	215200	2100
64.00	673.1	1307.4	1373.5	1200.0	35100.	63100.	215700	2100

BEGAN PLOTTING AT 12145.2600, 20 OCTOBER 1960

TS=S, TC=C, VC=V, UC=B, UC=I, UC=I, UC=I

0.0	666.7	1333.3	2000.0	SCVD
0.0T	13.31	26.71	40.01	M
0.0T	26.71	53.31	80.01	I
0.0	1.3	2.7	4.0	NI



SSP	3000.0000	1000.0000
DC	30.0000	10.0000
IC	-1573.0116	50000.0000
ADPB	400.0000	600.0000

STARTED TO RUN COME AT 12147.0325, 20 OCTOBER 1960

STARTED PRINTING AT 12147.7007, 20 OCTOBER 1960

TIME	TS	TC	VC	UC	S	IC	NI	NI1
E100	E100	E100	L100	L100	L100	L100	L100	L100
0.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	20000.	40000.	2.0000	2.0000
8.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	20000.	40000.	2.0000	2.0000
16.00	1331.7	1025.4	1026.0	1200.0	17482.	37482.	2.12913	2.0000
24.00	1330.3	1245.0	1000.7	1200.0	20125.	40425.	2.13111	2.0072
32.00	1297.5	1216.7	1043.0	1200.0	22573.	42573.	2.12753	2.0132
40.00	1263.6	1303.2	1075.4	1200.0	24570.	43570.	2.11931	2.0174
48.00	1230.2	1272.2	1152.2	1200.0	25771.	45771.	2.11294	2.0121
56.00	1201.0	1245.3	1163.2	1200.0	26577.	46577.	2.09550	2.0237
64.00	1212.0	1276.4	1177.7	1200.0	27300.	47300.	2.09005	2.0245
72.00	1206.3	1214.9	1187.1	1200.0	27874.	47874.	2.08332	2.0251
80.00	1201.3	1208.1	1174.4	1200.0	27923.	47923.	2.08117	2.0253
88.00	1201.6	1204.0	1177.2	1200.0	27917.	47917.	2.08001	2.0254
96.00	1200.0	1202.1	1173.4	1200.0	27920.	47920.	2.07973	2.0255
104.00	1200.4	1201.1	1173.3	1200.0	27921.	47921.	2.07957	2.0255
112.00	1200.2	1200.5	1177.7	1200.0	27921.	47921.	2.07951	2.0255
120.00	1200.1	1200.2	1177.7	1200.0	27920.	47920.	2.07950	2.0255
128.00	1200.1	1200.2	1177.7	1200.0	27920.	47920.	2.07950	2.0255
136.00	1200.0	1200.1	1177.7	1200.0	27920.	47920.	2.07950	2.0255
144.00	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	28000.	48000.	2.07950	2.0255

BEGAN PLOTTING AT 12147.50049, 20 OCTOBER 1980

TS=S, IC=C, VC=V, UB=U, S=I, LC=L, MI=M, NI=N

0.0	666.7	1333.3	2000.0	3000
0.01	13.31	26.71	40.01	I
0.01	26.71	53.31	80.01	I
0.0	1.3	2.7	4.0	NI

U											
U											
S											
C N U B S											
PIC N B S											
V CND S											
VP NND S											
TOP ND S											
TVI P D S											
I VI IS S											
I V DDC											
I N V DDC											
I N V DDC											
I N VDC P											
IN VDC P											
IN VDC P											
IN VDC P											
IN VDC P											
IN S P											
IN S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											
N S P											

BSP	1000.0000	1000.0000
DC	10.0000	30.0000
IC	40000.0031	50000.0000
ACFB	600.0000	400.0000
CDB	10.0000	70.0000

STARTED TO RUN CODE AT 12152.2407, 20 OCTOBER 1980

STARTED PRINTING AT 12152.4114, 20 OCTOBER 1980

TIME	TS	IC	VC	UB	S	LC	MI	NI
E400	E+00	E100	E100	E100	E100	E100	E100	E100
0.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	20000.0	40000.0	2.00000	2.00000
8.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	20000.0	40000.0	2.00000	2.00000
16.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	20000.0	40000.0	2.00000	2.00000
24.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	20000.0	40000.0	2.00000	2.00000
32.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	20000.0	40000.0	2.00000	2.00000
40.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	20000.0	40000.0	2.00000	2.00000
48.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	20000.0	40000.0	2.00000	2.00000
56.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	20000.0	40000.0	2.00000	2.00000
64.00	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	20000.0	40000.0	2.00000	2.00000
72.00	1277.8	1000.0	1120.3	1200.0	17700.0	37800.0	2.10000	2.00003
80.00	1405.9	1013.4	1014.2	1200.0	17172.0	37172.0	2.17004	2.00013
88.00	1514.9	1117.3	970.4	1200.0	17521.0	37521.0	2.54410	2.01175
96.00	1493.2	1177.5	1002.6	1200.0	17817.0	37817.0	2.52212	2.00277
104.00	1439.0	1300.7	1032.6	1200.0	17472.0	37472.0	2.44352	2.00307
112.00	1365.9	1371.6	1005.3	1200.0	17077.0	37077.0	2.33300	2.00435
120.00	1203.2	1402.6	1140.0	1200.0	16722.0	36722.0	2.17270	2.00470
128.00	1266.3	1377.0	1171.0	1200.0	16850.0	36850.0	2.00570	2.00473
136.00	1144.0	1363.4	1253.0	1200.0	16127.0	36127.0	1.70641	2.00405
144.00	1104.4	1415.0	1261.0	1200.0	16007.0	36007.0	1.60711	2.00160
152.00	1007.0	1266.7	1274.0	1200.0	15103.0	35103.0	1.00553	2.00125

TIME	TS	TC	VC	DB	M	IC	NP	MP1
152.00	1149.2	1359.4	1211.3	1200.0	27136.	47136.	1.7713	2.0102
160.00	1044.2	1177.6	1230.1	1200.0	27652.	47652.	1.7457	2.0072
168.00	1079.8	1081.5	1230.7	1200.0	28062.	48062.	1.7567	2.0080
176.00	1107.0	1080.7	1203.6	1200.0	27680.	47680.	2.0014	2.0075
184.00	1276.2	1164.3	1101.4	1200.0	27016.	47016.	2.0333	2.0070
192.00	1205.0	1200.2	1170.4	1200.0	27259.	47259.	2.0443	2.0086
200.00	1232.3	1277.3	1191.4	1200.0	27734.	47734.	2.0234	2.0071

PAGE 19

BEGAN PLOTTING AT 12150.9101, 20 OCTOBER 1960

TS=S, TC=C, VC=V, DB=D, M=M, IC=I, NP=N, MP1=1

TIME	TS	TC	VC	DB	M	IC	NP	MP1
0.0							666.7	1333.3
0.07							13.31	26.71
0.07							26.71	53.31
0.0							1.3	2.7
40								
80								
120								
160								
200								

MODELO AGRICOLA.

Análisis de sensibilidad. La situación que impera en cada una de las corridas del modelo son las siguientes:

1. Cuando el inventario cosechado va en aumento, la venta de la cosecha también va en aumento paralelamente. Antes de sobrepasar las necesidades de la demanda básica, el nivel de precios tiende a crecer, cuando la siembra crece más allá de la demanda básica, el nivel de precios tiende a decrecer. El nivel de precios tiende a disminuir, cuando el inventario cosechado y la siembra empiezan a crecer y tiende a aumentar, cuando sucede lo contrario. sea que, la relación oferta demanda tiende a encontrar un punto de equilibrio. La venta de la cosecha crece o decrece conforme lo hace el inventario cosechado. La siembra tiende a buscar el equilibrio conforme lo hace el inventario cosechado, si el inventario cosechado es muy grande (hay mucha oferta) la siembra tiende a disminuir y si el inventario cosechado es muy pequeño, la siembra tiende a aumentar. Cuando el inventario cosechado es máximo, el nivel de precios sube por arriba del nivel de precios tradicional y cuando el inventario es mínimo el nivel de precios baja más que el nivel de precios tradicional.

2. Se muestra que mientras el inventario cosechado varía, la venta de la cosecha varía de la misma manera, o sea, crecen o decrecen de la misma forma; ya que si el nivel de inventario de la cosecha es alto, el nivel de precios baja, lo cual permite precios accesibles y se vende la cosecha, igualmente cuando el nivel de precios sube, es porque el inventario cosechado baja y esta baja en el volumen es lo que permite la venta de la cosecha.

3. Se presentan pocas variaciones en todas las variables tendiendo a estabilizarse rápidamente, la siembra alcanza su máximo rápidamente e inmediatamente se estabiliza.

Cuando la siembra empieza a crecer, el inventario cosechado permanece constante hasta que la siembra llega a su máximo, es entonces cuando el inventario cosechado empieza a crecer dado que no hay cosecha prácticamente. El inventario cosechado se estabiliza cuando la siembra lo hace, dado que el período fuerte de siembra provoca un nivel de inventario bajo. El nivel de precios tiende a subir y llega a su máximo. Cuando el nivel de inventarios empieza a crecer el nivel de precios tiende a disminuir, el nivel de precios deja de disminuir cuando alcanza el nivel de precios tradicional y se estabiliza en éste, dado que la siembra va a haberse estabilizado, y se crea una oferta. Como consecuencia de lo anterior se estabiliza el nivel de inventarios y con éste la venta de la cosecha dada la compensación que existe entre el inventario cosechado que está determinado por la siembra y los precios.

El inventario cosechado se mantendrá estable sólo cuando se logre una reducción en la demanda del crecimiento de la semilla, lo que provocará una mayor producción reflejándose en un aumento en la demanda por disminución de precios y estabilización en el precio del producto.

4. Tenemos que la siembra al igual que todas las variables permanece constante un largo tiempo debido a la compra en el crecimiento de la semilla, esto ocasiona que cuando la siembra empieza a crecer baja ligeramente el inventario cosechado, lo que ocasiona un aumento en el nivel de precios, la sensibilidad de la siembra al precio hace que la siembra llegue a su máxima capacidad, pero como los precios están bajando, la sensibilidad de precios hace que la siembra baje nuevamente. Al registrarse esta disminución en el nivel de precios, la demanda aumenta bruscamente ya que primero se estabiliza por debajo del nivel de precios tradicional y después junto con éste. La venta de la cosecha se realiza en función del inventario cosechado, los cambios registrados en el inventario

rio cosechado están generados por el aumento en la demanda debido a la disminución de precios.

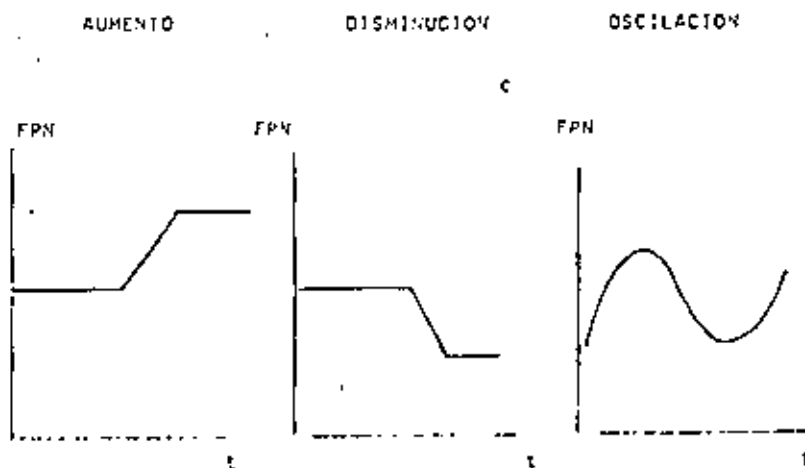
5. A diferencia de la corrida anterior, tenemos que la demora en el crecimiento de la siembra es un poco menor y la siembra que estaba estabilizada empieza a crecer y llega rápidamente a un máximo dado que también hay una baja en el precio del producto, esto hace que la siembra decrezca dada la sensibilidad al precio; tenemos que el nivel de precios tiende a disminuir y es lo que ocasiona lo anterior. Como consecuencia del aumento en la siembra, el inventario cosechado empieza a crecer, pero también inmediatamente empieza a decrecer por debajo de las necesidades de la demanda básica dado que el nivel de precios está ligeramente mayor que el nivel de precios tradicional; el cambio en la demanda básica ocasiona que la siembra tienda a estabilizarse por debajo de las necesidades de ésta, lo cual repercute en que el inventario cosechado se estabilice o fluctúe de acuerdo a las necesidades de la demanda básica y que el nivel de precios se estabilice casi al nivel de los precios tradicionales.

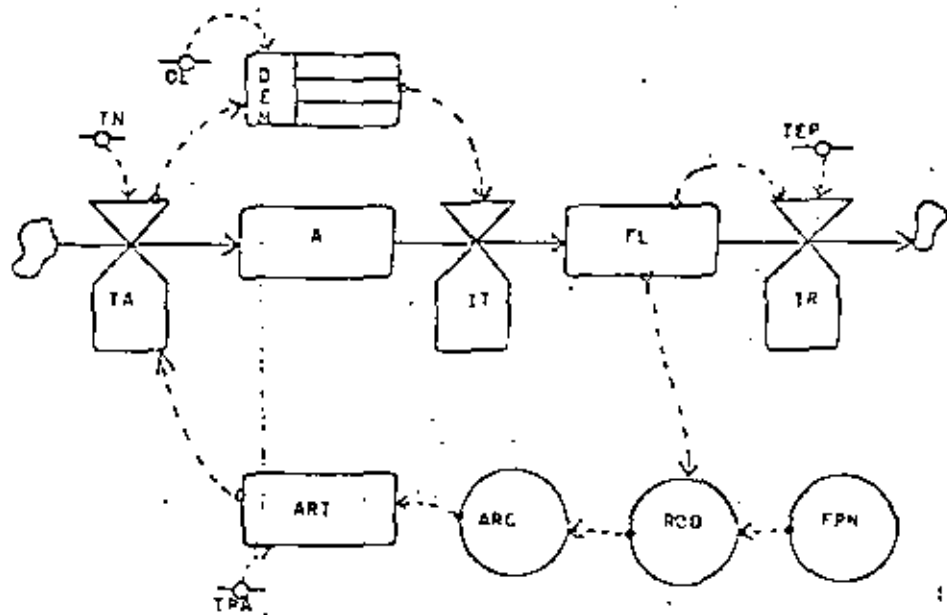
El aumento en la demanda es ocasionado por la disminución de los precios y esta disminución de precios cambia la demanda y disminuye la siembra, que a su vez aumenta el inventario cosechado.

DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HUMANOS ESPECIALIZADOS EN EL MERCADO ACTUAL. (PROFESIONISTAS).

Son muy comunes los problemas de abundancia y carencia de profesionistas de las diferentes ramas. Existe en el mercado un sistema intuitivo de control que tiende a nivelar este efecto de abundancia o carencia que no es muy efectivo. Una teoría de cómo funciona este sistema de control es la siguiente. La tendencia o meta natural del sistema hacia el equilibrio del mercado no se alcanza debido a que existe un lapso de tiempo (demora) entre el tiempo en que se proporciona orientación profesional a los estudiantes, antes de elegir la carrera y la entrada a la profesión - después de haber realizado los estudios profesionales. Los parámetros que se utilizan en este modelo son una generalización.

Con objeto de realizar un análisis en el modelo planteado se alimentará al modelo con tres tipos diferentes de demanda, aumento de la demanda a partir de la actual, disminución de la demanda a partir de la actual y una demanda oscilante, como se ilustra a continuación.





- TN = Tasa normal de entrada a la carrera
- TA = tasa de entrada de alumnos
- DE = Duración de los estudios
- DEM 3 = Demora de tercer orden
- A = Alumnos
- IT = Instrucción terminada
- FL = Fuerza laboral de profesionistas
- TR = Tasa de retiro
- TEP = Tiempo promedio en el ejercicio profesional
- TPA = Tiempo para percibir el atractivo de la carrera
- ART = Atractivo relativo percibido
- ARC = Atractivo relativo de la carrera
- ROD = Relación oferta-demanda
- FPN = Fuerza de profesionistas necesaria.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

1. La situación actual muestra que se parte de un punto de equilibrio entre la oferta de profesionistas y la demanda existente por los mismos, en un pequeño periodo de 10 semanas, después de este lapso el equilibrio desaparece originando que la oferta de profesionistas sea menor. Esto repercute en la relación oferta-demanda, lo que ocasiona que el número de estudiantes aumente a las 40 semanas. La relación entre los profesionistas y su demanda tiende al equilibrio rápidamente, sin embargo dado el aumento de la tasa de ingreso de los alumnos a profesional, origina una situación de saturación en el mercado ocasionando que la oferta de profesionistas sea superior a su demanda, este equilibrio desahorará la formación de nuevos alumnos observándose una baja en la tasa de los alumnos con instrucción terminada, así como en la tasa de ingreso de nuevos alumnos.

2. En las primeras 50 semanas de la situación anterior, el aumento en la demanda de alumnos no origina cambio alguno, sin embargo, después de este lapso la oferta de profesionistas irá aumentando, originando una superioridad paulatina con respecto a la demanda a partir de las 50 semanas, esto originará que el número de alumnos que ingresa a profesional siga aumentando, al igual que lo hace la tasa de alumnos con instrucción terminada, sin embargo, si partimos de la premisa que la demanda aumenta desequilibrando la relación oferta-demanda llegamos a un momento en que así como hubo un crecimiento en la población de alumnos, habrá una rápida disminución de ellos, como consecuencia de la pérdida de interés por la profesión.

3. En el caso de tener una disminución en la demanda presenta una situación de rápida saturación, ocasionada por la disminución de la demanda con los estudiantes, consecuencia: un rápido aumento en la población estudiantil y una

PAGE 7

PROFES

STARTED PLOTTING AT 11:25.1211, 31 JULY 1979

TIME	FL	FRF	FRD	APF	APD	TA	DT	A
0.00	1000.0	1000.0	1.0000	1.0000	1.0000	-0.000	0.000	100.0
10.00	1000.0	1000.0	1.0000	1.0000	1.0000	-0.000	0.000	100.0
20.00	1000.0	2000.0	0.7000	0.7000	2.7293	10.913	0.012	177.0
30.00	1001.5	3000.0	0.7330	0.7330	5.1401	20.595	0.503	302.7
40.00	1015.4	4000.0	0.7530	0.7530	7.3432	29.573	0.870	500.8
50.00	1040.6	5000.0	0.7530	0.7530	8.4392	37.757	11.159	730.5
60.00	1152.1	6000.0	0.7530	0.7530	8.7970	50.900	16.509	953.0
70.00	1293.2	7000.0	0.7430	0.7430	0.4002	20.041	21.852	1070.7
80.00	1470.1	8000.0	0.7000	0.7000	0.1050	10.002	25.003	1070.0
90.00	1670.3	9000.0	0.7000	0.7000	0.0971	10.380	20.071	940.7
100.00	1803.3	10000.0	0.6733	0.6733	1.0170	0.003	20.430	770.9
110.00	2014.4	10000.0	0.6130	0.6130	1.0123	-0.009	20.705	590.2
120.00	2114.7	10000.0	0.5100	0.5100	0.0102	0.580	10.430	440.0
130.00	2170.0	10000.0	0.4100	0.4100	0.0271	0.703	12.470	310.2
140.00	2200.4	10000.0	0.3000	0.3000	0.0258	0.103	9.055	220.3
150.00	2190.0	10000.0	0.1900	0.1900	0.0172	0.009	0.409	154.4
160.00	2150.5	10000.0	0.1000	0.1000	0.0102	0.001	0.407	107.1
170.00	2111.5	10000.0	0.1000	0.1000	0.0100	0.000	0.110	70.1
180.00	2054.5	10000.0	0.0500	0.0500	0.0252	0.001	0.170	53.8
190.00	1992.1	10000.0	0.0000	0.0000	0.0171	0.000	1.502	39.9
200.00	1927.0	10000.0	0.0000	0.0000	0.0122	0.000	1.120	31.0
210.00	1861.3	10000.0	0.0000	0.0000	0.0150	0.003	0.850	25.0
220.00	1790.0	10000.0	0.0000	0.0000	0.0232	0.003	0.601	22.0
230.00	1731.3	10000.0	0.0000	0.0000	0.0332	0.003	0.500	21.3

PAGE 8

PROFES

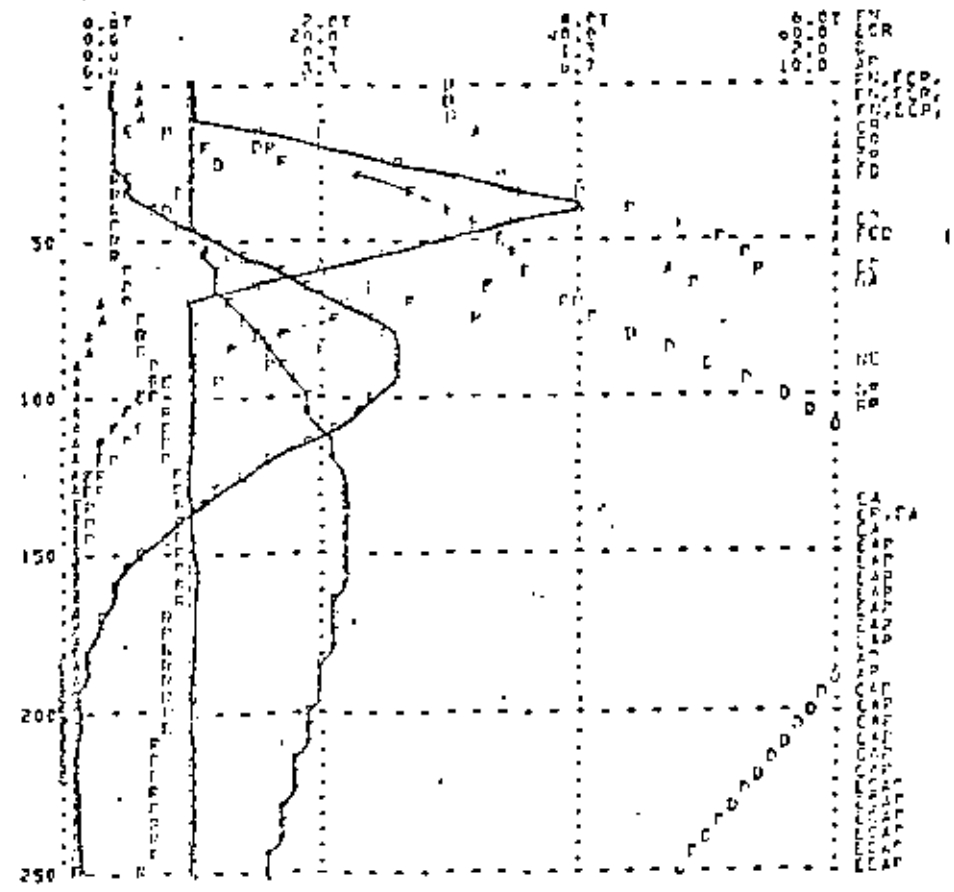
TIME	FL	FRF	FRD	APF	APD	TA	DT	A
240.00	1660.0	10000.0	0.0000	0.0000	0.0519	0.000	0.500	21.2
250.00	1600.0	10000.0	0.0000	0.0000	0.0770	0.000	0.530	22.0

PAGE 8

PROFES

BEGAN PLOTTING AT 11:26.1211, 31 JULY 1979

PLAT. 50000. TAPE. 1100. TIME. 0000.0000. AREA. 10000



MEMORANDUM ÚP/66/0720 DYNAMO LEVEL LT/4541 0/10/78

INPT PHASE BEGIN AT 11 7 23

BY ANTONIO MARRON
RGM PROFS

BOLETA PROFESIONAL

IA = TABLA ALFABETICA DE LA CARRERA
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IE = LISTA DE LA CARRERA DE PROFESIONISTAS
IA = ALUMNOS
II = INSTRUCCION TERMINADA
IE = LISTA DE LA CARRERA DE PROFESIONISTAS
IA = TABLA DE ENTRADA
IE = LISTA DE LA CARRERA DE PROFESIONISTAS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = LISTA DE LA CARRERA DE PROFESIONISTAS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS

IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS
IA = TABLA DE ENTRADA DE ALUMNOS

INPT PHASE BEGIN AT 11 7 23
GENERAL PHASE BEGINS AT 11 7 24
INPT PHASE BEGINS AT 11 7 25
PLG PHASES BEGINS AT 11 7 26
ELAPSED COMPLETION TIME 3 17

PAGE 2

PROFES

TIME	FL	FL1	FL2	ALL	APP	TA	IT	A
1+00	1+00	1+00	1+00	1+00	1+00	1+00	1+00	1+00
0.00	1000.0	1000.0	1.0000	1.0000	1.0000	4.000	4.000	160.0
10.00	1000.0	1000.0	1.0000	1.0000	1.0000	4.000	4.000	160.0
20.00	1000.0	1333.0	0.7502	2.4905	1.4331	5.732	4.004	165.1
30.00	1000.0	1667.0	0.6001	7.1401	2.9533	11.613	4.151	204.7
40.00	1000.0	2000.0	0.5002	7.9329	5.2339	20.925	4.588	318.7
50.00	1073.1	2400.0	0.4415	9.6772	7.0793	28.317	7.284	506.0
60.00	1070.9	2800.0	0.3554	9.0140	8.7070	32.029	11.242	719.1
70.00	1160.0	3200.0	0.3124	7.7443	9.1819	32.728	14.164	910.7
80.00	1270.9	3600.0	0.2750	5.0000	7.4551	30.420	70.955	1466.0
90.00	1469.3	4000.0	0.2426	3.4502	6.4053	29.017	74.784	2105.0
100.00	1665.8	4000.0	0.2424	2.1007	4.9000	19.547	76.066	1278.0
110.00	1866.2	4000.0	0.2331	1.5502	3.7662	15.037	76.940	984.2
120.00	2071.2	4000.0	1.0000	0.9501	2.7284	10.913	75.248	852.4
130.00	2280.4	4000.0	1.1032	0.8349	1.9929	7.972	72.365	767.1
140.00	2324.3	4000.0	1.1021	0.7400	1.5000	6.034	18.916	569.1
150.00	2403.1	4000.0	1.2010	0.6715	1.1189	4.748	15.447	449.0
160.00	2486.2	4000.0	1.3031	0.6041	0.9746	3.899	12.321	353.1
170.00	2455.0	4000.0	1.3025	0.6000	0.8389	3.358	9.710	278.5
180.00	2440.1	4000.0	1.3291	0.6415	0.7574	3.030	7.647	223.0
190.00	2419.7	4000.0	1.3079	0.6002	0.7156	2.840	6.087	183.4
200.00	2379.1	4000.0	1.1695	0.6307	0.7000	2.603	4.952	150.2
210.00	2370.5	4000.0	1.1452	0.7302	0.7000	2.607	4.159	120.0
220.00	2377.3	4000.0	1.1300	0.7702	0.7000	2.508	3.032	124.1
230.00	2291.9	4000.0	1.1139	0.8000	0.7500	3.074	3.305	123.0

PAGE 3

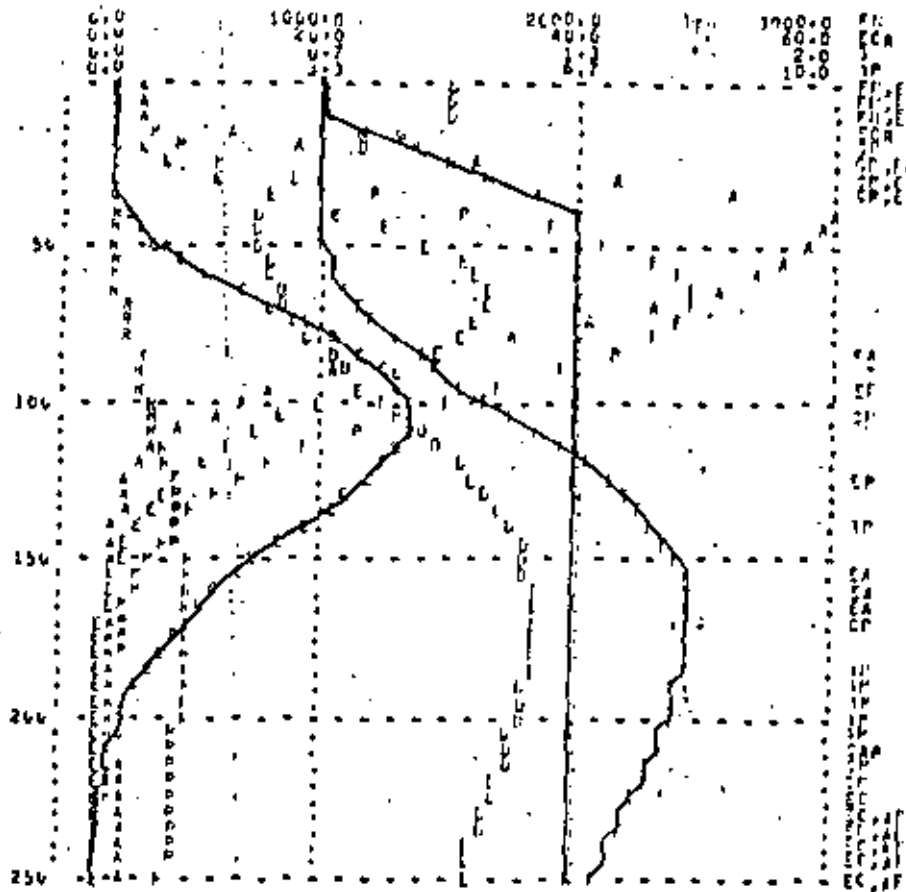
PROFES

TIME	FL	FL1	FL2	ALL	APP	TA	IT	A
240.00	2166.1	2000.0	1.0001	0.8071	0.7515	3.166	3.128	121.7
270.00	2111.4	2000.0	1.0000	0.9104	0.6305	3.322	3.061	123.0

PAGE 4 PAGES

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

TEMP, WIND, TIME, IT-C, TIME, HGT, AREA, AREA



MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

TEMP, WIND, TIME, IT-C, TIME, HGT, AREA, AREA

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

MINI PROFILE AT STATION 5756 ON AUGUST 1979

PAGE 2 PROFILES

STABILL PRINTING AT 1117-5207, 10 AUGUST 1979

TIME	FL	FHL	FOD	ALL	APP	TA	IT	A
L+00	L+00	L+00	L+00	L+00	L+00	L+00	L+00	L+00
0+00	1000+0	2000+0	0+3000	10+0000	1+0000	4+000	4+000	160+00
10+00	1006+2	2006+0	0+3031	9+9479	4+0113	10+445	4+214	230+94
20+00	1005+9	1007+0	0+3031	7+1149	0+2039	24+975	5+314	206+51
30+00	1034+2	1333+0	0+7758	2+7945	5+7334	22+914	8+074	505+09
40+00	1049+0	1050+0	1+0067	0+5250	4+1734	10+094	12+935	679+90
50+00	1107+3	1000+0	1+1973	0+6043	2+8246	11+089	15+032	676+74
60+00	1311+2	1000+0	1+3112	0+5146	1+9324	7+730	14+657	608+68
70+00	1471+0	1000+0	1+4000	0+3940	1+3471	5+302	15+660	711+29
80+00	1504+4	1000+0	1+5074	0+2544	0+5403	3+781	13+506	4+9+41
90+00	1571+7	1000+0	1+5737	0+2544	0+0731	2+092	11+132	376+92
100+00	1605+4	1000+0	1+6074	0+2343	0+5010	2+004	8+758	240+06
110+00	1623+8	1000+0	1+6228	0+2163	0+3920	1+160	6+704	179+94
120+00	1617+2	1000+0	1+6172	0+2197	0+3250	1+303	5+052	135+05
130+00	1597+4	1000+0	1+5974	0+2416	0+2094	1+197	3+791	102+03
140+00	1547+5	1000+0	1+5675	0+2395	0+1736	1+094	2+069	80+53
150+00	1511+0	1000+0	1+5310	0+2034	0+1721	1+009	2+221	65+03
160+00	1497+4	1000+0	1+5074	0+3113	0+2102	1+193	1+784	56+75
170+00	1485+2	1000+0	1+4802	0+3022	0+3130	1+210	1+506	51+04
180+00	1405+3	1000+0	1+4053	0+4147	0+3364	1+348	1+346	50+30
190+00	1342+9	1000+0	1+3029	0+4665	0+3778	1+511	1+078	51+41
200+00	1321+4	1000+0	1+3214	0+5137	0+4224	1+090	1+082	54+58
210+00	1272+0	1000+0	1+2028	0+5067	0+4604	1+074	1+342	59+25
220+00	1241+0	1000+0	1+2060	0+4604	0+5142	2+097	1+045	64+95
230+00	1231+0	1000+0	1+2118	0+4631	0+5122	2+040	1+576	71+35

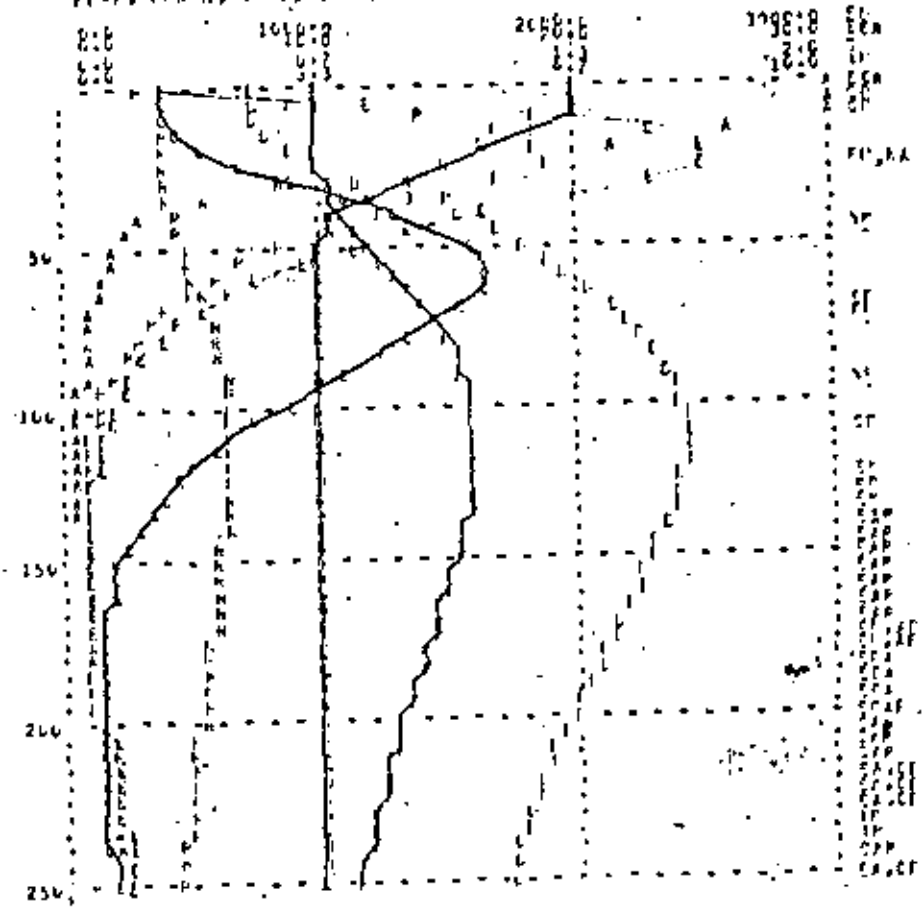
PAGE 3 PROFILES

TIME	FL	FHL	FOD	ALL	APP	TA	IT	A
240+00	1170+4	1000+0	1+1834	0+7114	0+0120	2+448	1+732	76+27
250+00	1351+7	1000+0	1+1017	0+7572	0+0011	2+740	1+900	85+57

PAGE 4 PROFILES

MEAN PRINTING AT 1117-6787, 10 AUGUST 1979

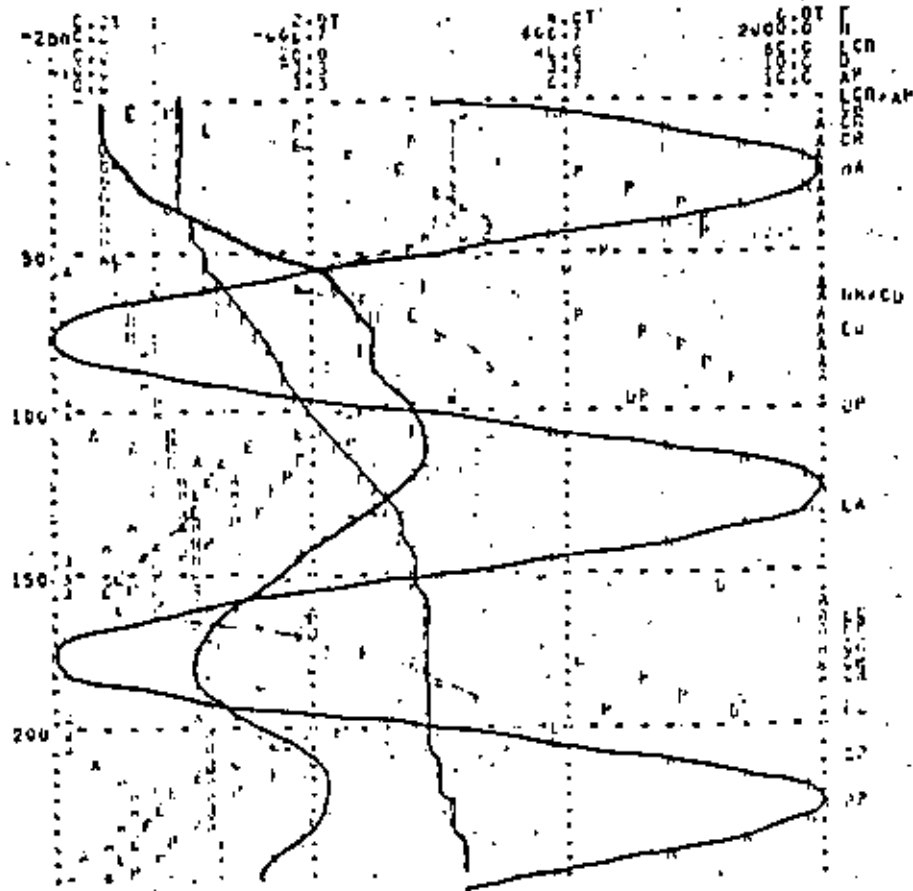
FLY, SPAN, TARE, STC, TRON, MLUR, ALCHA, ANIP



PAGE 4

REGAN CUTTING AT 11:00 AM ON 14 AUGUST 1978

FLORA: SPERMATOPHYTES, TRAIL, ...



MODELO RESIDENCIAL

En una zona geográfica donde reside una comunidad, la disponibilidad de vivienda es el factor determinante del crecimiento de la población, además de su atractivo natural por clima y facilidades de recreación. En tanto la disponibilidad de vivienda iguale a la vivienda deseada, que es proporcional a la población, la gente llega a la comunidad. Las características de la comunidad atraen a la gente a una tasa anual del 14.5% de la población residente, sin embargo algunas personas se van por razones personales a una tasa del 2% anual.

La abundancia de vivienda tiende a atraer a la gente a una tasa mayor del 14.5% y a disminuir el 2% de salidas. Esto hace que los precios de compra de vivienda y rentas bajen, pudiendo los compradores o inquilinos tener un amplio margen de selección obligando a los fraccionadores a realizar promociones especiales para lograr ventas.

Cuando esta situación cambia y hay carencia de vivienda la gente no llega a la comunidad y algunos residentes al no encontrar la vivienda deseada se van.

Los posibles inmigrantes a la comunidad perciben o detectan los cambios en disponibilidad de vivienda, digamos después de cinco años. Además de haber flujos de entrada y salida de gente a la comunidad, hay una tasa neta de defunciones del 2.5% anual debido al carácter de la población que tiene muchos ancianos.

La industria de la construcción responde tanto a la disponibilidad de tierra como de vivienda. Las nuevas construcciones continúan apareciendo al haber terrenos disponibles. Bajo esta condiciones, la tasa de construcción anual será del 12% de las viviendas existentes para satisfacer el crecimiento normal de la población. Cuando hay saturación de viviendas los constructores dejan de construir. Cuando el mercado de vivienda escasea, la tasa de construcción aumenta para satisfacer la demanda. Al terminarse la tierra dis

ponible para vivienda la construcción cesa, puesto que la vida promedio de la vivienda es de 50 años, la tasa anual de demolición es de 2%.

Nombre de las variables usadas:

- MPTD • Multiplicador por tierra disponible
- FOT • Fracción de tierra ocupada
- T • Tierra (suelo)
- TPU • Tierra por unidad
- CNV • Construcción normal de vivienda
- TCV • Tasa de construcción de vivienda
- MCV • Multiplicador de construcción de vivienda
- VPV • Vida promedio de la vivienda
- IDV • Tasa de demolición de vivienda
- V • Vivienda
- RV • Relación de vivienda
- MAM • Multiplicador por atractivo por migración
- PMA • Percepción del atractivo por migración
- TPM • Tiempo de percepción de migración
- INMI • Inmigración normal
- EMIN • Emigración normal
- POB • Población
- ME • Multiplicador por emigración
- FTM • Factor de tasa de defunciones
- FM • Tasa de defunciones
- VD • Vivienda deseada
- UP • Unidades por persona

EQUACIONES.

1. $POB.K = POB.J + (DI) \{ INMI.JK - EMI.JK - FM.JK \}$
 Personas = Personas + (año) { Personas/año - Personas/año -
 Personas/año }
 POB = 10.3 PERSONAS (VALOR INICIAL)

2. $INMI.KL = (INMIN) (PMA.K) (POB.K)$
 Personas/año = { fracción/año } { adimensional } { Personas }
 Personas/año = Personas/año
 INMIN = 0.145 /año

3. $PMA.KL = DELAY (MAM.K, TPM)$
 Adimensional = Adimensional
 TPM = 5 años

4. $MAM.K = TABLE (MAMT, RV.K, 0, 2, 0.25)$
 MAMT = 0.05 / .1 / .2 / .4 / 1 / 1.6 / 1.8 / 1.9 / 2

5. $ME.K = 1 / MAM.K$
 Adimensional = Adimensional

6. $EMI.KL = (EMIN) (ME.K) (POB.K)$
 Personas/año = { fracción/año } { adimensional } { personas }
 Personas/año = Personas/año
 EMIN = 0.02 / año
 Fracción/año = Fracción/año

7. $FM.KL = (POB.K) (FTM)$
 Personas/año = (personas) { fracción/año }
 Personas/año = Personas/año
 FTM = 0.025 /año
 Fracción/año = Fracción/año

8. $V.K = V.J + (DI) \{ TCV.JK - TOV.JK \}$
 Unidades = Unidades + (años) { unidades/año - unidades/año }

Unidades=Unidades
 $V=10$ unidades

9. $TCV, K_L = (CNV)(MCV, K)(MPTD, K)(V, K)$
 Unidades/año=(fracción/año)(adimensional)(adimensional)
 (Unidades)

Unidades/año=Unidades/año
 $CNV=0.12$ /año

10. $MCV, K = TABLE(MCVT, RV, K, 0, 2, .25)$
 $MCVT = 2.5/2.4/2.3/2/1/.37/.2/.1/.05$

11. $RV, K = V, K / VD, K$
 Adimensional=Unidades/Unidades

12. $VD, K = (POB, K)(UP)$
 Unidades=(Personas)(Unidades/Persona)
 Unidades=Unidades
 $UP=0.33$ Unidades/Persona

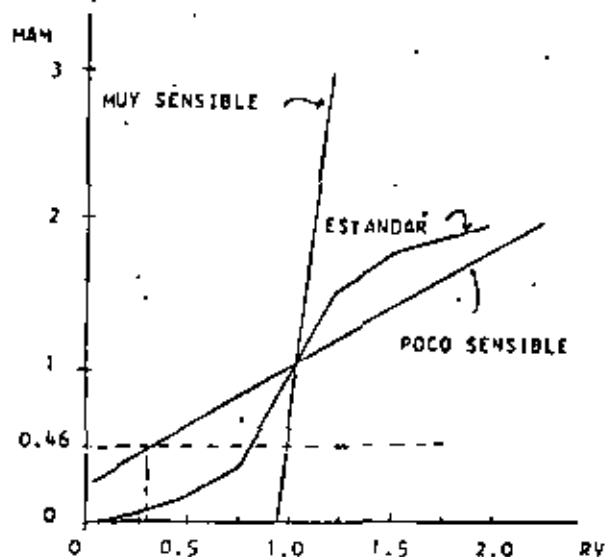
13. $MPTD, K = TABLE(MPTDT, FOT, K, 0, 1, .25)$
 $MPTDT = 1/.8/.5/.2/0$

14. $FOT, K = (V, K)(TPU/T)$
 Adimensional=(Unidades)(Ha/Unidades/Ha)
 Adimensional=Adimensional
 $TPU = 1$ Ha/Unidad
 Ha/Unidad=Ha/Unidad

$T=1500$

15. $TGV, K_L = V, K / VPV$
 Unidades/año=Unidades/año
 $VPV=50$ años.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD:



Para que haya equilibrio, el atractivo deberá valer 0.46
 La curva de poco sensible supone que la disponibilidad de vivienda casi no afecta la inmigración, en este caso la RV sería menor, o sea, 0.30.

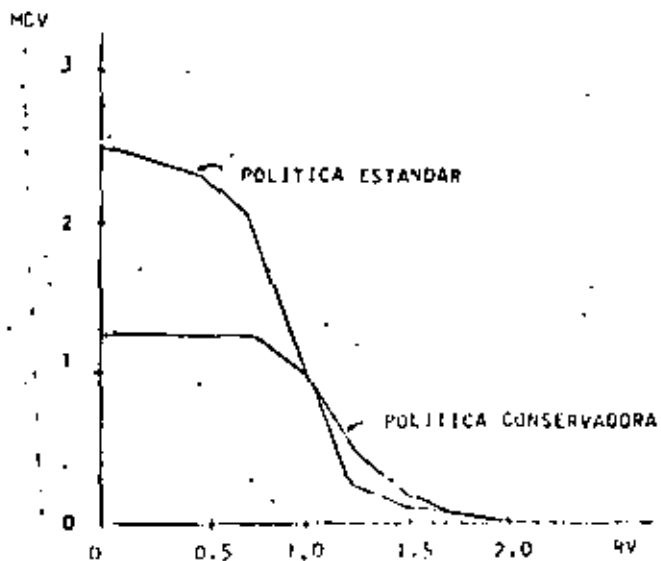
La recta de la figura anterior muy sensible el equilibrio se da en 0.9. La forma de la función después del punto de definición no afecta el equilibrio del valor dado por RV.

CORRIDA NUMERO DOS.

La construcción normal de vivienda CNV, la cambiamos de 12% al año a 24% al año, esto implica una política especulativa de construcción muy optimista.

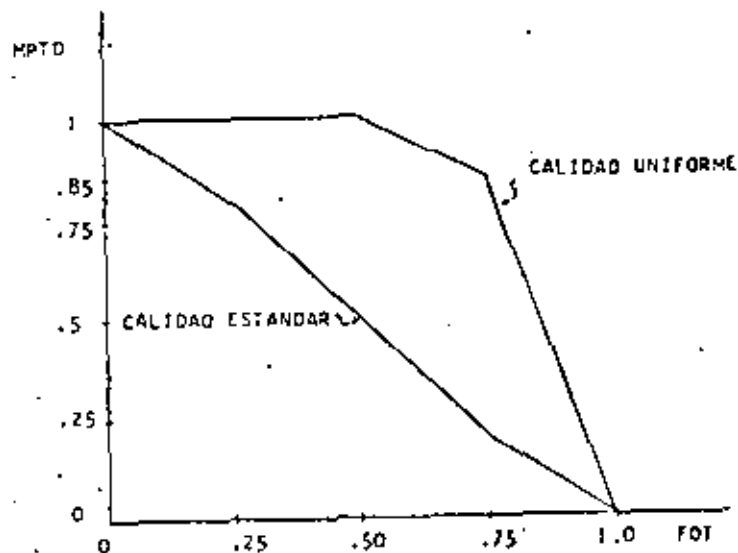
CORRIDA NUMERO TRES.

Para probar el efecto de una tabla conservadora de la variable MCV (multiplicador de construcción de vivienda, cambiamos la tasa original por la siguiente:



CORRIDA NUMERO CUATRO.

Supongamos ahora como última prueba que la tierra tiene una calidad uniforme, o sea que la construcción se detiene sólo cuando escasea la tierra.



MODELO RESIDENCIAL MODIFICADO.

Vamos a realizar una modificación al modelo residencial anterior consistente en agregar las siguientes variables:

- C • Comida
- GC • Generación de comida
- CPH • Comida por habitante
- PC • Proporción de comida
- CCPH • Consumo de comida por habitante
- CRT • Tiempo de regeneración de comida
- CCAP • Capacidad de comida.

Además usaremos algunas variables auxiliares y dejaremos al usuario la interpretación de las siguientes ecuaciones:

$$CPH.K = C.K / POB.K$$

$$C.K = C.J * (DT) (GC.JK - CC.JK)$$

$$GC.KL = (CCAP - C.K) / CRT.K$$

$$CV.K = C.K / CCAP$$

$$CRT.K = TABLE(CRTT, CV.K, 0, 1, 5, .25)$$

$$CRTT = 1/2/3/8/20$$

$$CC.KL = (POB.K) (CCPH.K)$$

$$CCPH.K = TABLE(CCPHT, PC.K, 0, 1, 5, 0, 25)$$

$$CCPHT = 0/.25/.5/.75/1/1.12/1.2$$

Con estos nuevos valores realizamos la siguiente corrida.

MODELO RESIDENCIAL MODIFICADO

ANALISIS DE SENSIBILIDAD:

1. En esta corrida, el análisis de sensibilidad nos muestra que en la actualidad la población de un periodo de cien años presenta un monto de 5349 habitantes, con una producción alimenticia de 3410 unidades de comida. La tendencia de la gráfica nos muestra que para la población existente el número de miembros por familia es de 4 personas, el consumo per cápita es de 0.84 fracción de unidades diarias, con una producción alimenticia superior a las necesidades en los primeros 30 años y con una estabilización en la vivienda a partir de los 50 años.

2. Tenemos que si aumentamos la tasa de crecimiento de construcción normal de vivienda, se produce una disminución de vivienda muy moderada, lo que obliga a que el crecimiento de la población sea también moderado, mientras que el consumo per cápita supera al normal durante los primeros 50 años, estabilizándolo a partir de este año, mientras que la vivienda se estabiliza después de los 60 años.

3. Por otra parte tenemos que acelerando la construcción de vivienda en los primeros años, haciendo variar el multiplicador de construcción de vivienda en la forma expresada, nos encontramos que la población se estabiliza durante los primeros 25 años, debido a que dicha estabilización llegó muy rápido, el consumo per cápita existente será también superior durante los primeros 20 años.

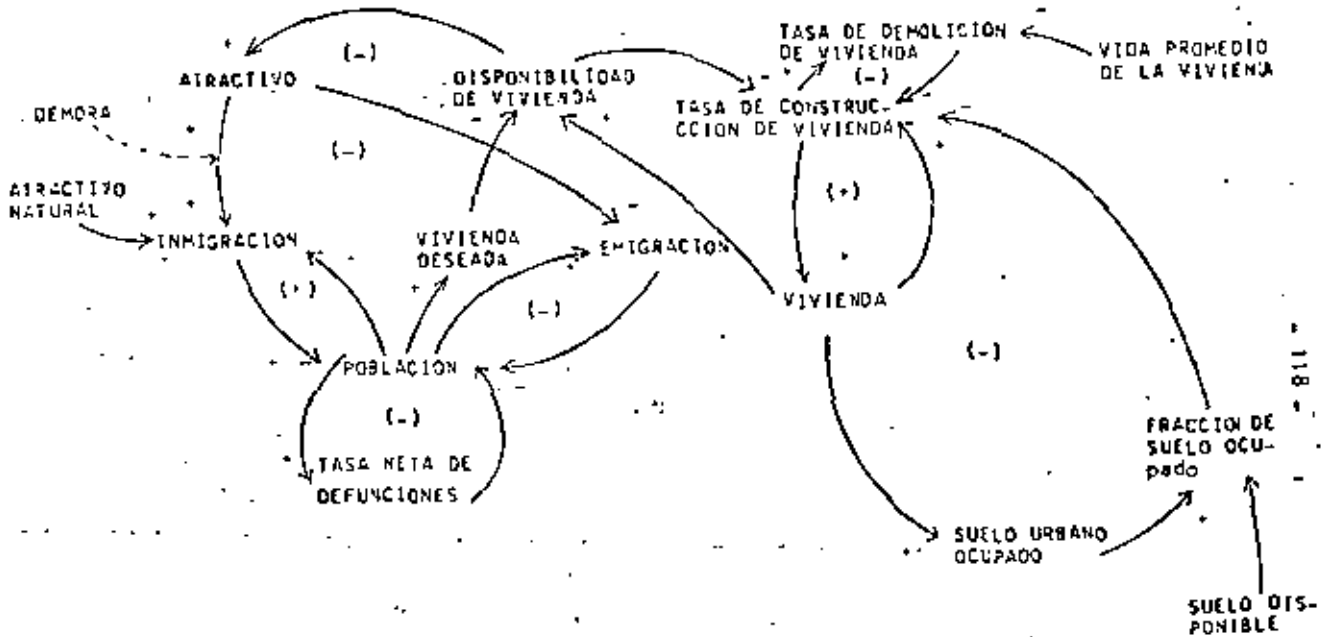
4. De manera inversa, manteniendo casi constante el multiplicador de tierra disponible, la población crecerá muy po-

co y por lo tanto la comida existente en el lapso de 100 años mantendrá un nivel superior al normal, con un decrecimiento pequeño producto del poco crecimiento existente en la población, la vivienda crecerá muy poco como una consecuencia de la población.

5. Durante los primeros 25 años, el consumo per cápita existente será superior durante ese lapso de tiempo, sucediendo lo mismo con la población y la vivienda, la cual a partir de ese momento tenderá a estabilizarse como consecuencia de los cambios tecnológicos existentes.

6. Estableciendo un consumo per cápita elevado en los primeros 20 años, obliga a una baja grave del mismo, después de dichos 20 años, posterior a ese lapso, la vivienda y la población se afectan y presentan una ligera disminución de crecimiento.

DIAGRAMA CAUSAL DEL MODELO RESIDENCIAL ORIGINAL.



Con objeto de determinar el signo de cada flecha se usa la siguiente regla: "Cuando la variable donde está la cola de la flecha crece, ¿que cosa le sucede a la variable en la punta?, si esta crece lleva signo + si decrece signo -. El signo interior de los circuitos se determina con la regla de signos del álgebra.

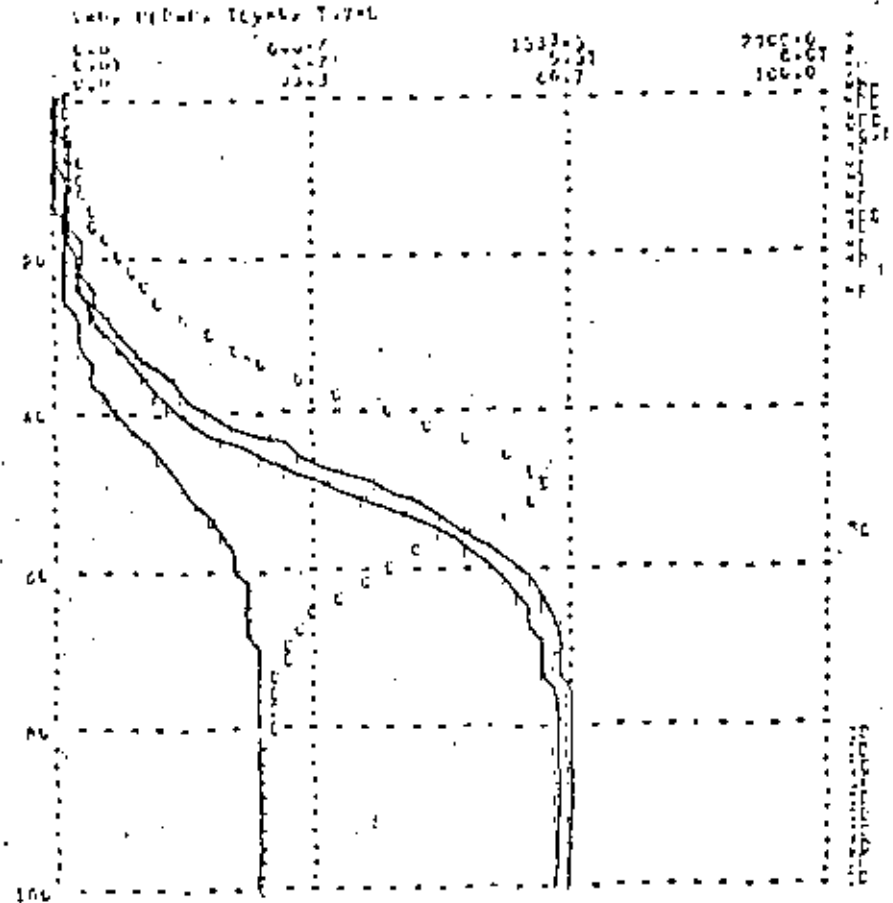
STATION DATA AT 10106.4217 IN JULY 1974

STATION	DATE	FLU	TCV	TH	TH	TH	LV	FCY
0-00	12-15	30-3	1-173	0-760	0-81	0-39	1-0001	2-00007
1-00	12-15	44-8	1-751	0-879	0-89	0-83	0-9505	2-10075
2-00	12-15	64-9	2-004	0-960	1-30	0-30	0-9502	1-01025
3-00	12-15	84-0	2-717	0-800	1-91	1-045	0-9570	2-00001
4-00	12-15	100-0	3-404	0-700	2-77	1-087	0-9566	1-00003
5-00	12-15	121-2	4-031	1-000	3-09	2-000	0-9549	1-00020
6-00	12-15	140-0	4-805	1-000	3-59	2-015	0-9504	1-00019
7-00	12-15	160-0	5-745	0-700	4-74	2-007	0-9592	1-00000
8-00	12-15	170-0	6-800	0-600	5-63	2-734	0-9541	1-00004
9-00	12-15	180-0	7-904	0-700	6-66	3-040	0-9508	1-00007
10-00	12-15	190-0	9-035	0-600	7-81	3-704	0-9500	1-00002
11-00	12-15	200-0	10-202	0-500	9-10	4-200	0-9430	1-00008
12-00	12-15	210-0	11-404	0-400	10-40	4-700	0-9577	1-00003
13-00	12-15	220-0	12-604	0-300	11-70	5-200	0-9507	1-00002
14-00	12-15	230-0	13-804	0-200	13-00	5-700	0-9505	1-00002
15-00	12-15	240-0	15-004	0-100	14-30	6-200	0-9500	1-00001
16-00	12-15	250-0	16-204	0-000	15-60	6-700	0-9557	1-00004
17-00	12-15	260-0	17-404	0-000	16-90	7-200	0-9507	1-00005
18-00	12-15	270-0	18-604	0-000	18-20	7-700	0-9540	1-00005
19-00	12-15	280-0	19-804	0-000	19-50	8-200	0-9540	1-00005
20-00	12-15	290-0	21-004	0-000	20-80	8-700	0-9577	1-00005
21-00	12-15	300-0	22-204	0-000	22-10	9-200	0-9577	1-00005
22-00	12-15	310-0	23-404	0-000	23-40	9-700	0-9577	1-00005
23-00	12-15	320-0	24-604	0-000	24-70	10-200	0-9575	1-00000
24-00	12-15	330-0	25-804	0-000	26-00	10-700	0-9565	1-00000

STATION DATA AT 10106.4217 IN JULY 1974

STATION	DATE	FLU	TCV	TH	TH	TH	LV	FCY
25-00	12-15	340-0	27-004	0-000	27-30	11-200	0-9577	1-00000
26-00	12-15	350-0	28-204	0-000	28-60	11-700	0-9575	1-00001

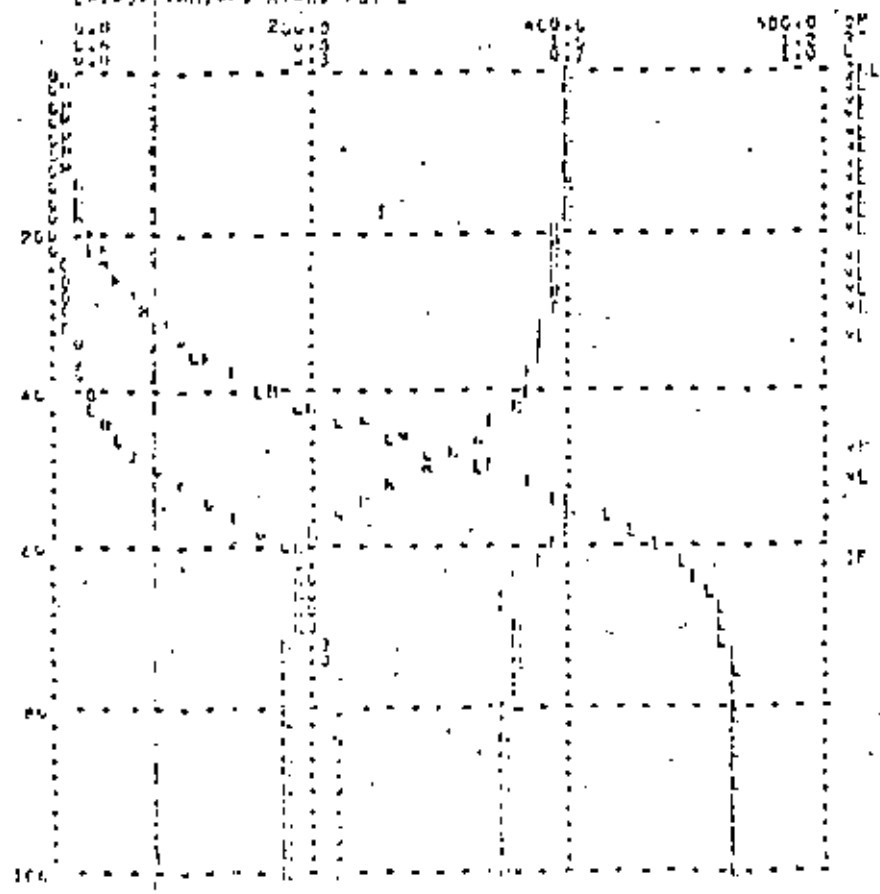
STATION DATA AT 10106.4217 IN JULY 1974



STATION TO RUM 2000 AT 10:00 HOURS 18 JULY 1979

DEPTH FLUCTION AT 10:00 HOURS 18 JULY 1979

ESTIMATED RAINFALL TOTAL



STATION TO RUM 2000 AT 10:00 HOURS 18 JULY 1979

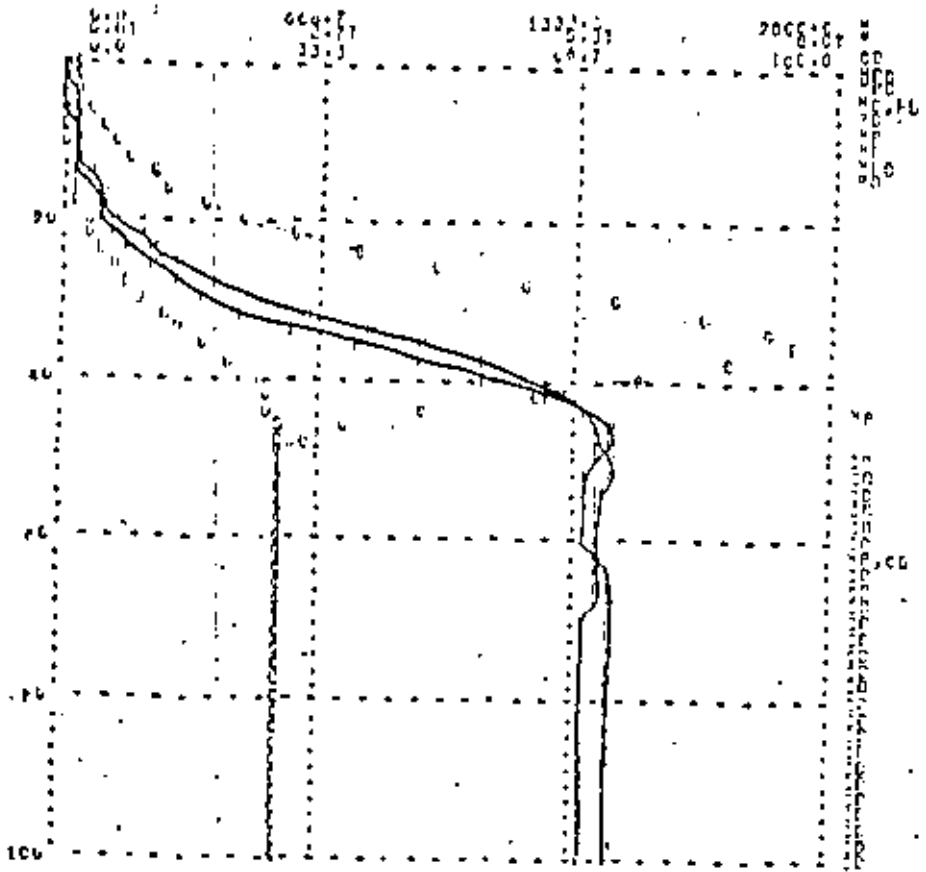
TIME	POSITION AT 10:00 HOURS 18 JULY 1979						RV	FCT
	N	E	S	W	L	H		
0:00	1440	1500	0400	1400	1400	1400	140001	140000
5:00	1700	4500	2400	1400	1400	1400	141630	1401170
10:00	2700	7800	4900	1400	1400	1400	143324	1421634
15:00	3700	10200	8100	1400	1400	1400	145007	1432209
20:00	4600	12600	11400	1400	1400	1400	146691	1443657
25:00	5500	15000	14600	1400	1400	1400	148375	1455105
30:00	6400	17400	16800	1400	1400	1400	150059	1466553
35:00	7300	19800	19000	1400	1400	1400	151743	1478001
40:00	8200	22200	21200	1400	1400	1400	153427	1489449
45:00	9100	24600	23400	1400	1400	1400	155111	1500897
50:00	10000	27000	25600	1400	1400	1400	156795	1512345
55:00	10900	29400	27800	1400	1400	1400	158479	1523793
60:00	11800	31800	30000	1400	1400	1400	160163	1535241
65:00	12700	34200	32200	1400	1400	1400	161847	1546689
70:00	13600	36600	34400	1400	1400	1400	163531	1558137
75:00	14500	39000	36600	1400	1400	1400	165215	1569585
80:00	15400	41400	38800	1400	1400	1400	166899	1581033
85:00	16300	43800	41000	1400	1400	1400	168583	1592481
90:00	17200	46200	43200	1400	1400	1400	170267	1603929
95:00	18100	48600	45400	1400	1400	1400	171951	1615377
100:00	19000	51000	47600	1400	1400	1400	173635	1626825
105:00	19900	53400	49800	1400	1400	1400	175319	1638273
110:00	20800	55800	52000	1400	1400	1400	177003	1649721
115:00	21700	58200	54200	1400	1400	1400	178687	1661169
120:00	22600	60600	56400	1400	1400	1400	180371	1672617
125:00	23500	63000	58600	1400	1400	1400	182055	1684065
130:00	24400	65400	60800	1400	1400	1400	183739	1695513
135:00	25300	67800	63000	1400	1400	1400	185423	1706961
140:00	26200	70200	65200	1400	1400	1400	187107	1718409
145:00	27100	72600	67400	1400	1400	1400	188791	1729857
150:00	28000	75000	69600	1400	1400	1400	190475	1741305
155:00	28900	77400	71800	1400	1400	1400	192159	1752753

TIME	POSITION AT 10:00 HOURS 18 JULY 1979						RV	FCT
	N	E	S	W	L	H		
156:00	29800	79800	74000	1400	1400	1400	193843	1764201
160:00	30700	82200	76200	1400	1400	1400	195527	1775649

PAGE 9 ENIGRI

DEPTH LISTING AT 16100.6675, 14 JULY 1979

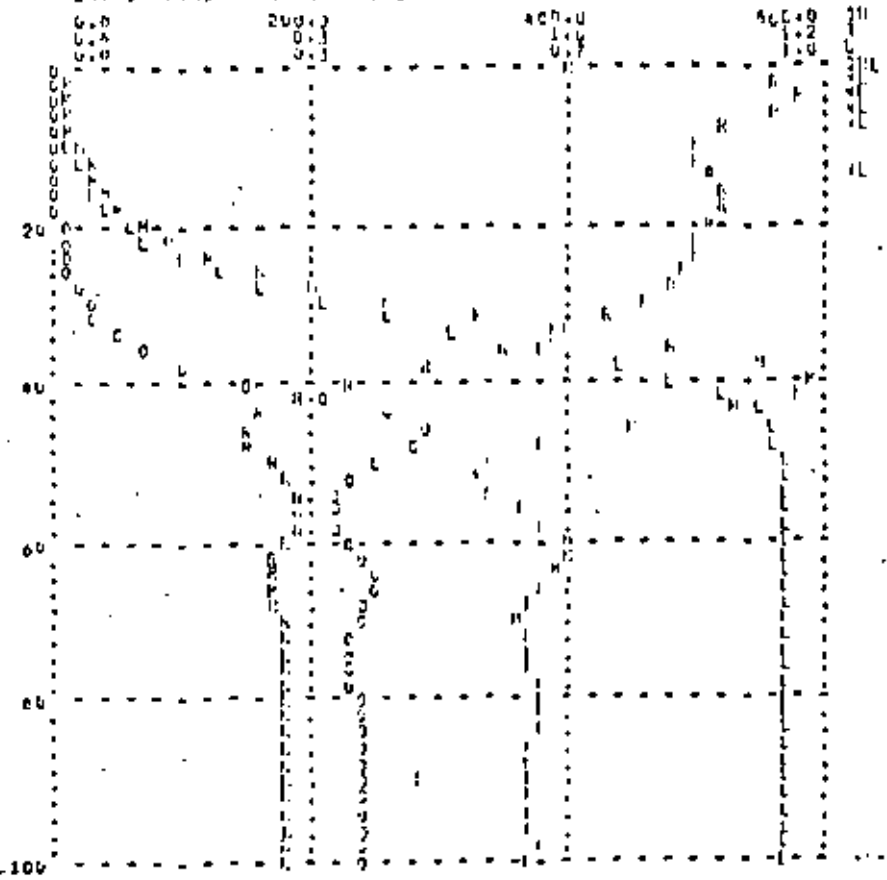
NAME: PERAL, SURVEY: SURVING



PAGE 10 ENIGRI

DEPTH LISTING AT 16100.7350, 14 JULY 1979

NAME: SCHERER, SURVEY: SURVING



DYNAMO DIZIP HARLEM
PCB ENIGMA

AGE 2 ENIGMA

STARTED PRINTING AT 11100-0156, IN JULY 1979

MODELO RESIDENCIAL
CORTICA 3

MPTU = MULTIPLICADOR POR TIERRA DISPONIBLE
FUT = FRACCIÓN DE TIERRA OCUPADA
T = TIERRA
IMV = TIERRA POR VIVIENDA
CNU = CONSTRUCCIÓN ANUAL DE VIVIENDA
TCV = TASA DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA
MUV = MULTIPLICADOR DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA
UVV = VIDA PROMEDIO DE LA VIVIENDA
TDV = TASA DE DESTRUCCIÓN DE VIVIENDA
V = VIVIENDA
BY = APLICACION DE VIVIENDAS
PAP = MULTIPLICADOR DE REACTIVO POR MIGRACION
PMA = FRACCIÓN DEL REACTIVO POR MIGRACION
TMR = TIEMPO DE REACCION AL MIGRACION
TMR = TASA DE REACCION AL MIGRACION
TMR = REACCION AL REACTIVO
CNU = TASA DE CONSTRUCCION
PUB = REACCION
M = MULTIPLICADOR POR IMIGRACION
P = FACTOR DE TASA DE MULTIPLICACION
T = TASA DE MULTIPLICACION
VM = VIVIENDAS ELABORADAS
UM = UNIDADES POR PERSONA

TIME	V	PCB	TCV	TDV	UMI	UMI	RV	FLT
E+00	E+00	E+00	E+00	E+00	E+00	E+00	E+00	E+00
0:00	10.0	30.3	1.193	0.200	0.41	4.39	1.0001	0.00607
4:00	14.6	44.4	1.743	0.290	0.59	6.43	0.9976	0.00974
8:00	21.3	64.9	2.540	0.427	1.31	9.37	0.9963	0.01422
12:00	31.1	94.6	3.605	0.622	1.91	13.61	0.9959	0.02073
16:00	45.7	137.0	5.125	0.905	2.79	19.79	0.9946	0.03016
20:00	65.6	200.4	7.440	1.312	4.09	28.72	0.9917	0.04373
24:00	94.0	290.0	10.913	1.895	6.00	41.41	0.9873	0.06317
28:00	136.1	419.9	15.915	2.721	8.78	59.19	0.9820	0.09071
32:00	193.7	602.1	21.968	3.873	12.82	83.00	0.9747	0.12510
36:00	272.3	855.7	30.920	5.485	18.73	117.00	0.9642	0.16851
40:00	376.4	1201.1	37.902	7.527	27.33	160.26	0.9496	0.22509
44:00	505.7	1655.4	45.310	10.114	38.29	214.05	0.9257	0.30314
48:00	660.8	2210.2	54.263	13.817	52.95	286.69	0.8891	0.41309
52:00	797.7	2837.2	64.756	18.953	72.02	380.80	0.8419	0.53177
56:00	928.0	3612.6	76.829	26.000	100.14	500.64	0.7841	0.66167
60:00	1029.0	4567.5	90.600	35.500	140.57	650.46	0.7163	0.80401
64:00	1090.7	5600.6	105.117	47.975	180.99	830.56	0.6349	0.93249
68:00	1143.4	6799.1	121.619	63.867	240.45	1050.32	0.5376	0.70225
72:00	1174.5	8110.0	139.719	83.829	320.80	1320.09	0.4255	0.70297
76:00	1190.3	9500.5	159.259	107.927	420.30	1650.93	0.3046	0.79755
80:00	1211.5	10910.6	179.233	136.230	540.29	2050.99	0.1725	0.88767
84:00	1222.0	12460.0	199.517	168.941	680.83	2520.03	0.0303	0.81469
88:00	1229.3	14179.9	219.559	206.505	840.74	3060.51	0.7793	0.81952
92:00	1236.2	16099.1	240.031	248.606	1020.07	3270.71	0.7793	0.82278

AGE 3 ENIGMA

FUT = FRACCIÓN DE TIERRA OCUPADA
T = TIERRA
IMV = TIERRA POR VIVIENDA
CNU = CONSTRUCCIÓN ANUAL DE VIVIENDA
TCV = TASA DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA
MUV = MULTIPLICADOR DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA
UVV = VIDA PROMEDIO DE LA VIVIENDA
TDV = TASA DE DESTRUCCIÓN DE VIVIENDA
V = VIVIENDA
BY = APLICACION DE VIVIENDAS
PAP = MULTIPLICADOR DE REACTIVO POR MIGRACION
PMA = FRACCIÓN DEL REACTIVO POR MIGRACION
TMR = TIEMPO DE REACCION AL MIGRACION
TMR = TASA DE REACCION AL MIGRACION
TMR = REACCION AL REACTIVO
CNU = TASA DE CONSTRUCCION
PUB = REACCION
M = MULTIPLICADOR POR IMIGRACION
P = FACTOR DE TASA DE MULTIPLICACION
T = TASA DE MULTIPLICACION
VM = VIVIENDAS ELABORADAS
UM = UNIDADES POR PERSONA

FUT = FRACCIÓN DE TIERRA OCUPADA
T = TIERRA
IMV = TIERRA POR VIVIENDA
CNU = CONSTRUCCIÓN ANUAL DE VIVIENDA
TCV = TASA DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA
MUV = MULTIPLICADOR DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA
UVV = VIDA PROMEDIO DE LA VIVIENDA
TDV = TASA DE DESTRUCCIÓN DE VIVIENDA
V = VIVIENDA
BY = APLICACION DE VIVIENDAS
PAP = MULTIPLICADOR DE REACTIVO POR MIGRACION
PMA = FRACCIÓN DEL REACTIVO POR MIGRACION
TMR = TIEMPO DE REACCION AL MIGRACION
TMR = TASA DE REACCION AL MIGRACION
TMR = REACCION AL REACTIVO
CNU = TASA DE CONSTRUCCION
PUB = REACCION
M = MULTIPLICADOR POR IMIGRACION
P = FACTOR DE TASA DE MULTIPLICACION
T = TASA DE MULTIPLICACION
VM = VIVIENDAS ELABORADAS
UM = UNIDADES POR PERSONA

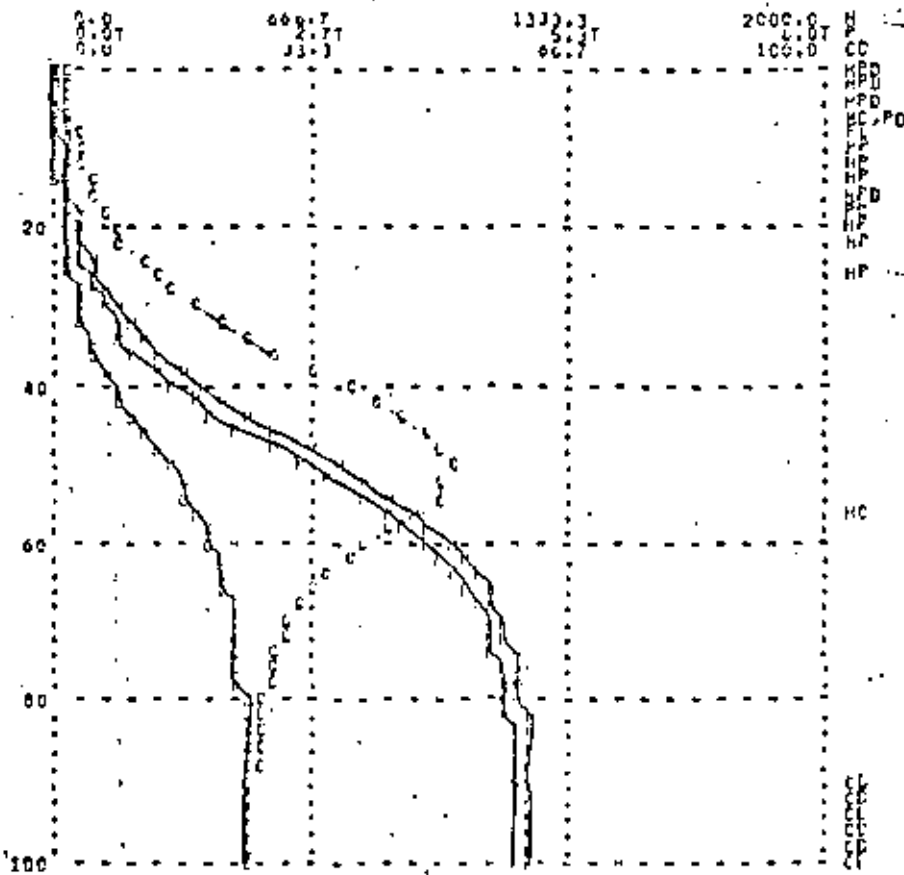
TIME	V	PCB	TCV	TDV	UMI	UMI	RV	FLT
96:00	1237.5	17920.7	260.005	294.789	1200.51	3260.23	0.7792	0.82297
100:00	1239.7	19820.3	280.220	340.793	1400.00	3260.82	0.7747	0.82644

INPUT PHASE CONCLUDED AT 111 4 47
GENERATED BY DIZIP HARLEM AT 111 3 28
INPUT PHASE BEGINS AT 111 3 28
INPUT PHASE CONCLUDED AT 111 4 47
ELAPSED CALCULATION TIME 1.32

PAGE 4 EPIGRA

REGAN PLOTTING AT 21106.0000, 14 JULY 1979

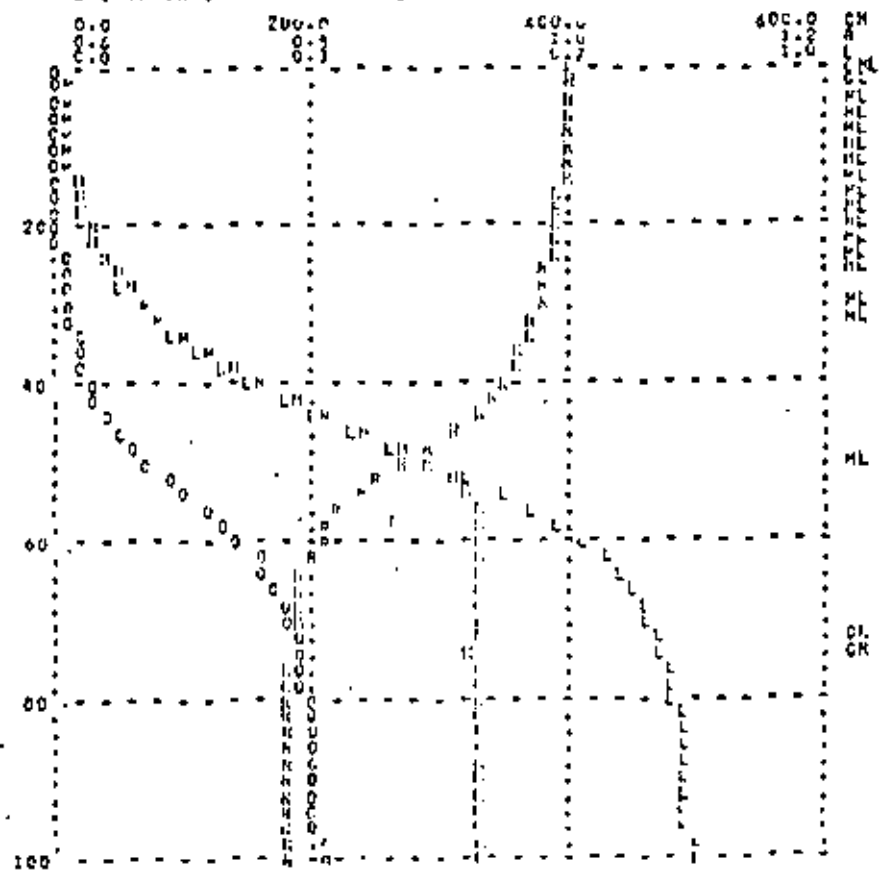
VMB, PDBWT, TCVPC, TOV=D



PAGE 5 EPIGRA

REGAN PLOTTING AT 21106.1675, 14 JULY 1979

EMW, DMBWT, TCVPC, FLTML

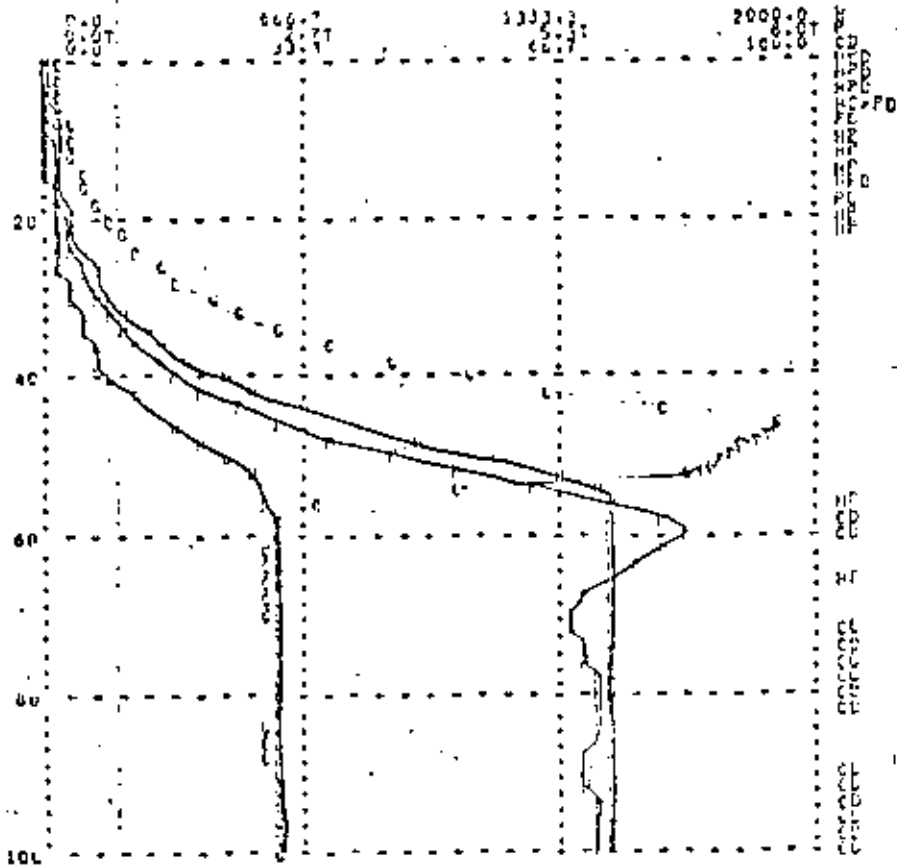


PAGE 4

EMISHA

MEGAN PLOTTING AT 1119.4563, 14 JULY 1979

VHS, FDUAP, TCVVC, TOVD

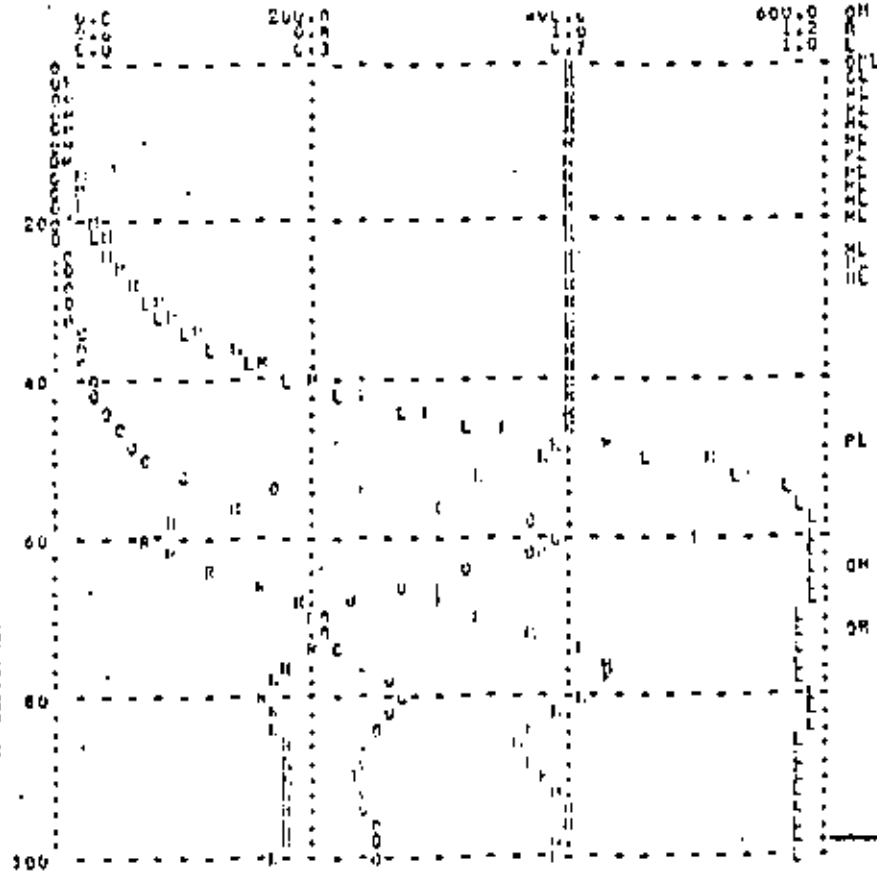


PAGE 5

EMISHA

MEGAN PLOTTING AT 1119.4563, 14 JULY 1979

EMISHA, INITIAL DIVER, FDUAP



PAGE 2 DIGNA

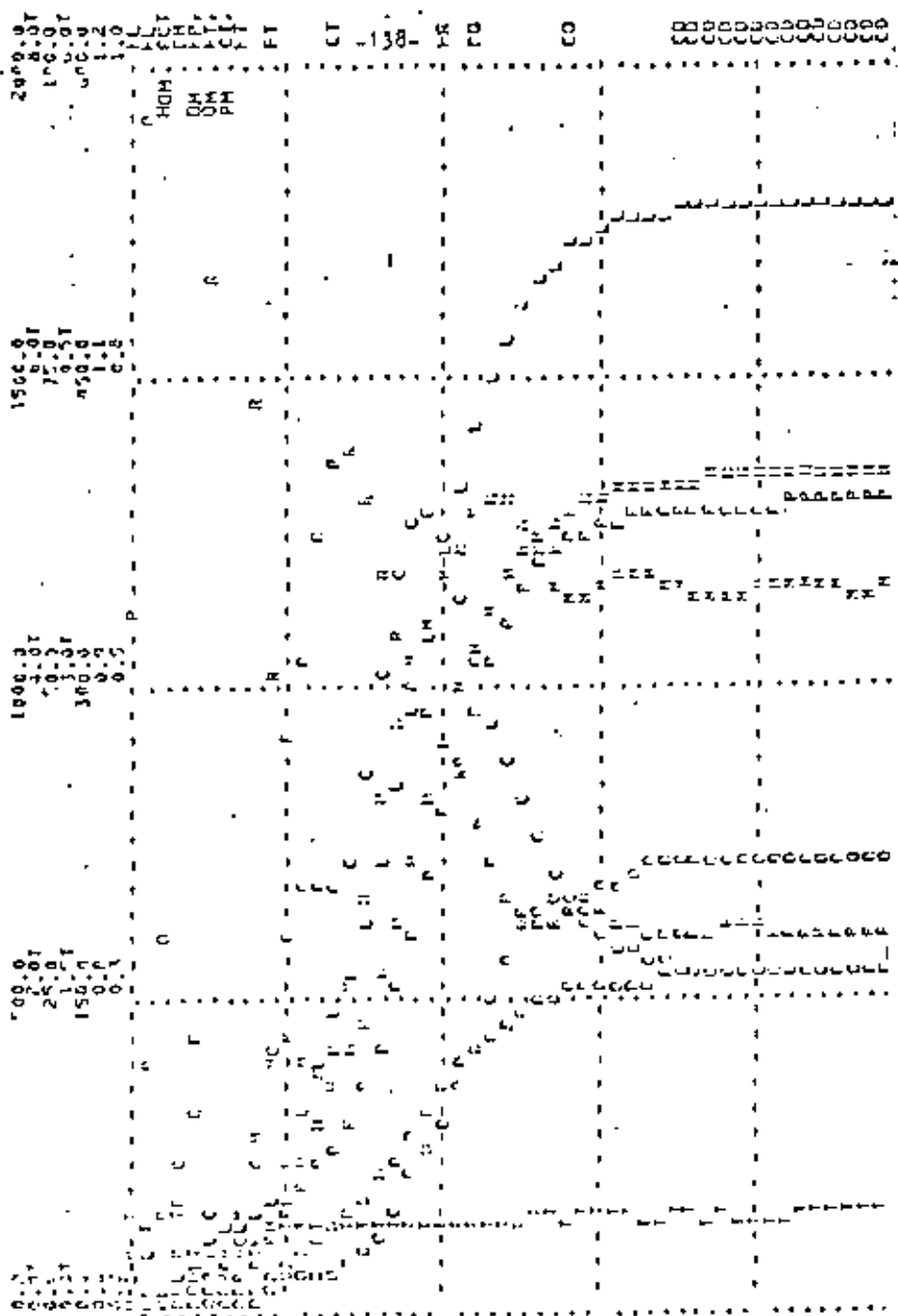
TIME	V	W	TY	TOT	F
E+00	E+00	E+00	E+00	E+00	E+00
0.00	10.0	858.0	3.481	0.200	450.00
4.00	26.5	668.1	7.695	0.551	450.00
8.00	66.6	276.0	15.575	1.323	292.30
12.00	105.3	243.2	8.272	2.006	207.00
16.00	116.4	332.6	11.814	2.329	395.95
20.00	188.7	600.7	30.087	3.600	408.67
24.00	300.7	840.0	33.450	6.017	446.54
28.00	410.6	1074.1	36.907	8.211	449.78
32.00	537.7	1310.3	41.450	10.704	419.99
36.00	718.7	2010.2	63.197	14.570	450.00
40.00	909.0	3301.9	71.571	18.125	450.00
44.00	1075.3	5054.5	72.597	21.300	450.00
48.00	1171.3	6433.1	84.291	23.125	450.00
52.00	1202.7	6775.9	72.774	24.650	450.00
56.00	1284.4	4224.0	72.570	25.688	450.00
60.00	1306.4	5811.1	74.288	26.128	450.00
64.00	1310.4	7099.7	76.503	26.365	450.00
68.00	1325.5	5154.7	77.230	26.510	450.00
72.00	1329.3	5150.8	72.176	26.577	450.00
76.00	1331.1	5189.7	76.865	26.622	450.00
80.00	1331.0	5154.0	74.723	26.637	450.00
84.00	1332.5	5161.0	76.289	26.637	450.00
88.00	1332.7	5163.0	76.211	26.637	450.00
92.00	1332.8	5162.5	76.203	26.637	450.00

PAGE 3 DIGNA

TIME	V	W	TY	TOT	F
96.00	1332.9	5161.5	76.658	26.637	450.00
100.00	1332.9	5162.0	76.665	26.638	450.00

TECH FLIGHT AT 21:52.1114, 24 AUGUST 1979

VER, FCFP, TCYEC, TCYEC, CBT, FBTZ, IMJAM, NYEP, FOJEL



UN MODELO APICOLA.

Se ha desarrollado un modelo apícola con objeto de determinar el número de "cajones" (término usado en apicultura, para describir los módulos de dimensiones estándar en que viven las abejas domésticas), que se deben asignar teniendo una extensión determinada de terreno a la función de la floración anual en la zona y al comportamiento interno de la población de las abejas en la producción de miel.

Los resultados obtenidos nos deben conducir también a la determinación de las cantidades de miel que se les puede expropiar a las abejas y cuando es conveniente hacerlo.

DESCRIPCION DEL SISTEMA.

Las abejas se alimentan básicamente de miel, y ésta la producen ellas mismas cuando procesan el néctar que recogen de las flores.

La miel es guardada en celdas de cera en el interior del cajón.

La población de abejas se incrementa en las épocas donde hay más flores, pues la reina (ser en el mundo de las abejas con características únicas de producir huevecillos fecundados y tener la función de ser absoluta), es la encargada de incrementar esta población; toma en cuenta la cantidad de miel que introducen las abejas al cajón, para pronosticar la población que será necesaria para recolectar la mayor cantidad de miel en el período de floración.

Sólo pueden estar un cierto número de cajones en una superficie determinada y no se podrá otro conjunto de cajones en un radio considerable.

Existe una determinada población en el cajón que realiza labores específicas dentro de éste durante todo el año, y cada elemento comerá una cantidad fija de miel en toda su vida.

La vida de las abejas es uniforme para todas salvo la reina.

A medida que pasa el tiempo de floración, se hace cada vez más difícil conseguir el néctar, lo que bajará el rendimiento de cada abeja, aunque normalmente existe una producción por pequeña que sea.

Al notar la reina esta baja, reajusta el pronóstico de huevos que necesita producir, pues no le conviene que suba la población de tal forma que la producción de miel media sea menos que el consumo de miel.

Por otro lado, si la población de algún cajón es muy numerosa (alta densidad), las abejas alimentarán a una nueva reina y se dividirá el enjambre en dos partes aproximadamente iguales. Una parte se irá lejos del radio de acción y la otra permanecerá en el cajón. A menos que la primera parte no represente trastornos en el alimento y que haya suficiente néctar en el área se quedan a vivir dentro del mismo radio de acción que la segunda parte.

Cada huevecillo pasa por una metamorfosis de duración constante y a su término estará formada la abeja.

En esta descripción se mencionan cajones como la residencia de cada enjambre, pero se pueden considerar residencias auto-construidas y de población similar a los cajones.

La ventaja de considerar cajones, es la facilidad de expropiación de la miel.

El apicultor podrá controlar algunos aspectos con el fin de aumentar la producción de miel y guardar un equilibrio en cada uno de los cajones:

- Regulará la producción de reinas.
- Regulará la densidad de los cajones
- Ayudará a las abejas en el proceso inicial de construcción de las celdas
- Podrá intervenir con medios artificiales a cambiar el pronóstico de la población necesaria a la reina en los primeros días del período de mayor floración
- Podrá alimentar a las abejas con medios artificiales cuando exista escasez de miel en los cajones.

HIPOTESIS:

Para fines del modelo supondremos que por falta de alimento no existirán bajas, pues el objetivo es saber cuanto miel es posible expropiar a través del año y no el comportamiento de las abejas en épocas de crisis.

Se supondrá también que habrá capacidad suficiente en el cajón como para no tener problemas por bajas por exceso de densidad de población.

No habrá bajas por malos tratos, especies enemigas, clima desfavorable, contaminación, etc.

Para considerar la producción de huevecillos de la reina supondremos que se verá sujeta a las siguientes influencias:

- Su capacidad de fecundar huevos
- El inventario de miel
- La cantidad de miel que acorran las abejas (debido a la floración existente).
- Cantidad actual de abejas y huevos en necandrosis.
- Su instinto natural al ciclo anual (herencia).

DIAGRAMA CAUSAL BASICO:

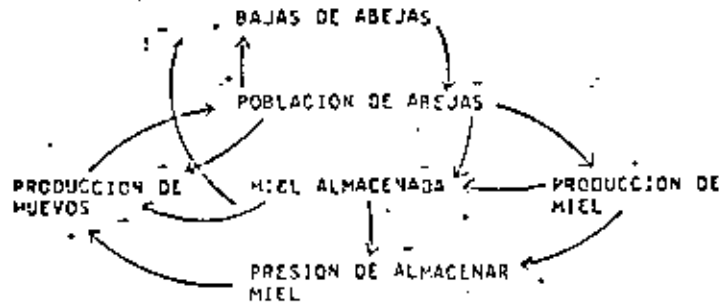
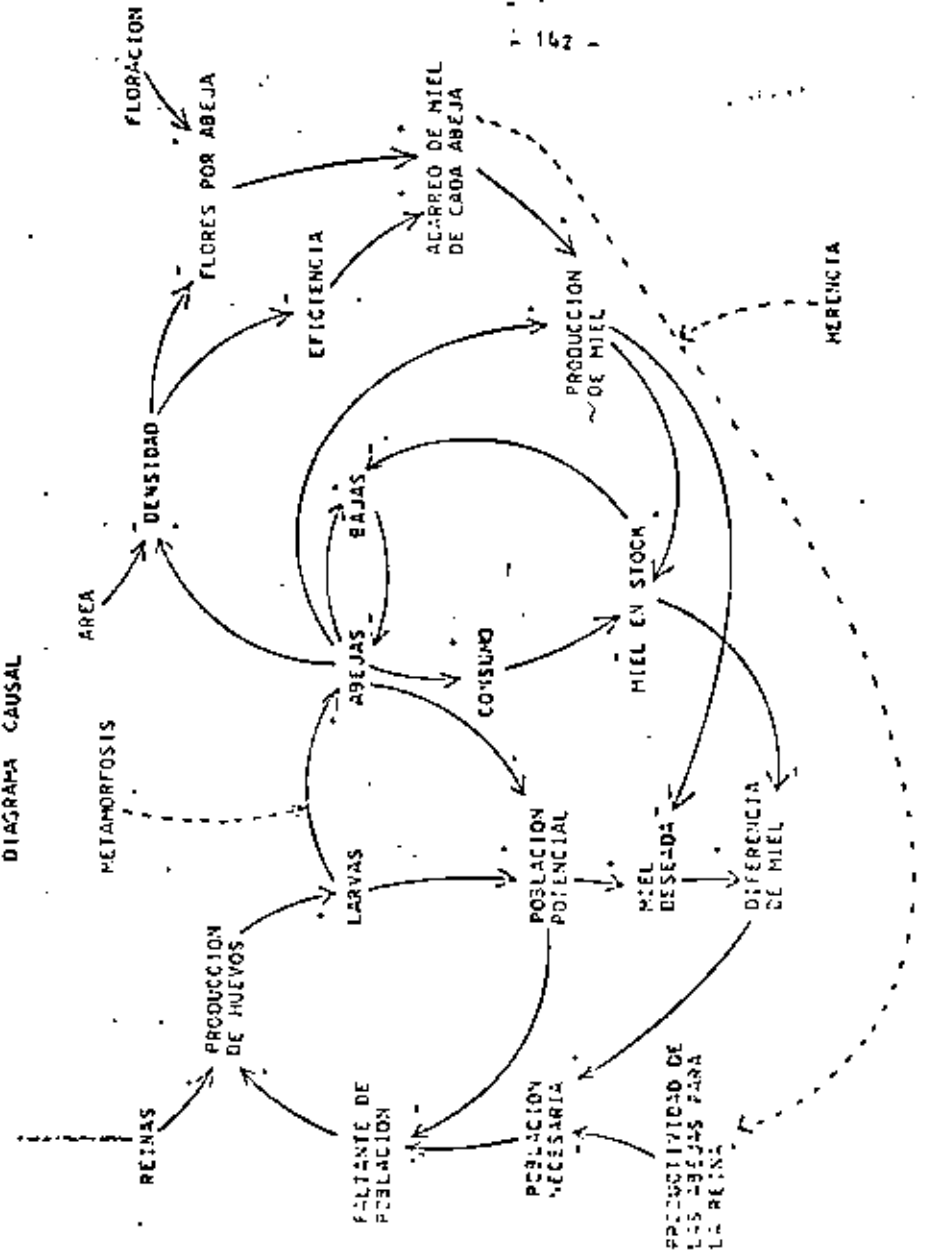
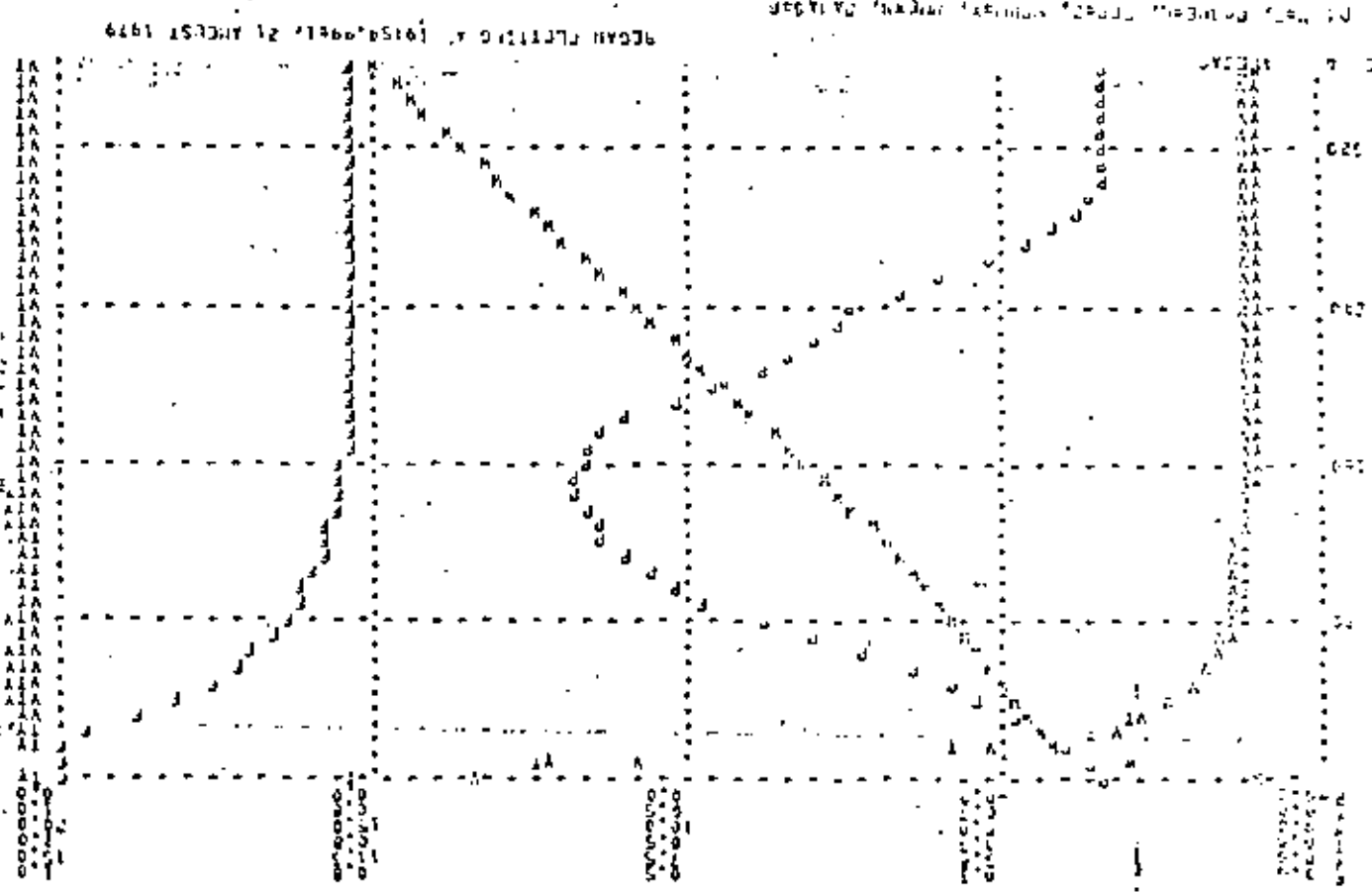
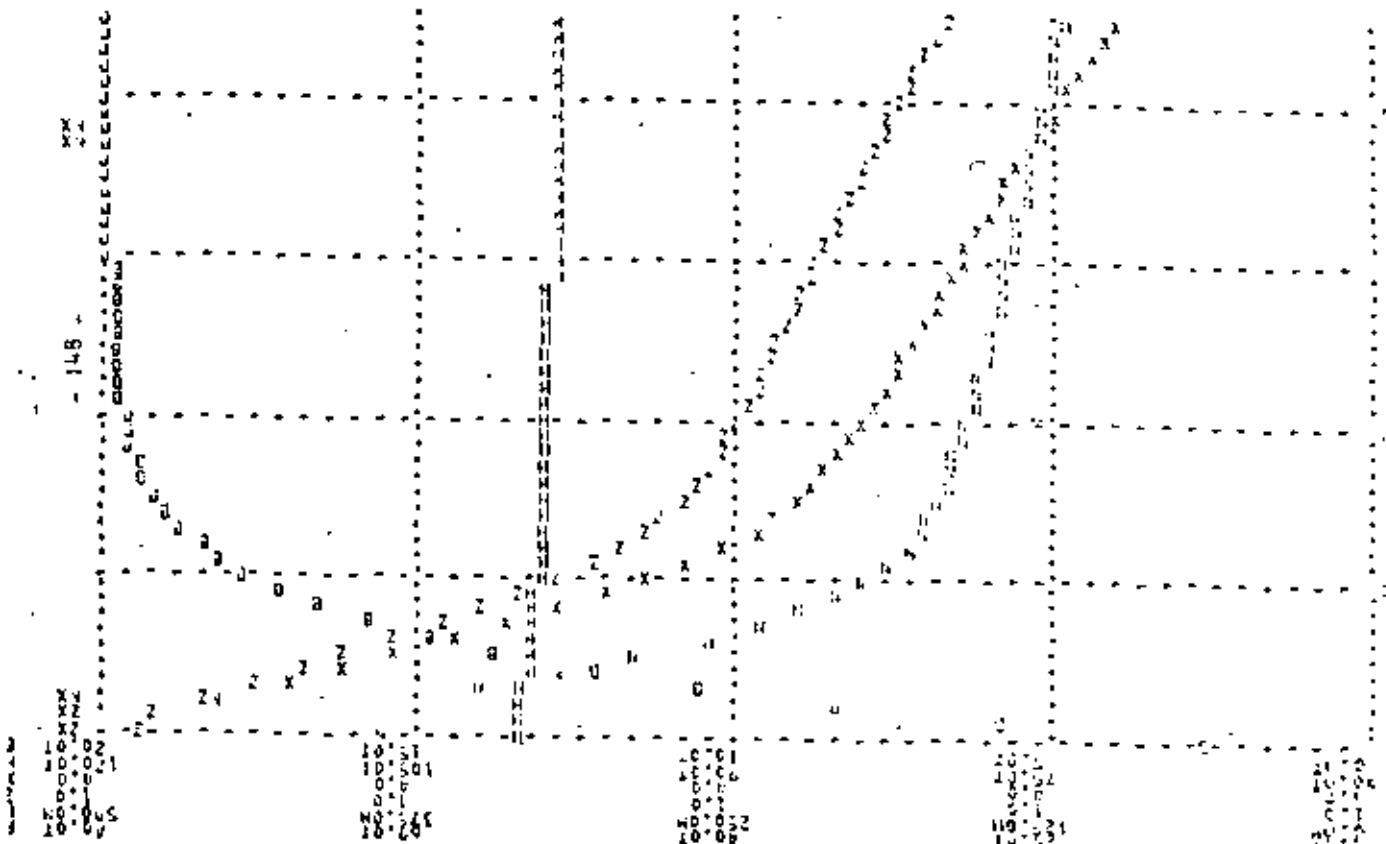
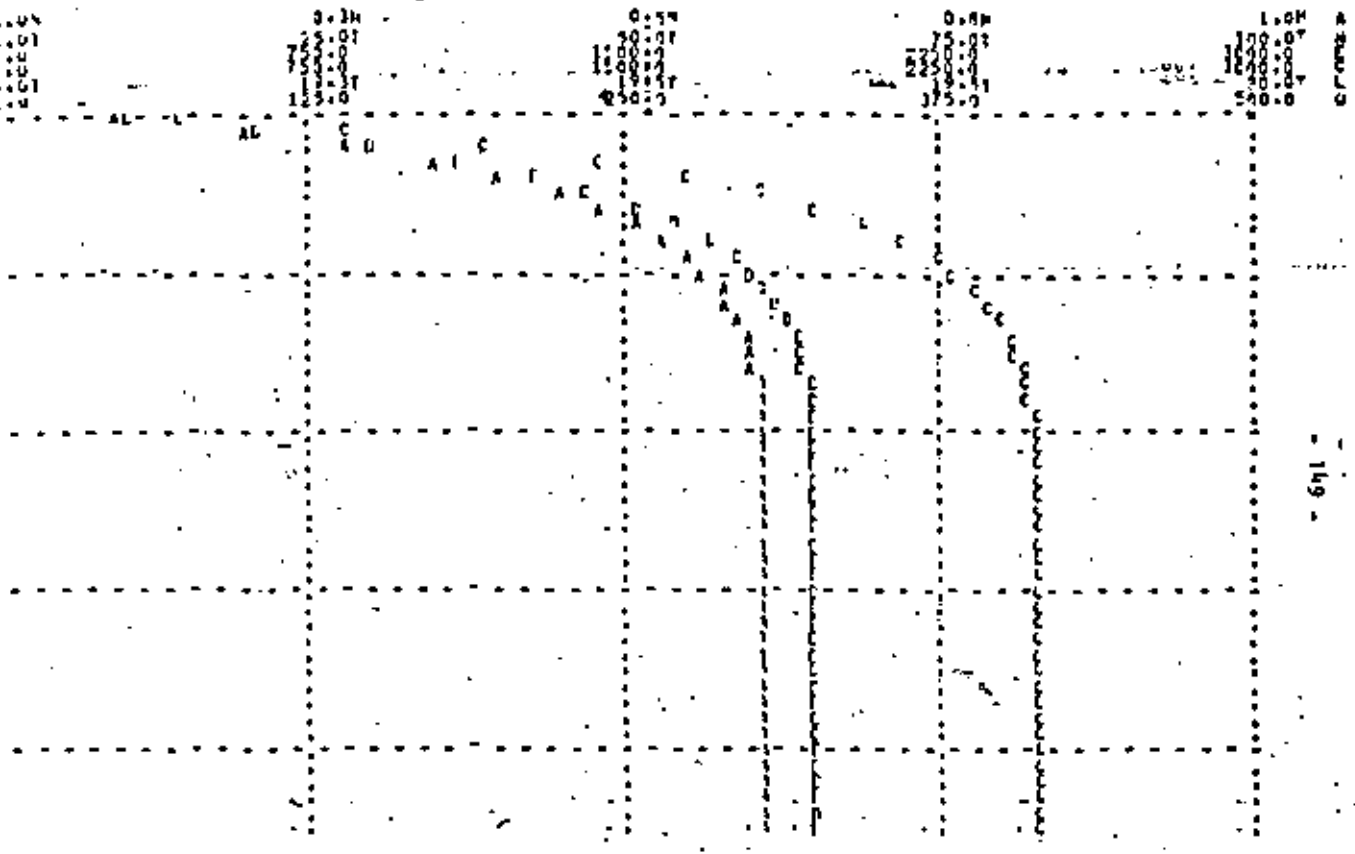


DIAGRAMA CAUSAL



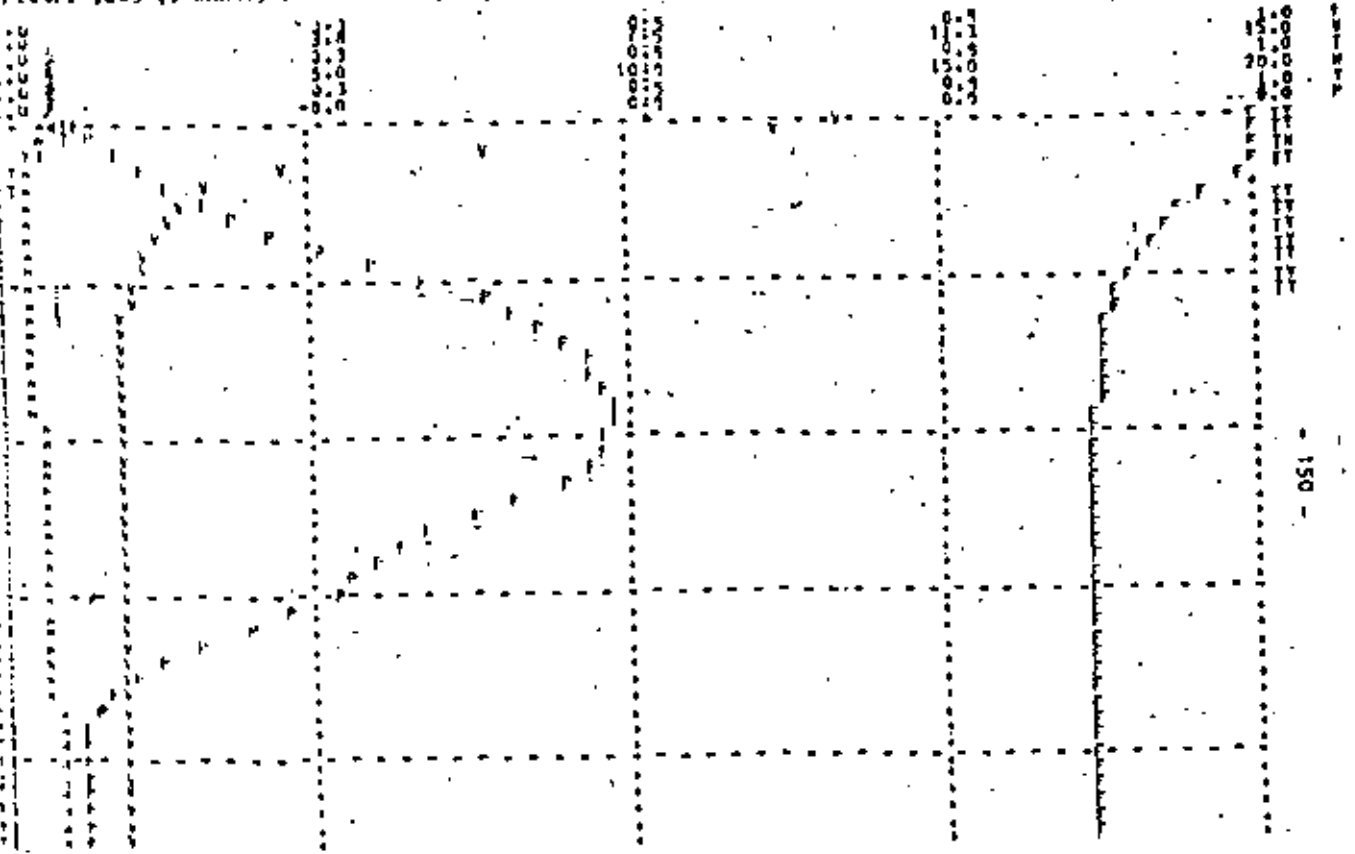


60000 MILLER'S CHILLER CHILLER PHILIP DENARD



- 149 -

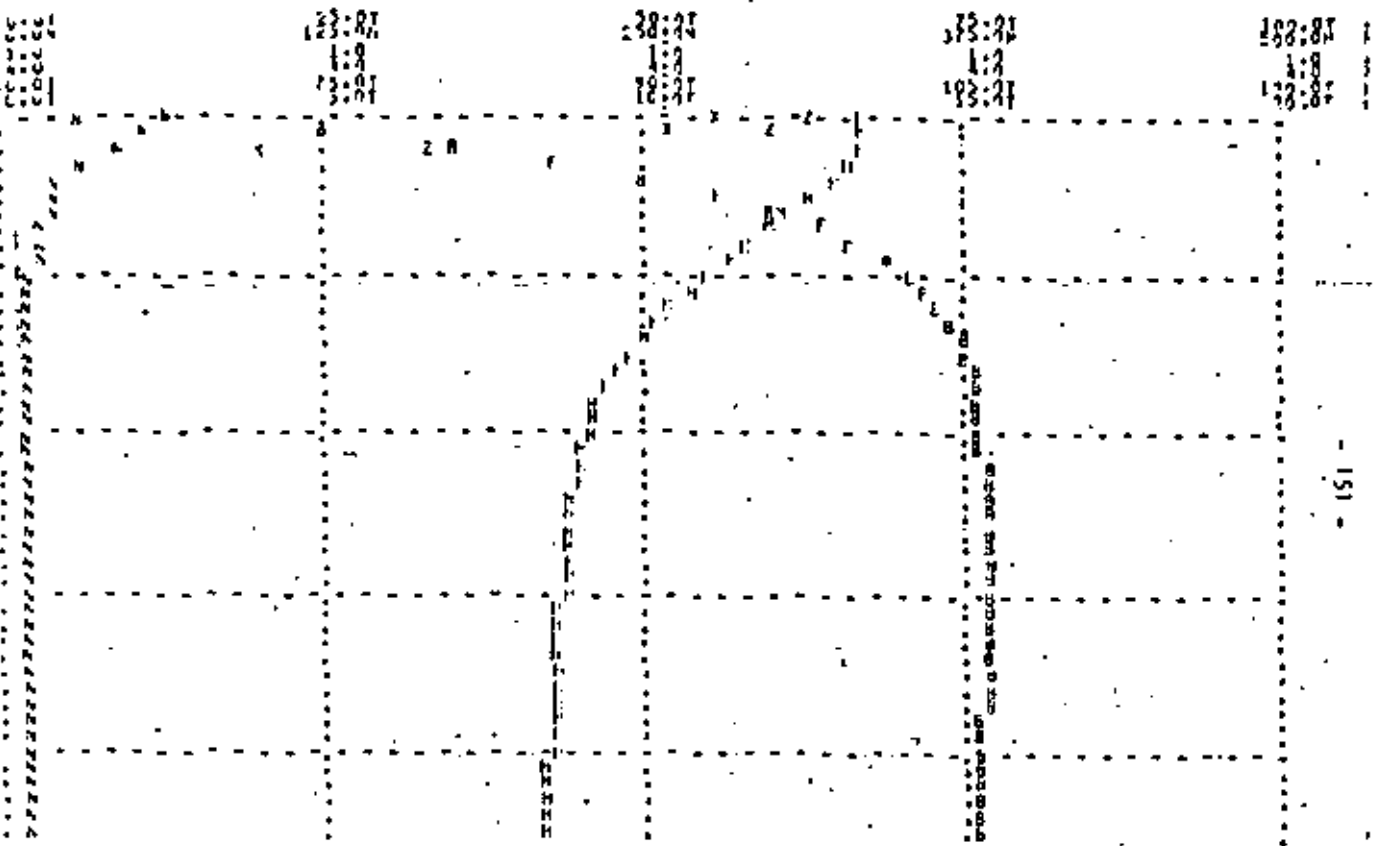
60000 MILLER'S CHILLER CHILLER PHILIP DENARD



- 150 -

REGAL FLOTTE AT 1619-1547 22 AUGUST 1979

REGAL FLOTTE AT 1619-1547 22 AUGUST 1979



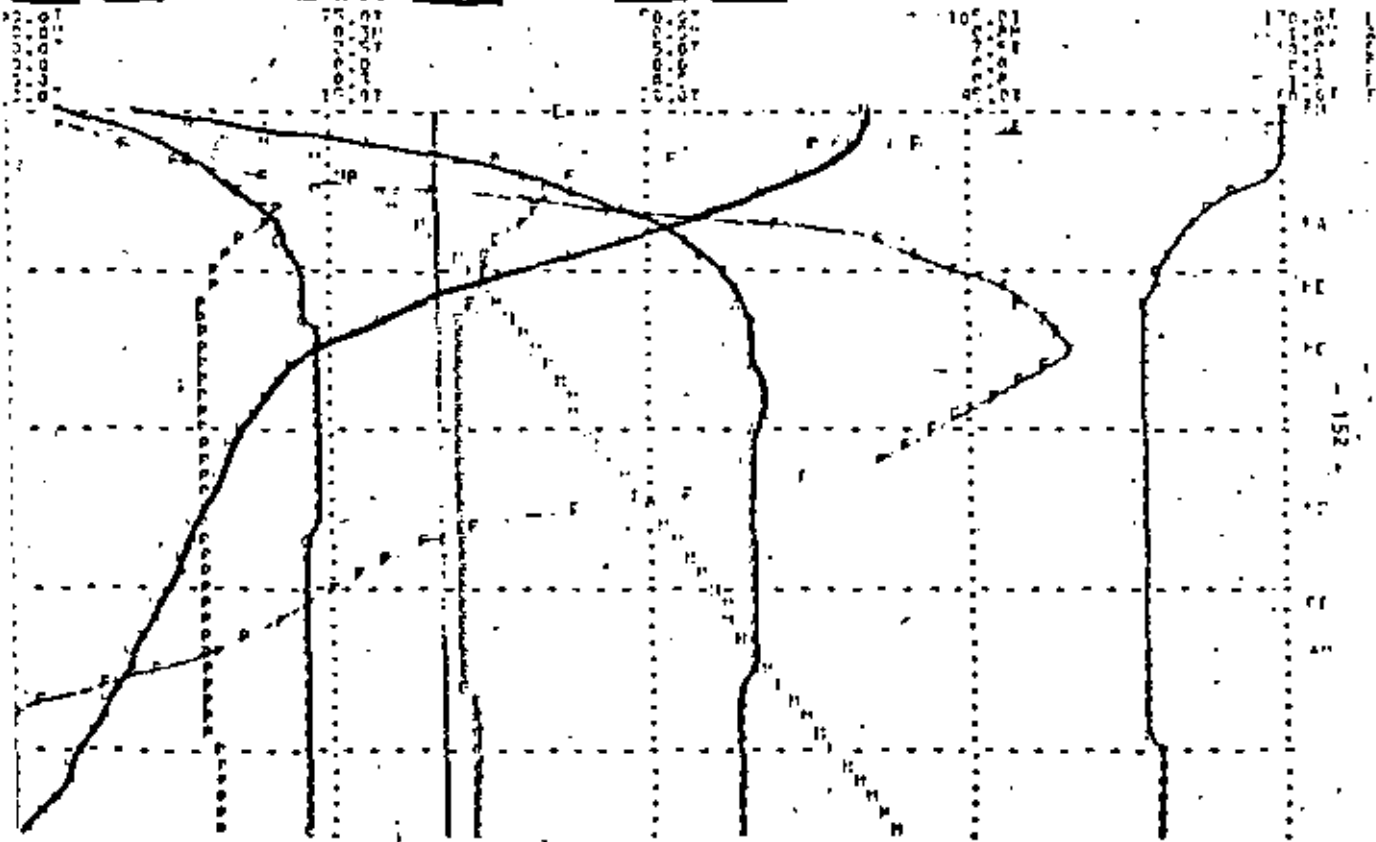
- 151 -

REGAL FLOTTE AT 1619-1547 22 AUGUST 1979

REGAL FLOTTE AT 1619-1547 22 AUGUST 1979

REGAL FLOTTE

REGAL FLOTTE, REGAL FLOTTE, REGAL FLOTTE, REGAL FLOTTE, REGAL FLOTTE, REGAL FLOTTE, REGAL FLOTTE

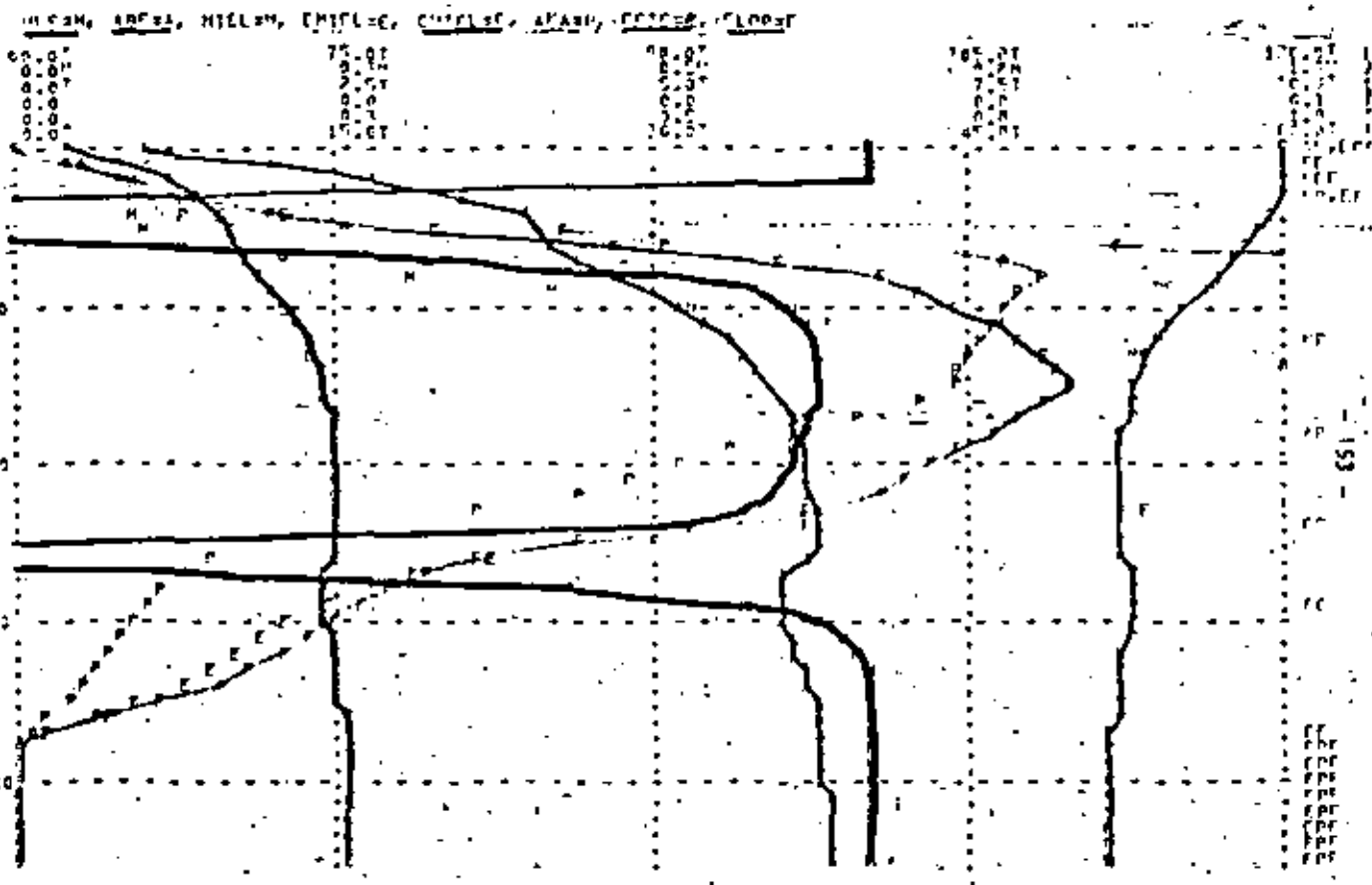


- 152 -

REGAL FLOTTE AT 1619-1547 22 AUGUST 1979

LE 1 AREA

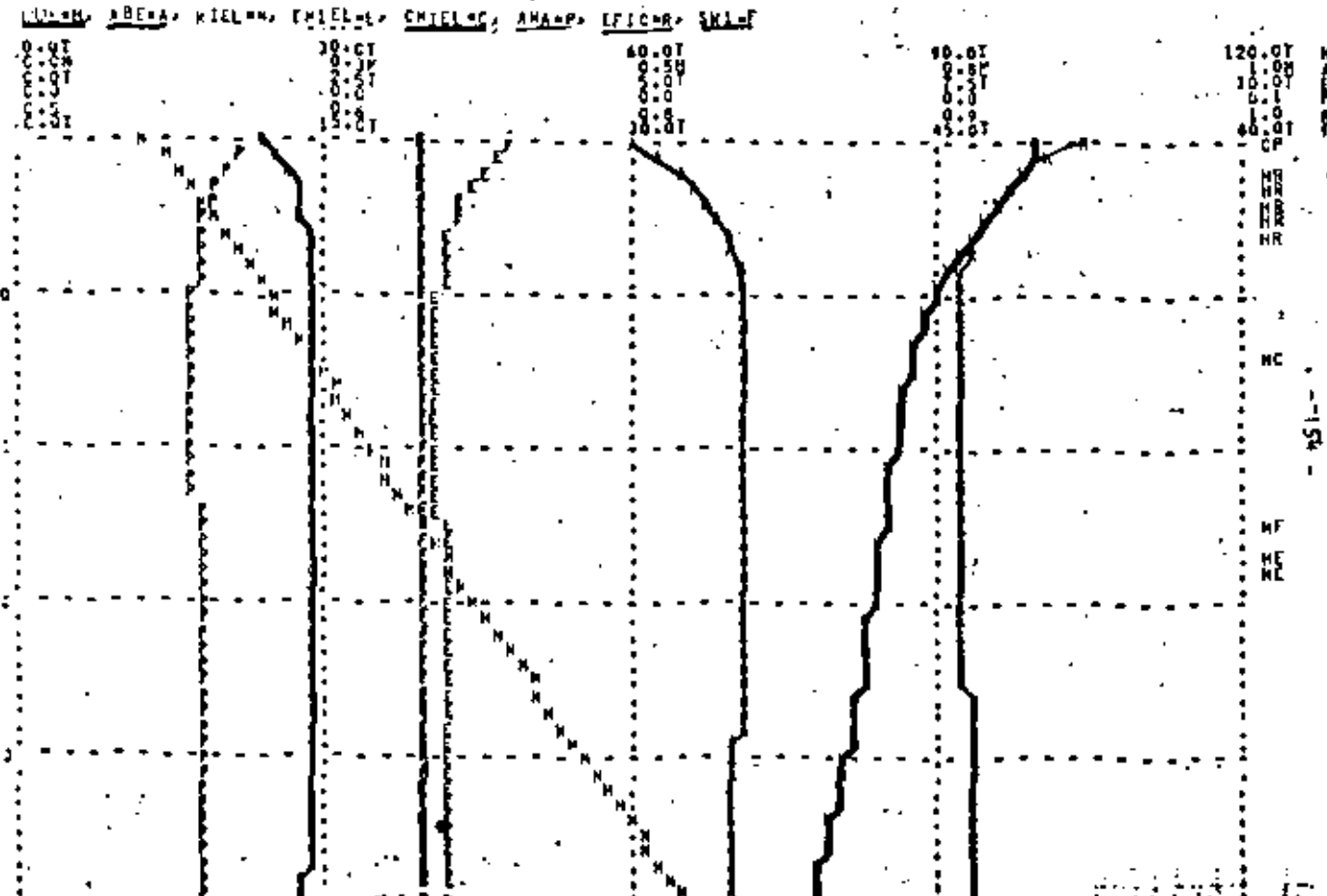
BEGAN PLOTTING AT 10140, 2003, 23 AUGUST 1979

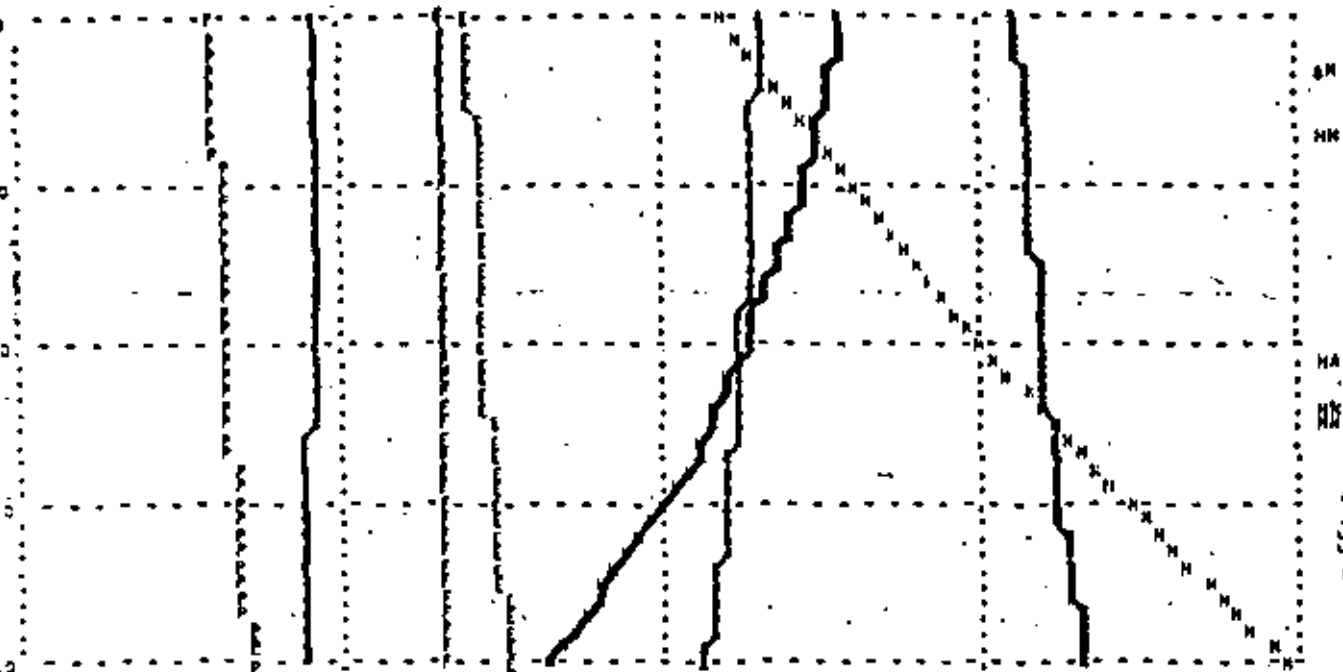


END OF PLOT (UNCORRECTED) AT 10145, 2003, 23 AUGUST 1979

LE 2 AREA

BEGAN PLOTTING AT 11122, 2004, 24 AUGUST 1979

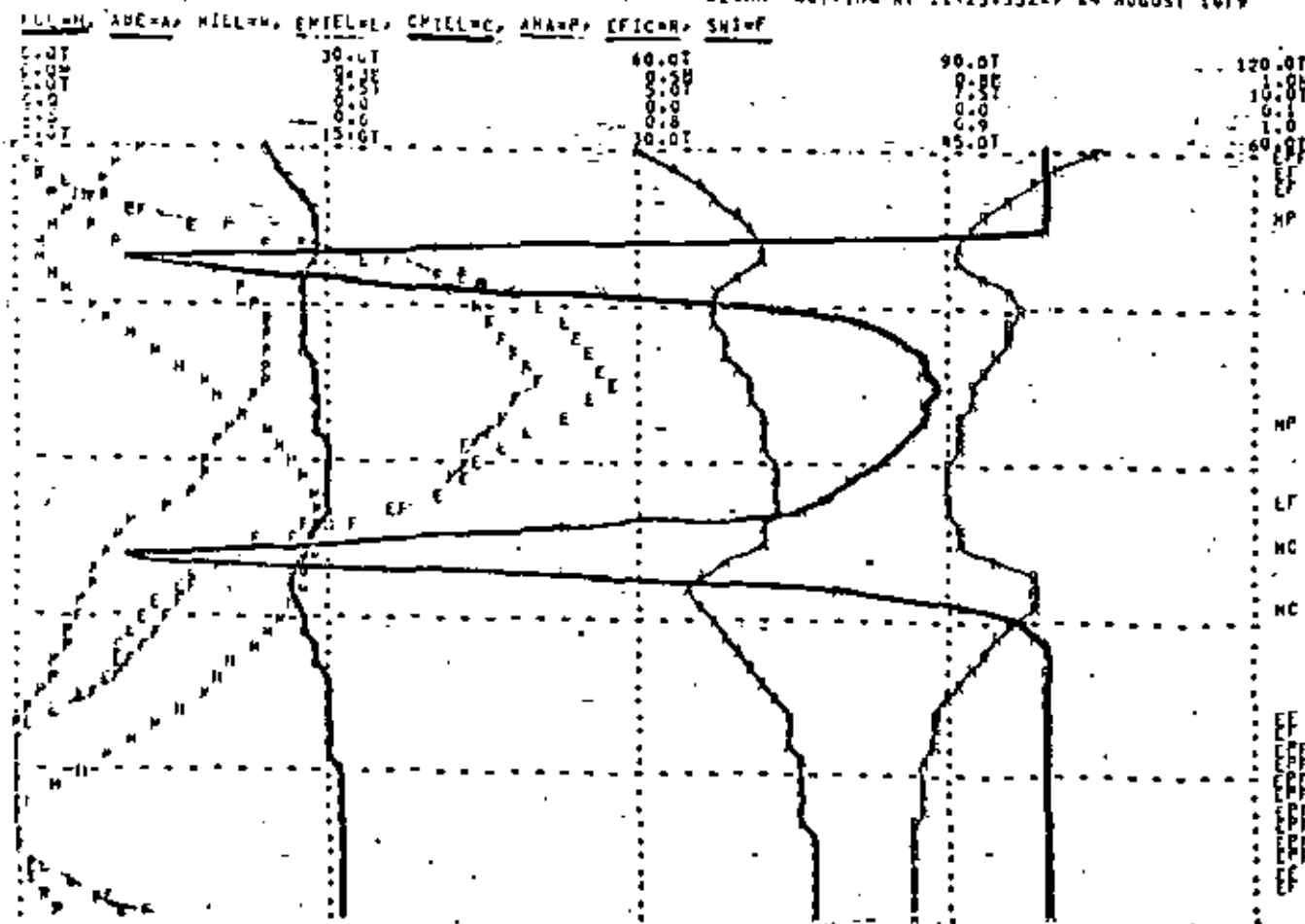




8N
7N
6N
5N
4N
3N
2N
1N
- 155 -

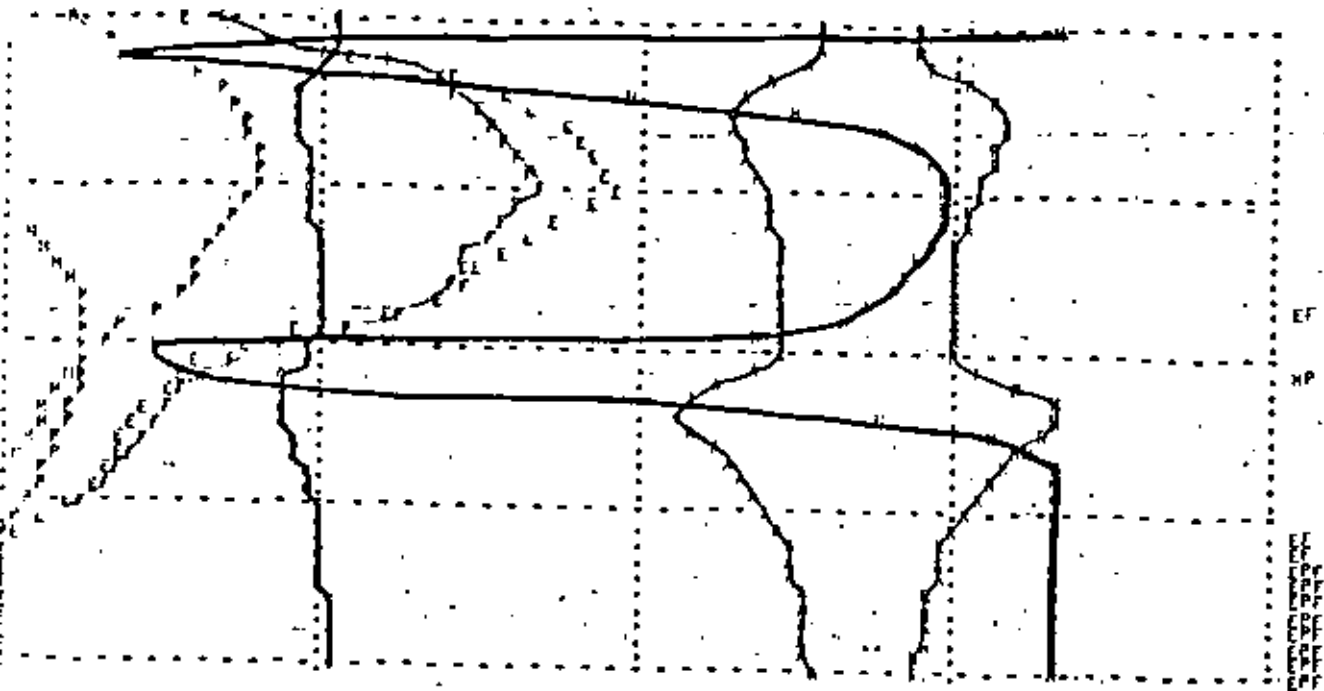
SHIELD RUN NUMBER ABEJAK AT 1122-8358, 24 AUGUST 1979

4 ABLL DLGAN PLOTTING AT 1123-3522, 24 AUGUST 1979



100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
HP
NP
LP
NC
NC
- 156 -

1123-3522
24 AUGUST 1979



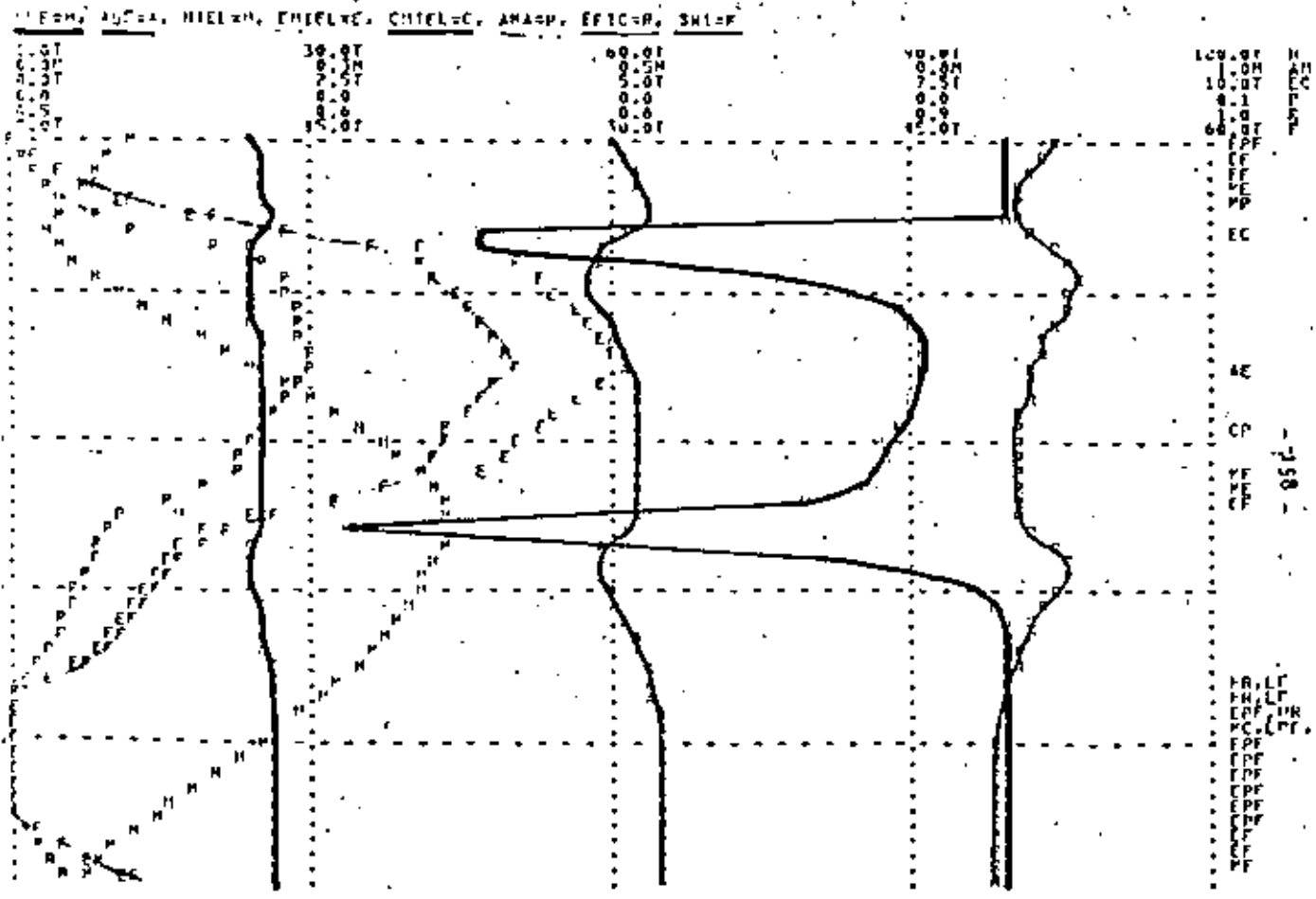
EF
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100

- 157 -

SHED NUMBER ABEL AT 1100-8972, 24 AUGUST 1979

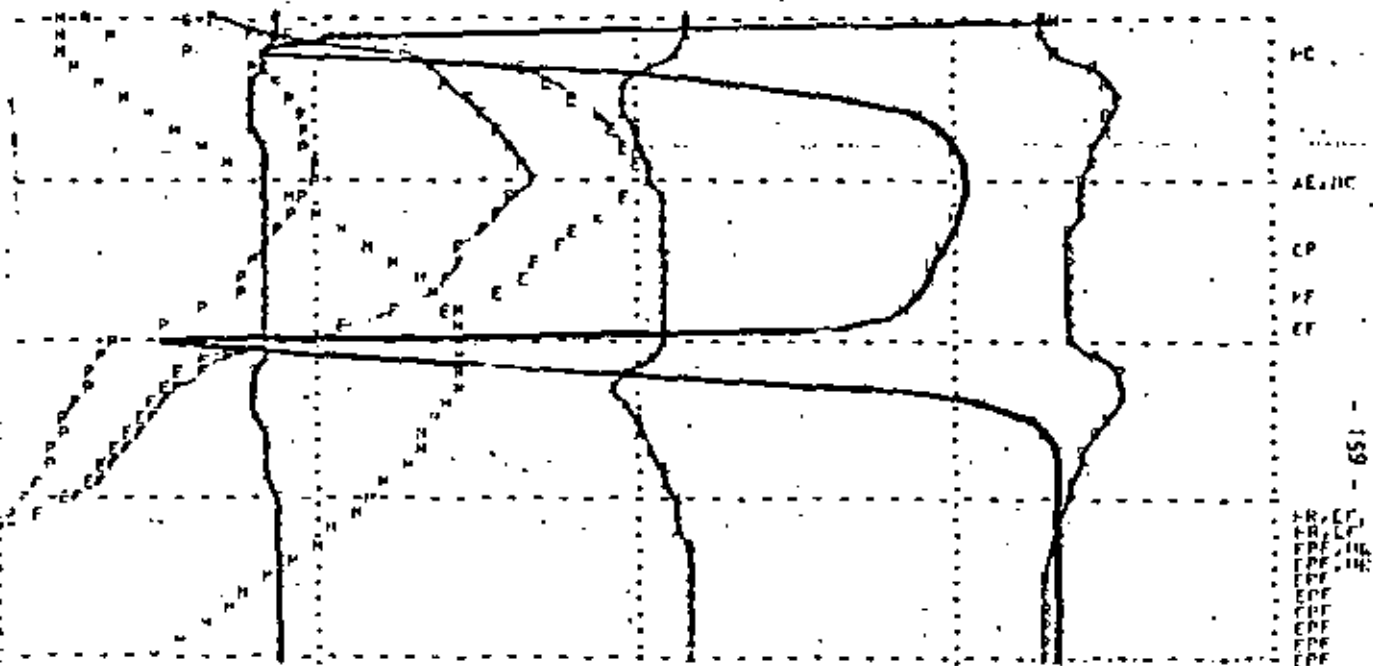
APCJAS

DEGAN PLOTTING AT 13:18.4222, 24 AUGUST 1979



100
 101
 102
 103
 104
 105
 106
 107
 108
 109
 110
 111
 112
 113
 114
 115
 116
 117
 118
 119
 120
 121
 122
 123
 124
 125
 126
 127
 128
 129
 130
 131
 132
 133
 134
 135
 136
 137
 138
 139
 140
 141
 142
 143
 144
 145
 146
 147
 148
 149
 150
 151
 152
 153
 154
 155
 156
 157
 158
 159
 160
 161
 162
 163
 164
 165
 166
 167
 168
 169
 170
 171
 172
 173
 174
 175
 176
 177
 178
 179
 180
 181
 182
 183
 184
 185
 186
 187
 188
 189
 190
 191
 192
 193
 194
 195
 196
 197
 198
 199
 200

- 158 -



PC

AE, DC

CP

VE

CF

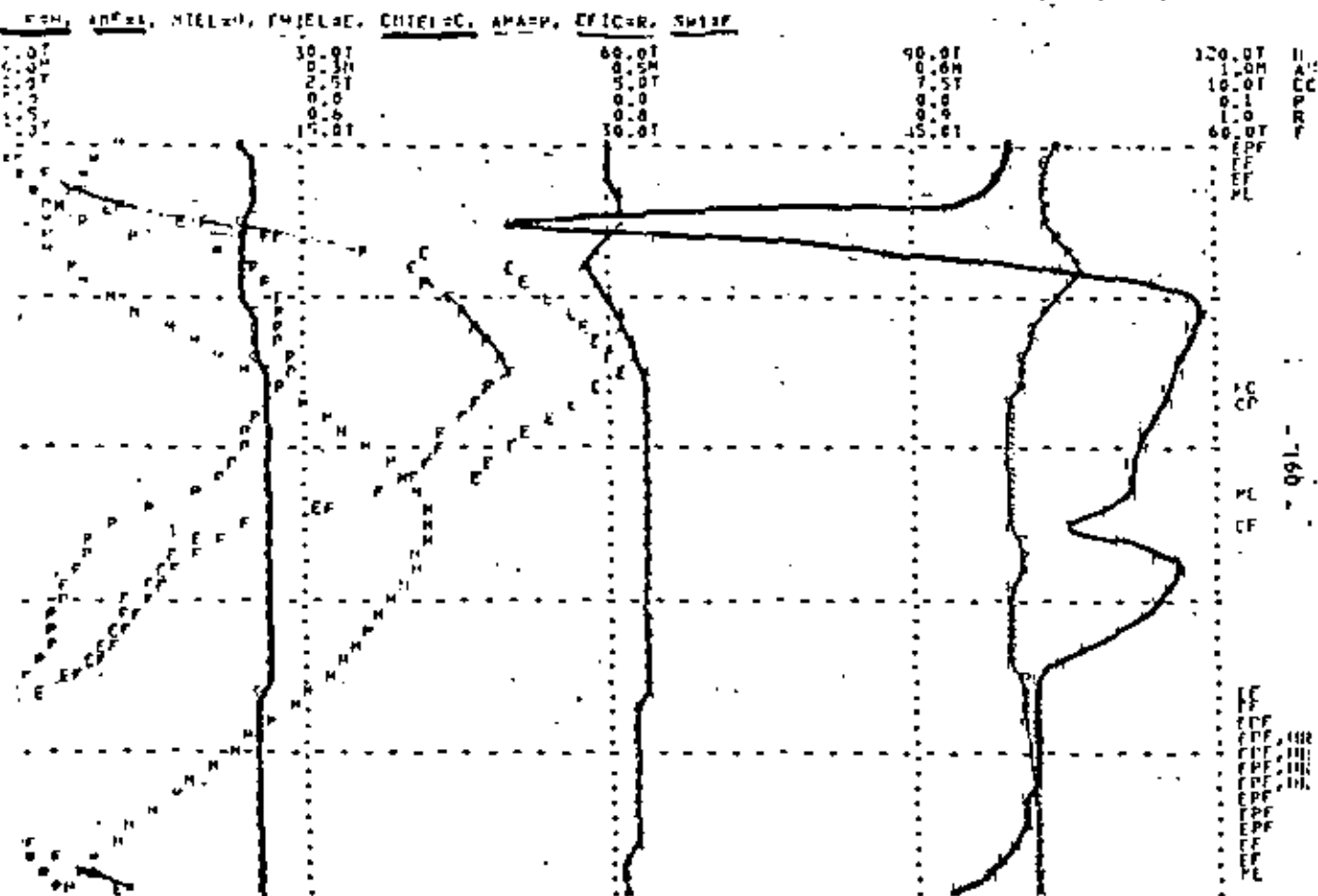
- 159 -

PC
AE, DC
CP
VE
CF

MAP NUMBER 1001 AT 1411.9350, 24 AUGUST 1979

MAP

BEGAN PLOTTING AT 1415.2947, 24 AUGUST 1979



MAP NUMBER 1002 AT 1415.2947, 24 AUGUST 1979

10.01
10.01
10.01
10.01
10.01
10.01

60.01
60.01
60.01
60.01
60.01
60.01

90.01
90.01
90.01
90.01
90.01
90.01

120.01
120.01
120.01
120.01
120.01
120.01

161

PC

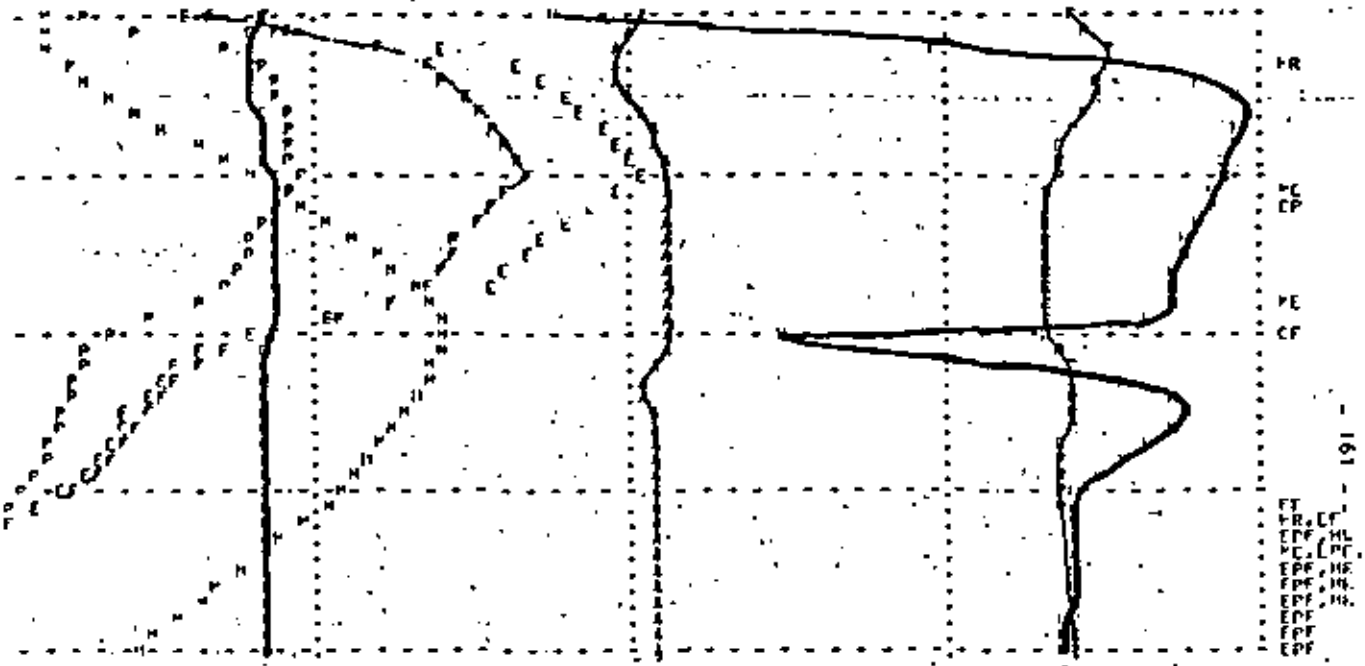
CP

VE

CF

- 161 -

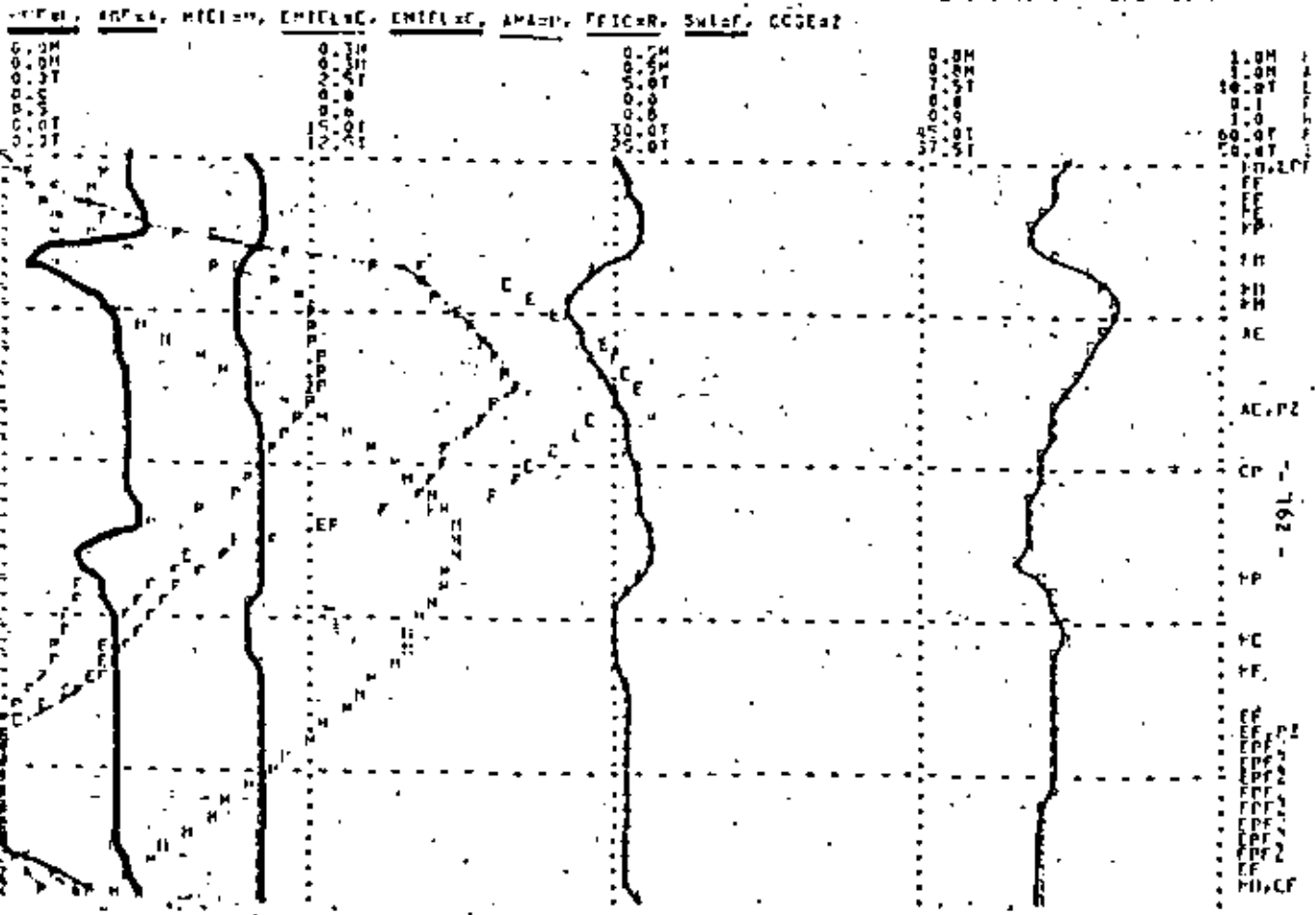
PC
CP
VE
CF



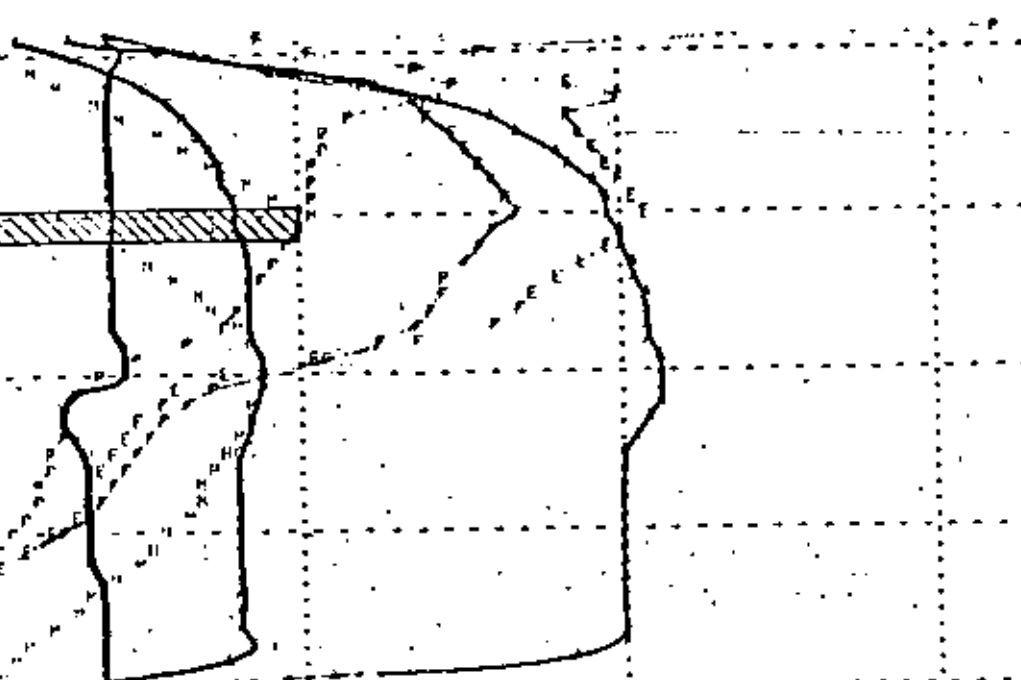
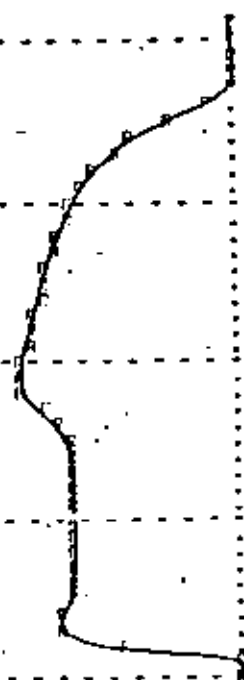
SAFE RIG. DIMER ABG AT 1015. P. 22-24 AUGUST 1979

7 AREA 1A0

BEGAN PLOTTING AT 19:29.450u, 24 AUGUST 1979



165
 100
 50
 0
 100
 200
 300
 400
 500
 600
 700
 800
 900
 1000



166
 100
 50
 0
 100
 200
 300
 400
 500
 600
 700
 800
 900
 1000

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES DE CADA CORRIDA

CORRIDA 1.

Se realizó una corrida inicial del modelo con condiciones iniciales mínimas, con el objeto de definir las escalas de las variables y el estado de estabilización.

Se graficaron todas las variables significativas para saber el comportamiento general del sistema.

La producción de miel y abejas fue exagerada.

CORRIDA 2.

Se modificó la ecuación de viajes efectivos que reastra cada abeja (VEAS), pues se consideró trabajar en base al acarreo de miel por hora, así:

$$VEAC.K=(VEAS.K)(EFIC.K)(1/12)$$

Se reguló un poco lo exagerado de la producción de la miel.

CORRIDA 3.

La duración desada de la miel que tiene la reina disminuyó de dos años a un año, de donde 70ms360 días, y con eso:

Se obtuvieron valores factibles de producción de miel y se mejoró, también el efecto en la producción de nuevos de la reina. En una corrida más se probó también el efecto de la floración real estacional con respecto a la floración normal constante.

Con esta floración estacional, el efecto en la producción de miel fue muy elevado.

CORRIDA 4.

Se aumentó el estado inicial del sistema con una población de abejas cinco veces mayor que la simulem inicialmente. De 10 000 abejas/cajón se aumentó a 50 000 abejas/cajón, así se omitió el comportamiento para alcanzar su estabilidad en el sistema y se pudo de esta manera probar los efectos por dos años. Se supuso en esta corrida la floración constante. Se realizó otra corrida con floración estacional.

El resultado que se obtuvo con el efecto de la estacionalidad en la floración fue baja en la producción de miel, hasta tenerse que subsidiar el sistema.

CORRIDA 5.

Con el switch uno de floración cerrado se probaron independientemente los efectos de cerrar los switches 2, 3 y 4. Así se considera, al cerrar el switch 2, que la luz del día a través del año no es constante. Pero el efecto no es de ninguna forma significativo.

Con el switch 3, se supone que no existirá un amplio subsidio en la alimentación en épocas de escasez de miel. Pero, éste efecto no se notó, pues el nivel de miel se mantuvo positiva.

Con el switch 4, se prueba la herencia de información de la reina con la cual hará su pronóstico de población de huevos que necesitará.

CORRIDA 6.

Aquí se actualizó la herencia de información del sistema que la reina debe suponer para el pronóstico de su población necesaria. Y los switches 1, 2, 3 y 4 se mantienen cerrados. En esta corrida se llega a determinar una expropiación de 20 kg por colón en cada año, que se efectúa el mes de mayo. El resultado de esta extracción con el medio supuesto es que hubo una escasez aguda posterior (en los meses de poca floración) de miel, por causa del consumo de las abejas, y como no se supone subsidio amplio, la mortandad de abejas aumenta bajando mucho su población.

Con esto se puede contestar a las preguntas iniciales de cuánto y cuando se deben hacer la expropiación; y con los cambios que se le hagan al parámetro de cajones existentes (CAJ), se puede contestar a la pregunta de cuántos de ellos se deben asignar a la zona con un medio ambiente dado.

CONCLUSION GENERAL.

Con las respuestas que nos arrojen las corridas que se realicen posteriormente se puede alcanzar el objetivo planteado de tener un modelo de simulación dinámica que nos simule el medio ambiente y contestar a las preguntas:
¿Cuántos cajones se deben asignar a la zona?
¿Cuánto es la expropiación de miel posible que se puede obtener de ellos?
¿Cuándo se debe realizar la expropiación?

No.	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
1	PHUZ	Producción de huevos	abejas/dfa
	PHUEN	Producción de huevos normal	abejas/dfa/cajón
	CAJ	Cajones asignados	cajones
2	MPHU	Multiplicador de producción de huevos por falta de población	adimensional
3	FFP	Fracción faltante de población según la reina	adimensional
4	PSR	Producción por abeja según la reina	gramos/abeja/dfa
5	PESR	Producción efectiva por abeja según la reina	gramos/abeja/dfa
	CMA	Consumo por abeja por dfa	gramos/abeja/dfa
6	SW4	Variable de control	
	PROEN	Producción efectiva normal de la abeja según la reina	gramos/abeja/dfa
7	POBNE	Población necesaria según la reina	abejas
	TASIS	Tiempo en que la reina pretende ajustar el sistema de población	dfas
8	DIFM	Diferencia de miel según la reina	gramos
9	TPR	Población total según la reina	abejas
10	MDES	Miel deseada en stock	gramos
	PLAR	Importancia de larvas según la reina	adimensional
	YDM	Duración deseada de miel de stock	dfas
11	PAM	Producción aprovechada de miel por abeja	gramos/abeja/dfa
12	AMA	Acarreo de miel por abeja por dfa	gramos/abeja/dfa
	CMV	Cantidad de miel por viaje efec.	gramos
13	VEAC	Viajes efectivos por abeja en conjunto por hora	1/hora
14	VEAS	Viajes efectivos por abeja sola por hora	1/hora
15	FA	Flores por abeja	flores/abeja
16	SW1	Variable de control	
	FLORN	Floración normal	flores/hectáreas
17	FLOR	Floración estacional	flores/hectáreas
18	EFIC	Fracción de efectividad por densidad	adimensional
19	DENS	Densidad de abejas en la zona	abejas/hectáreas
	AREA	Superficie de acción	hectáreas
	FABEC	Fracción de abejas que construyen	adimensional
20	SW2	Variable de control	
	HLUZH	Horas con luz de día normal	horas
21	HLUZ	Horas con luz de día real	horas
22	BAJAS	Mortalidad de abejas	abejas/dfa
23	SW3	variable de control	
	VIDAN	Tiempo de vida normal de la abeja	dfas
24	VIDA	Tiempo de vida real de la abeja por alimento	dfas
25	MA	Miel almacenada por abeja	gramos/abeja
26	ABE	Población de abejas	abejas

No.	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
27	TFA	Tasa de formación de abejas	abejas/dfa
	TMETA	Tiempo de metamorfosis de abejas	dfas
28	HUE	Cantidad de huevos en metamor.	abejas
29	MIEL	Stock de miel	gramos
30	EMIEL	Entrada de miel	gramos/dfa
31	CMIEL	Consumo de miel	gramos/dfa
32	TMEXP	Tasa de expropiación de miel	gramos/dfa
33	SW5	Variable de control	
34	COSE	Cosecha de miel	gramos/dfa
	A	Variable de control	
	B	Variable de control	
	C	Variable de control	
	D	Variable de control	
	T1	Tiempo de inicio de la primera cosecha	
	T2	Tiempo final de la primera cosecha	
	T3	Tiempo de inicio de la segunda cosecha	
	T4	Tiempo final de la segunda cosecha	
	ALT1	Intensidad de la primera cosecha	gramos/dfa
	ALT2	Intensidad de la segunda cosecha	gramos/dfa
35	HEXP	Miel total expropiada	gramos
36	ANO	Variable para medir la fecha del año	
	S1	Variable binaria de control	
	S2	Variable binaria de control	
	S3	Variable binaria de control	
	S4	Variable binaria de control	
	S5	Variable binaria de control	

XIV OTRAS APLICACIONES

Los modelos de simulación permiten resolver una gran cantidad de problemas, donde otros métodos resultan muy difíciles o no aplicables.

Al realizar el proceso de la creación del modelo de simulación, lo que se hace es identificar las variables que son relevantes en el contexto del problema, dándoles su valor real. Se investiga el porcentaje de crecimiento o variación de estas variables, su relación entre ellas y los parámetros que las controlan. Al hacer variar la variable tiempo, las variables actúan según los valores preestablecidos en el modelo y nos permiten ver su comportamiento. Al estudiar este comportamiento podemos cambiar algunos datos iniciales con objeto de lograr que el valor de las variables oscile entre valores deseados o que tienda a ciertos límites.

Si fuera el caso que estuviéramos modelando un sistema cuyo comportamiento histórico es conocido, estos valores nos servirán para adecuar el valor de los parámetros de tal manera que el modelo al ser procesado en la computadora repite el proceso histórico, extrapolando su comportamiento para un número futuro de años. Este trabajo se conoce como calibración del modelo.

Vemos a grandes rasgos los campos de aplicación que tienen los modelos de simulación dinámica:

En la Industria:

Existe desde hace aproximadamente unos 15 años un campo conocido como la "Dinámica Industrial" en donde se simula todo el proceso industrial, desde la producción y formación de inventarios hasta su distribución y comercialización. Se contemplan también los principales flujos de caja y diversos impactos en la industria como son los efectos de la publicidad en las ventas, el aumento o disminución en los inventarios, etc. La simulación permite a los directores de la industria tomar decisiones anticipadas

a la ocurrencia de los eventos, "probándolos" en los modelos de simulación.

En Planeación:

Desde hace algunos años se usa la simulación para resolver problemas de Planeación, basta con que se identifique algún problema, se determinen sus variables relevantes y se cree el modelo de simulación para que puedan probarse políticas que de no probarse en un modelo de simulación, en la realidad, además de ser mucho muy caras, crean efectos sociales irreversibles.

En Planeación Urbana:

Se han creado modelos urbanos de grandes ciudades y pequeños poblados para la prueba de políticas.

En la Planeación Regional:

Se han modelado las principales variables regionales para cuestionar la Economía Regional como en el caso del Estudio del Vaso del Río Susquehanna en Estados Unidos, en los Estados de Maryland, Pennsylvania del centro y el sur del Estado de Nueva York en 1962.

En Ecología:

Los componentes de los sistemas ecológicos se han estudiado aisladamente y apenas hace pocos años se ha iniciado el estudio global de todo el sistema. Los modelos de simulación permiten controlar el comportamiento del sistema. Existe un modelo clásico de la relación entre Predadores y Presas (conejos y coyotes) de Nathan E. Forrester del Instituto Tecnológico de Massachusetts.

En Ingeniería Sanitaria:

Hay varios modelos de simulación que simulan el desarrollo de una epidemia, muestran la propagación de ésta y su posible control. También es posible simular el comportamiento de pozos, desarrollo de bacterias, etc.

- En la Física: Se han desarrollado una gran cantidad de modelos para simular suspensiones mecánicas, fenómenos de amortiguación variable, procesos en general, fenómenos de flujo, temperatura, presión, etc. Y en general en todos aquellos fenómenos que tengan una tasa de cambio son susceptibles de simularse.
- En Administración: Hay modelos para simular los procesos Administrativos y modelos sobre varios problemas en la Administración.
- En Arquitectura: El campo ha sido poco desarrollado pero tiene muchísimos alcances, sobre todo en las áreas de Tecnología, Urbanismo y Restauración.
- En Medicina: Se usan mucho los modelos para simular el comportamiento de diversos órganos internos para medir su comportamiento con diferentes estímulos.
- En Químicas: Se pueden simular procesos para control, monitoreo e investigación.
- En C. Sociales: Hay modelos sobre el uso de narcóticos, sobre sistemas sociológicos, educativos, etc.
- En Investigación: La construcción de modelos orienta a la investigación cuando se están creando modelos, pues se requieren verificaciones de hipótesis que a veces sólo son posibles simulando.
- Otros Campos: Finanzas, Psicología, Comercio, Biología, Astronomía, Geología, Geografía, Derecho, etc.

INTRODUCCION A UN MODELO GRAVITACIONAL.

Plantearémos cómo realizar la simulación del fenómeno de la atracción entre dos polos de masa M1 y M2 a una distancia D uno de otro y con las siguientes condiciones:

- M1 tiene un crecimiento exponencial determinado por condiciones propias.
- M2 Crece proporcionalmente a la fuerza de atracción F
- La distancia D entre los polos disminuye proporcionalmente al valor de F.

Si usamos la Ley de Kepler que dice: "La atracción de los cuerpos es directamente proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias de los cuerpos", usando la siguiente fórmula:

$$F = G M1 M2 / D^2$$

Tenemos las siguientes ecuaciones DYNAMO:

```

M1.K=M1.J*(DT)(TM1.JK)
M1=
TM1.KL=(M1.K)(TMM1)
TMM1=
F.K=(G)(M1.K)(M2.K)/D1.K
G=
D1.K=EXP(C)
C=(M)(LOGM(D2.K))
M=
D2.K=D2.J*(DT)(TD.JK)
TD.KL=(TNA)(F.K)
TNA=
M2.K=M2.J*(DT)(TM2.JK)
M2=
TM2.KL=(TMM2)(M2.K)(F.K)
TMM2=

```

Se sugiere al usuario revisar el modelo anterior, formular el diagrama causal y el diagrama DYNAMO y procesarlo, determinando los rangos de valores congruentes con la realidad.

XV. BIBLIOGRAFIA

En los siguientes libros y manuales se pueden encontrar más ejemplos y algunas características de diversas versiones.

1. DYNAMO II USER'S MANUAL. Fourth edition, Alexander L. Pugh III, 1973 MIT Press.
2. DYNAMO USER'S MANUAL BURROUGHS 1975 y 1972.
3. A MODEL FOR SIMULATING DYNAMIC PROBLEMS OF ECONOMIC DEVELOPMENT, Edward P. Holland, Benjamin Tencer y W. Gillespie, Center for International Studies MIT, 1960.
4. PRINCIPLES OF SYSTEMS, 2 ed. Jay W. Forrester 1968.
5. INDUSTRIAL DYNAMICS Jay W. Forrester MIT, 1977.
6. URBAN DYNAMICS Jay W. Forrester MIT
7. PROBLEMS IN INDUSTRIAL DYNAMICS MIT W. Edwin Jarmain
8. SYSTEMS SIMULATION FOR REGIONAL ANALYSIS, AN APPLICATION TO RIVER BASIN PLANNING, Hamilton, Goldstone, MIT 1969
9. WORLD DYNAMICS Jay W. Forrester
10. THE LIFE CYCLE OF ECONOMIC DEVELOPMENT , Nathan B. Forrester.
11. INTRODUCTION TO URBAN DYNAMICS Alfred Louis, MIT, 1976.
12. STUDY NOTES IN SYSTEM DYNAMICS, Michael Goodman.
13. Simulation Modelling Forrest Paul Wymen John W. 1970.
14. System Simulation, Geoffrey Gordon, Pentice Hall, 1969.
15. Análisis y Simulación de Sistemas Industriales, J.W. Schmidt, R.E. Taylor. E. Trillas, 1979.
16. Computer Simulation Experiments with Models of Economic Systems. Thomas M. Naylor, John Wiley, 1971.
17. Técnicas de Simulación en Computadoras, Naylor, Ballinfy, Burdick, Kong Chu, Limusa, 1973.
18. Aplicación de Computación a la Ingeniería, Murray Lasso, Chiruel U., Limusa, 1975.
19. Simulation Model Building, Urban Naylor, John Wiley, 1975.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**DINAMICA DE SISTEMAS
(FORRESTER)**

**LA TEORIA DEL SISTEMA
GENERAL**

Hecho en México por FRANCISCO ALVAREZ CASO

Mayo, 1981

DINÁMICA DE SISTEMAS

M. en I. FRANCISCO JOSÉ ALVAREZ CASO

1. La Teoría del Sistema General.

Para explicar la teoría del sistema general intentaremos tomar varios caminos con enfoques diferentes.

Empezaremos por frustrar la solución de problemas tradicionales usando la técnica tradicional y veremos el mismo problema usando la Teoría General del Sistema.

PRIMER PROBLEMA: Se requiere construir una presa para generación de energía.

La secuencia de desarrollo de solución para este problema es tradicionalmente:

1. Ubicación de los recursos para el estudio preliminar.
2. Estudio preliminar que consista de:
 - a) Demanda y Oferta de energía
 - b) Localización de la cuenca
 - c) Factibilidad Geológica
 - d) Factibilidad Hidrológica
 - e) Tipo de cortina
 - f) Estudio de rentabilidad
 - g) Líneas de transmisión y subestación eléctrica
3. Anteproyecto:
 - a) Caminos de acceso
 - b) Localización
 - c) Obra de desvío, vanillas, etc.
 - d) Instalamiento de pilonas
 - e) Diseño de la cortina
 - f) Casa de máquinas
 - g) Obra de desahío

h) Campamento

4. Proyecto definitivo con los conceptos del anteproyecto pero ya definidos.
5. Obtención de recursos
6. Programación de Obra y Ejecución
7. Funcionamiento

La secuencia anterior puede variar en conceptos y orden dependiendo de la obra en particular, pero la tendencia constante que tienen los estudios y el proyecto se circunscribe esencialmente a resolver el problema de generación de energía suficiente para satisfacer la demanda.

Supongamos que este mismo problema se le plantea a un especialista en sistemas. A partir del enunciado del problema que es: "Construir una presa para generación de energía para satisfacer la demanda" el especialista en sistemas genera preguntas como las siguientes:

1. ¿Cómo se llegó a la determinación de que es necesario construir una presa?
2. ¿Porqué la presa a construir es únicamente para generación y no contempla la posibilidad de ser un apoyo para el riego o el agua potable?
3. ¿Se han estudiado alternativas de localización de la presa en función de un impacto ecológico mínimo?
4. ¿Se conoce la producción potencial y actual de los terrenos a inundar?
5. ¿Cuál será el impacto urbano y regional de la obra, y qué medidas se tomarán para evitar problemas posteriores?
6. ¿Cuál será el efecto de la obra en la economía regional y en la na-

ción?

7. ¿Se ha explorado la alternativa de aprovechar la presa para piscicultura?
8. ¿Se ha pensado en tratar de modificar el fenómeno de migración?
9. ¿Se han investigado o planteado otras soluciones?

Es posible que existan muchas más preguntas tan importantes como estas, en las que muy probablemente o no se ha pensado o la forma tradicional de trabajo impide que se planteen.

La principal diferencia entre la forma tradicional de resolver problemas y la teoría de sistemas radica en el enfoque con que se plantea la solución. En el sistema tradicional la necesidad sentida ocasiona que la problemática se resuelva por las causas inmediatas que la originaron que en este caso es carencia de energía suficiente, cuya solución es -- producir más energía. Con la teoría de Sistemas la necesidad sentida -- es cuestionada en sus componentes causales pudiendo cambiarse la solución anterior a otras alternativas no pensadas ni consideradas. Sin embargo, supongamos que en ambos sistemas la solución es la misma, o sea -- construir una presa, entonces para lograr un planteamiento de sistemas -- al sistema tradicional se le agregan una serie de variables que toman -- en cuenta el aprovechamiento máximo de la solución, dirigida hacia el -- beneficio de la comunidad con carencia de energía y hacia todas las demás comunidades que se vean afectadas por el ámbito de influencia de la solución.

También puede suceder que la solución sea diferente, por ejemplo: si la demanda de energía se debe a una fuerte migración a la ciudad y no al -- crecimiento natural de la demanda, y si se pueden determinar las causas de la fuerte migración, podría quizá invertirse el proceso de migra-- -- ción, para estabilizar la demanda de energía, esto implicaría realizar -- una evaluación en términos de costo y tiempo, de construir la presa para aumentar la energía disponible o crear un programa para desalojar -- la llegada de gente y propiciar la salida equilibrando así la demanda.

Este ejemplo aunque un poco exagerado intenta sacar a luz otras alternativas factibles y un panorama mucho mas amplio que el sistema tradicional.

La forma tradicional de resolver problemas ha sido y sigue siendo en muchos países satisfacer las necesidades y carencias inmediatas que se -- presentan en una comunidad sin tratar de investigar, si estas carencias o necesidades son originadas por efectos diferentes a los que se suponen son los culpables a simple vista. Tampoco hay que confundir las cosas pensando que una comunidad que carece de todos los servicios indispensables tenga problemáticas subyacentes que hay que investigar para -- determinar si se le dota de servicios o no, esto sería un absurdo.

SEGUNDO PROBLEMA: La problemática de las ciudades.

La forma tradicional de resolver los problemas en las ciudades nacionales ha sido intentando realizar programas y proyectos para satisfacer -- las necesidades y carencias inmediatas de los habitantes. Todas las acciones se han encaminado a resolver problemas identificados como tales -- por el hecho de que estos problemas llegan a ser críticos. Al plantear e identificar estos problemas generalmente no se profundiza para ver si son efectos de problemáticas mayores y esto se debe fundamentalmente a -- la incapacidad de las actuales organizaciones administrativas para propiciar un enfoque sistémico que establezca profundidad en los problemas -- comunicación y coordinación entre sí. Por ejemplo los organismos oficiales para agua potable, alcantarillado, pavimentos, transporte, vivienda, salud, educación, etc., tienen esquemas de organización para resolver sus problemas concebidos como un solo universo donde los demás -- problemas o son secundarios o no existen. Desde hace varios años el gobierno mexicano ha estado consciente de estos problemas y los ha tratado de resolver estableciendo soluciones globales maestras, un ejemplo es -- la actual Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos que nació como la fusión de la antigua Secretaría de Recursos Hidráulicos y la Secretaría de Agricultura y Ganadería, resolviendo así en parte los problemas de comunicación y coordinación que eran muy complejos. A partir de este sector se observa una tendencia burocrática en las acciones y los planes pudiendo obtener una tendencia a solucionar el problema -- del enfoque sistémico.

Refirámonos a la definición de sistema:

"Un sistema es cualquier conjunto de dos o más elementos que pueden relacionarse entre sí con las siguientes propiedades":

1. LAS PROPIEDADES DE CADA ELEMENTO DEL CONJUNTO TIENEN UN EFECTO SOBRE EL CONJUNTO.

Si el conjunto en este caso es la ciudad y sus elementos son los habitantes, los servicios, la vivienda, el empleo, etc., cuando hay problemas por carencias, ineficiencia, etc., en alguno de los elementos la ciudad se ve afectada. Si escasea el agua o se contamina la ciudad baja su eficiencia disminuyendo la productividad, los habitantes se enferman o desperdician tiempo y recursos en buscar agua o descontaminarla. Si el tránsito vehicular de la ciudad se congestiona la ciudad se ve afectada por pérdida de horas-hombre aumento en índices de contaminación, etc. Si la ciudad se ve sometida a una fuerte inmigración sus recursos disminuyen. Si se uniformizan los horarios de trabajo y de vacaciones los servicios se saturan, etc., si se interrumpe la energía eléctrica se paraliza la ciudad.

Es decir que cualquier evento aislado que cambie o altere algún elemento de la ciudad tiene siempre un efecto sobre la ciudad, pudiendo variar este efecto en su importancia.

2. LAS PROPIEDADES DE CADA ELEMENTO Y SU EFECTO SOBRE EL CONJUNTO DEPENDEN DE POR LO MENOS, DE UNO DE LOS ELEMENTOS.

Por lo que ningún elemento tiene un efecto independiente en el conjunto y cada parte por lo menos es afectada por alguna otra.

Por ejemplo el tránsito urbano depende en buena medida de que haya servicio policiaco, energía eléctrica, drenaje pluvial, alcantarillado, veñículos en buenas condiciones, señalamientos, gasolineras, pavimento en buenas condiciones, estacionamientos, servicios de auxilio vital, sistema de alerta para congestiones, etc.. El servicio de agua potable depende de que la red está en buenas condiciones, que no se desperdicie el agua, que haya depósitos de regulación y control, que haya

energía eléctrica, que el sistema de drenaje no contamine, que los servicios de basura sean eficientes, que los sistemas de emergencia para reparaciones funcionen, que no se autoricen tomas de agua sin los estudios correspondientes, que se realicen estudios de las pérdidas de carga de presión por medidores ineficientes, etc.

3. CADA SUBCONJUNTO DE ELEMENTOS DEL CONJUNTO TIENE LAS DOS PROPIEDADES ANTERIORES, O SEA, CADA PROPIEDAD DE CADA ELEMENTO TIENE UN EFECTO QUE NO ES INDEPENDIENTE AL ACTUAR SOBRE EL CONJUNTO.

Esto significa, que cualquier decisión o cambio que se tome dentro de cualquier elemento del sistema, ciudad, puede tener graves repercusiones sobre todo el sistema.

Como hemos planteado, se requiere de un organismo administrativo con gran visión que estudie las interrelaciones y coordine las acciones para el eficiente comportamiento del sistema ciudad, no es posible que existan oficinas aisladas que implanten sus propias soluciones sin contemplar los efectos sociales.

Al identificar problemas y plantearlos usando los sistemas necesariamente aparece el elemento social y esta es una de las características más novedosas e importantes de la conceptualización del mundo como un sistema.

Como se observa el enfoque sistémico toma en cuenta un campo mucho más amplio que el tradicional planteando colateralmente el punto de vista social y dándole una primordial importancia durante todo el proceso, por lo que surge un aspecto interesante, el de la optimización de los recursos. Por lo que en todo planteamiento sistémico aparece el concepto de optimización. Al concatenar el concepto, de sistemas con el de optimización, las siguientes reflexiones se vuelven importantes. Para lograr el óptimo nivel en un sistema no es necesario optimizar, cada uno de sus elementos pues la suma de los óptimos de las partes no es el óptimo del total. Para lograr el óptimo del sistema lo que se requiere es optimizar algún elemento y garantizar que la interrelación entre los elementos que forman el sistema sea la mejor posible. Veamos un

ejemplo: Supongamos que deseamos obtener el mejor automóvil posible. -- Para esto seleccionamos los mejores elementos de todas las marcas: el mejor carburador, el mejor sistema de frenos, la mejor suspensión, el mejor motor, la mejor caja de velocidades, etc., una vez que tenemos los mejores elementos, si tratamos de armar un automóvil con estos elementos nos damos cuenta que difícilmente el mejor carburador le queda al mejor motor, que la mejor suspensión no se puede adaptar, ni el sistema de frenos es compatible con los demás elementos. Sin embargo, si además de seleccionar los óptimos elementos le añadimos al proceso de selección la condición de que los elementos escogidos sean capaces de interrelacionarse exitosamente, puede suceder, como de hecho pasa en la práctica, de que la restricción de que los elementos seleccionados sean capaces de interrelacionarse exitosamente domine a la circunstancia de ser los mejores. Entonces, quizá no tengamos a los mejores elementos, pero sí a los capaces de interrelacionarse exitosamente. Por lo que, nuestra definición de óptimo debe contener por lo menos dos restricciones: que el elemento escogido sea el mejor dentro del conjunto factible y que también cumpla con la condición de poderse interrelacionar exitosamente con los demás elementos que se seleccionaran de igual forma que éste.

Suponiendo que la interrelación se pueda definir inicialmente en forma binaria como sí existe o no, tendríamos que para un sistema de n elementos necesitaríamos estudiar $(n/2)(n-1)$ interrelaciones. Ahora -- bien si además de determinar si la interrelación existe o no también de beamos mediría diríamos en una escala de 1 al 10.

Una de las formas de conceptualizar a los sistemas es tratar de verlos como el papel o rol que juegan como parte de un sistema mayor o supra-sistema. Por ejemplo al intentar hacer un estudio desde el punto de vista de sistemas de la Universidad esta debe conceptualizarse como -- parte del sistema educativo nacional. Al estudiar la vivienda, debe estudiarse como parte del sistema ciudad y no aisladamente.

Al tratar de curar una erupción en el cuerpo humano no debe atenderse a cada roncha que aparece sino deben estudiarse las causas y atender al sistema completa de salud. Al tomar en consideración el suprasistema e intentar definir el sistema contenido lo que se está haciendo es una

síntesis.

Veamos otro ejemplo: en el campo de la Psicología ha aparecido la terapia "Gestalt", que es una palabra del alemán que quiere decir formación de un todo organizado y significativo. El propósito de dicha terapia -- es ayudar a un individuo a convertirse en un todo: ayudarlo a darse cuenta de sus partes fragmentadas, admitirlas, reclamarlas e integrarlas con objeto de afirmar su personalidad por sí mismo.

El lector podría extrañarse que se dé un ejemplo del campo de la Psicología, aclaremos esto:

En 1925 el biólogo Ludwig Von Bertalanffy, evoca el enunciado aristotélico que dice: "El todo es más que la suma de sus partes" para identificar a la Teoría del Sistema General en su tesis doctoral. Esto significa que las propiedades que ostenta el todo junto con sus partes pueden ser propiedades que solo existan dentro de este contexto o sea, que el sistema puede tener propiedades en su conjunto que surjan de la interrelación de sus elementos y que ninguno de estos posea. Podemos decir -- que las propiedades que tiene el Sistema Educativo Nacional solo las tiene el sistema como tal y ninguno de sus elementos las tiene.

En 1954 varios grupos de científicos americanos y europeos fundaron la Sociedad de la Teoría General de Sistemas con el siguiente programa de trabajo:

1. Investigar el isomorfismo de conceptos, leyes y modelos en varias ramas de la ciencia y ayudar en transferencias de conocimientos útiles de una rama a otra.
2. Promover el desarrollo de modelos técnicos adecuados en los -- campos que carecen de ellos.
3. Minimizar la duplicidad de esfuerzos técnicos en diferentes -- ras.
4. Promover la unidad de la ciencia mejorando y auspiciando la co-

comunicación entre especialistas.

En el momento que se empiezan a estudiar los sistemas surgen los conceptos de sistema abierto y sistema cerrado; la física trata sobre sistemas cerrados, o sea sistemas aislados del medio ambiente. La aparición de las máquinas en el mundo provoca la Revolución Industrial en el siglo XVIII, aparece lo que llamamos la Era de la Máquina cuyos fundamentos intelectuales intentan comprender la naturaleza del mundo usando -- los conceptos llamados Reduccionismo y Mecanicismo. El reduccionismo -- consiste en creer que todo en el mundo y toda experiencia de él puede -- ser reducida, descompuesta o des-entramada en sus últimos elementos simples, en partes indivisibles: átomos en la física la célula en Biología los elementos en Química, etc. El reduccionismo dio una manera analítica de pensar, "análisis" fue sinónimo de "pensamiento". El análisis -- consiste, primero, en separar o aislar lo que debe ser explicado, descomponiéndolo de ser posible en sus partes independientes e indivisibles de las cuales está compuesto. Después explicar el comportamiento de estas partes y finalmente agregar estas explicaciones parciales en -- una explicación del todo.

En el mecanicismo todos los fenómenos son considerados como explicables usando únicamente una relación última simple: causa-efecto. Si una causa se considera para su efecto, nada más se requiere para explicarlo -- que su causa. Se formularon leyes para explicar fenómenos como la caída libre de los cuerpos, excluyendo los efectos ambientales, creándose laboratorios para estudiar los fenómenos aislados de los efectos del medio ambiente. Al considerar que los efectos son completamente determinados por las causas el punto de vista determinístico prevaleció.

El compromiso con el pensamiento causal derivó una concepción del mundo como una máquina, como un reloj mecánicamente cerrado, un mecanicismo -- continuado en sí mismo cuyo comportamiento estaba completamente determinado por su propia estructura. La ciencia occidental tomó al mundo como una máquina creada por Dios para servir a sus propósitos, una máquina para hacer el trabajo de Dios. Adicionalmente el hombre fue considerado como creado a la imagen de Dios. Por tanto, fue completamente natural para el hombre tratar de desarrollar máquinas que lo servirían en

sus propósitos, que harían su trabajo.

Los sistemas cerrados se convirtieron en la clave de trabajo, la Termodinámica declara expresamente que sus leyes son aplicables sólo a sistemas cerrados, en particular la 2a. ley de la Termodinámica establece -- que en un sistema cerrado, una cierta cantidad llamada entropía debe -- incrementarse a un máximo y por lo tanto, el proceso debe detenerse, lográndose un estado de equilibrio. La 2a. ley puede formularse de diferentes formas una de estas es que la entropía sea una medida de la probabilidad y por lo tanto, que un sistema cerrado tiende a un estado de la distribución más probable. Y en un sistema cerrado esta distribución más probable es la de el máximo desorden. Hay sistemas que por su naturaleza y definición no son sistemas cerrados, cualquier organismo -- vivo es básicamente un sistema abierto pues se mantiene en continuo flujo y reflujo al construir y reducir componentes, el sistema abierto nunca se mantiene en un estado de equilibrio dinámico o termodinámico, sino que se mantiene en un estado llamado estable. Este es en esencia el fenómeno fundamental de la vida llamado metabolismo, o sea, el proceso químico dentro de las células.

Oviamente las formulaciones convencionales de la física no son aplicables a los organismos vivos y muchas características de los sistemas vivos parecen paradójicas vistas desde el punto de vista de la física. -- precisamente por ser sistemas abiertos.

En años recientes la física se ha expandido para incluir a los sistemas abiertos, habiéndose llegado a importantes conclusiones. El principio de equifinalidad dice que en cualquier sistema cerrado su estado final -- está determinado inequívocamente por sus condiciones iniciales podemos predecir eclipses, movimiento de los planetas, etc. En los sistemas -- abiertos el estado final puede alcanzarse con diferentes valores iniciales y de diferentes formas, este es el principio de equifinalidad.

De acuerdo a la 2a. ley de la Termodinámica la tendencia general de los eventos en la naturaleza es hacia estados de máximo desorden equilibrando las diferencias existentes, cuando toda la energía sea degradada, en calor de baja temperatura uniformemente distribuida. El proce-

so mundial se pare, éste es el principio de Disipación de la Física enunciado por Lord Kelvin, en contraste con la ley de la Evolución Biológica de Darwin que dice: El mundo vivo muestra en su desarrollo embrionario y en su evolución una transición hacia un elevado orden de heterogeneidad y organización. Pero sobre la base de la Teoría de los Sistemas abiertos la aparente contradicción entre la entropía y la evolución desaparece.

En todos los procesos irreversibles la entropía debe aumentar. Por lo tanto el cambio de la entropía en los sistemas cerrados es siempre positiva, o sea el orden es destruido continuamente. En los sistemas abiertos no únicamente tenemos producción de entropía debida a los procesos irreversibles sino que también importamos entropía que muy bien puede ser negativa. Esto es el caso del organismo vivo que importa complejas moléculas de gran energía libre. Por lo que los sistemas vivos que se mantienen en un estado estable pueden evitar el incremento de entropía e inclusive desarrollarse hacia estados de mayor orden y organización.

En la teoría de la comunicación la información fluye en forma de --- energía o interrupciones codificadas de la misma como es el telegrafo, la radio, la televisión, etc. También existe la forma binaria, de --- transmitir información mediante la decisión entre dos alternativas, por lo que con dos preguntas puede decidirse una de cuatro alternativas con tres respuestas una de ocho alternativas, etc. Por esto, se usen logaritmos base dos como medida de la información, la unidad binaria se llama bit. La información contenida en dos respuestas es $\log_2 4 = 2$ bits en tres $\log_2 8 = 3$ bits en cuatro $\log_2 16 = 4$ bits. Esta medida de la información es semejante a la medida de la entropía negativa pues la entropía se define también como el logaritmo de la probabilidad. La entropía es una medida del desorden entonces la entropía negativa o información es la medida del orden o de la organización. Otro concepto importante en la teoría de la comunicación y el control es el concepto de retroalimentación. La retroalimentación consiste en modificar la alimentación que se le está dando a un sistema, en función de los resultados o comportamiento del sistema con objeto de llevar al sistema al objetivo deseado.

Vemos la autorregulación y el requisito de la variedad principios que

deben tomarse en cuenta también al manejar o diseñar sistemas: Supongamos dos jugadores el A y el B. A juega primero y luego B. A elige un renglón de la siguiente tabla y a partir de esta jugada B elige una columna. El resultado es la intersección del renglón y la columna. Si el resultado es a, A gana, si no, pierde.

		B		
		1	2	3
A	1	b	a	c
	2	a	c	b
	3	c	b	a

Al examinar la tabla se ve que B siempre ganará pues en todos los renglones existe a, y como en todos los renglones también existen b y c B puede forzar siempre el resultado que quiera o sea a, b, o c.

B tiene completo control del resultado. Si cambiamos la tabla hay varias posibilidades de diferentes estados surgiendo una variedad de situaciones desde el punto de vista de A.

Existe un tipo de tabla que permite establecer un postulado preciso de cómo debe jugar B y su probabilidad de éxito. De todas las tablas posibles consideremos, aquellas en las cuales ninguna columna tiene repeticiones. B jugará después de A observando atentamente el renglón que escogió A pues cualquier cambio en A requiere también un cambio en B.

		B		
		1	2	3
A	1	f	f	k
	2	e	e	f
	3	m	k	a
	4	b	b	b
	5	c	a	c
	6	h	h	m
	7	j	d	d
	8	a	y	j
	9	l	n	h

B puede especificar claramente cual columna escogerá a partir de la selección de A, o sea B especificará una transformación que es:

Si B escoge 1 A escoge 3
 " " " 2 " " 1
 " " " " " " "
 " " " " " " "
 " " " 3 " " 1

o sea:

B	1	2	3	...	9
A	3	1	2	...	1
(1,3)	(2,1)	(2,3)	...	(9,1)	
k	k	k	...	1	

Ahora se puede establecer que la variedad en este conjunto de resultados no puede ser menor de:

$$\frac{\text{Variedad de A}}{\text{Variedad de B}}$$

en nuestro caso $9/3=3$.

En general podemos decir que si no existieran elementos iguales en cada columna y se elige un conjunto de resultados por B, uno en cada renglón y si la tabla tiene r renglones y c columnas entonces la variedad en el conjunto de resultados no será menor que r/c .

Si en el juego anterior B es constante cualquiera que sea la selección de A, la variedad en los resultados será tan grande como la variedad de A, por lo que A ejerce el control de los resultados.

Si B tiene disponible dos selecciones entonces la variedad de resultados se reduce a la mitad y si B tiene tres selecciones posibles, se reduce a un tercio etc. Por lo que si se reduce la variedad en los resultados a una fracción de la variedad de A, la variedad de B debe aumentarse a por lo menos un mínimo apropiado. Y solo la variedad en B puede reducir la variedad de los resultados. Si la variedad se mide logarítmicamente y se mantienen las condiciones anteriores el término toma una forma muy simple.

Sea VA la variedad de A medida logarítmicamente VB la de B y VR la del resultado. Hemos demostrado que VR no puede ser menor que

VA-VB por lo que el mínimo de VR es VA-VB. Si VA está dada y es fija VA-VB puede disminuirse únicamente por un incremento correspondiente en VB o sea: "Si la variedad en los resultados es mínima únicamente puede disminuirse más mediante un correspondiente aumento en la variedad en B puede disminuir la variedad debido a A. Solo la variedad puede suplir a la variedad. Esta tesis es fundamental en la Teoría General de Regulación.

Veamos una aplicación:

El tránsito urbano de una ciudad tiene d destinos distintos a los que se llega por r rutas en tiempos t y a velocidades v .

Sea:

- V_d = variedad de destinos
- V_r = variedad de rutas
- V_t = variedad de tiempos
- V_v = variedad de velocidades

la variedad existente es: $V_d - V_t = 0$

Supongamos ahora que se realizan obras viales que reduzcan las rutas -- manteniendo la densidad con objeto de disminuir los t .

$$V_d - V_r = b$$

V_r es la variedad nueva de rutas y como hay menos $V_r < V_d$ por lo que $a < b$. o sea que la nueva variedad aumenta, si sustituimos $V_r = V_d - V_t - a$ tenemos:

$$V_d - V_d - V_t = d ; V_t = V_d - V_d - d ; V_t = V_d - [V_d + a]$$

$$V_d - V_d - V_t = b ; V_t = V_d - V_d - b ; V_t = V_d - [V_d + b]$$

O sea que al reducir las rutas con la misma densidad se disminuye el tiempo de recorrido pues la velocidad aumenta así como la variedad.

Veamos otro enfoque: El concepto de sistemas desde el punto de vista matemático supone que el sistema está constituido por un comportamiento que sigue una o varias leyes moduladas por parámetros.

Supongamos que un sistema dado puede representarse por un sistema de n ecuaciones diferenciales simultáneas. Si la medición de los elementos del sistema, p_i ($i=1,2,\dots,n$) la representamos por q_i , para un número finito de elementos y en el caso más sencillo sería de la siguiente forma:

$$\frac{dq_1}{dt} = f_1(q_1, q_2, \dots, q_n)$$

$$\frac{dq_2}{dt} = f_2(q_1, q_2, \dots, q_n)$$

$$\dots$$

$$\frac{dq_n}{dt} = f_n(q_1, q_2, \dots, q_n)$$

Sistema inicial

El cambio de cualquier medida q_i es función de todas las q desde q_1 a q_n e inversamente el cambio de cualquier q_i implica un cambio en todas las otras medidas y en el sistema como un todo. Esto nos conduce a pensar que siempre y cuando podamos medir exactamente el comportamiento del sistema, estaremos en posibilidades de entenderlo, controlarlo y dirigirlo hacia objetivos determinados. Nos encontramos en el campo de la medición de partes diferentes; la medición de variables físicas que se realiza mediante instrumentos de medición específicos diseñados como funciones de transferencia que relacionan las señales de entrada y las de salida, y las mediciones en las ciencias sociales que se realiza elaborando y aplicando escalas de medición de actitudes.

Describiremos el Modelo Matemático Generalizado del Sistema de medición:

El modelo más usado para medir la respuesta dinámica de un sistema de medición es la ecuación diferencial lineal ordinaria con coeficientes constantes. Suponemos que la relación entre cualquier señal entrada y

señal de salida puede representarse de la siguiente forma, haciendo hipótesis simplificatorias:

$$a_n \frac{d^n q_0}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} q_0}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dq_0}{dt} + a_0 q_0 =$$

$$b_m \frac{d^m q_1}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} q_1}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dq_1}{dt} + b_0 q_1$$

siendo q_0 la señal de salida y q_1 la señal de entrada, $t =$ tiempo, a y b combinaciones de parámetros físicos considerados constantes. Si definimos el operador

$D = \frac{d}{dt}$ la ecuación anterior queda:

$$(a_n D^n + a_{n-1} D^{n-1} + \dots + a_1 D + a_0) q_0 = (b_m D^m + b_{m-1} D^{m-1} + \dots + b_1 D + b_0) q_1$$

Esta ecuación puede resolverse usando el método de los operadores o mediante el método en la transformada de Laplace. Si usamos el método de los operadores la solución completa q_0 se obtiene en dos partes por separado:

$$q_0 = q_{0cf} + q_{0pt}$$

q_{0cf} = solución parcial complementaria y tiene n constantes arbitrarias.

q_{0pt} = solución particular integral no tiene constantes.

Las n constantes arbitrarias se pueden valorar numéricamente estableciendo n condiciones iniciales.

La solución q_{0cf} se obtiene calculando las n raíces de la ecuación característica algebraica siguiente:

$$a_n D^n + a_{n-1} D^{n-1} + \dots + a_1 D + a_0 = 0$$

Una vez encontradas las n raíces r_1, r_2, \dots, r_n la función de la

solución complementaria puede escribirse siguiendo las siguientes reglas:

1. Raíces reales no repetidas: Por cada raíz λ existe un término de la solución del tipo $c e^{\lambda t}$ donde c es una constante arbitraria. Si las raíces fueran -1.7 , $+3.2$ y 0 , la solución es:

$$c_1 e^{-1.7t} + c_2 e^{3.2t} + c_3$$

2. Raíces reales repetidas: Por cada raíz que aparece p veces la solución se escribe como:

$$(c_0 + c_1 t + c_2 t^2 + \dots + c_{p-1} t^{p-1}) e^{\lambda t}$$

si las raíces son: -1 , -1 , $+2$, $+2$, $+2$, 0 , 0 la solución es:

$$(c_0 + c_1 t) e^{-t} + (c_2 + c_3 t + c_4 t^2) e^{2t} + (c_5 + c_6 t)$$

3. Raíces complejas no repetidas: Por cada par del tipo $a \pm ib$ la solución es:

$$c e^{at} \text{ Sen } (bt + \phi) \quad c \text{ y } \phi \text{ son constantes arbitrarias}$$

por ejemplo, si las raíces son: $-3 \pm 2i$, $2 \pm 5i$, 0 ± 17 la solución es:

$$c_0 e^{-3t} \text{ Sen } (2t + \theta_0) + c_1 e^{2t} \text{ Sen } (5t + \theta_1) + c_2 \text{ Sen } (17t + \theta_2)$$

4. Raíces complejas repetidas: Por cada par $a \pm ib$ que aparece p veces la solución es:

$$c_0 e^{at} \text{ Sen } (bt + \theta_0) + c_1 t e^{at} \text{ Sen } (bt + \theta_1) + \dots + c_{p-1} t^{p-1} \text{ Sen } (bt + \theta_{p-1})$$

Si las raíces son: $-3 \pm 2i$, $-3 \pm 2i$ y $-3 \pm 2i$ la solución es:

$$c_0 e^{-3t} \text{ Sen } (2t + \theta_0) + c_1 t e^{-3t} \text{ Sen } (2t + \theta_1) + c_2 t^2 e^{-3t} \text{ Sen } (2t + \theta_2)$$

La solución completa complementaria es la suma algebraica de las individuales encontradas antes.

Para encontrar q_{opt} no hay un método universal pues q_{opt} depende de la forma de q_1 , sin embargo si q_1 se restringe a funciones de interés, en ingeniería existe el método de los coeficientes indeterminados que puede usarse. Lo primero es ver si este método sirve dado q_1 .

Para un q_1 dado hay una función desconocida del tiempo $f(t)$. Para saber si podemos usar este método diferenciamos repetidamente $f(t)$ y examinamos las funciones creadas pudiendo suceder lo siguiente:

1. Después de cierto orden de derivadas todas las que siguen son cero.
2. Después de cierto orden de derivadas todas las que siguen tienen la misma forma que una derivada de menor orden.
3. En cada derivada surgen formas diferentes de funciones.

El método sirve para los casos anteriores 1 y 2 para 1 deberá usarse otro método. Si suceden las formas 1 y 2 anteriores la solución a q_{opt} es:

$$q_{opt} = A f(t) + B f'(t) + C f''(t) + \dots$$

El miembro del lado derecho incluye un término por cada forma funcional encontrada al examinar $f(t)$ y todas sus derivadas. Las constantes A , B , C se pueden encontrar inmediatamente sustituyendo q_{opt} en la primer ecuación general (no dependen de las condiciones iniciales). C sea tenemos tantas ecuaciones simultáneas como incógnitas A , B , C tengamos, pudiendo encontrar A , B , C , etc.

El método anterior pretende postular las características correspondientes a la relación dinámica que existe entre una señal particular de entrada y su salida. Desde luego que es necesario investigar la ecuación diferencial que relaciona la señal de entrada con la de salida.

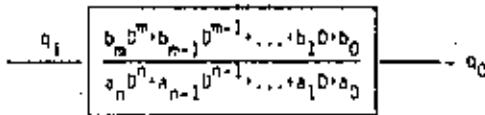
El concepto de función de transferencia relaciona q_0 con q_i tratando a la ecuación:

$$(a_n D^n + a_{n-1} D^{n-1} + \dots + a_1 D + a_0) q_0 = (b_m D^m + b_{m-1} D^{m-1} + \dots + b_1 D + b_0) q_i$$

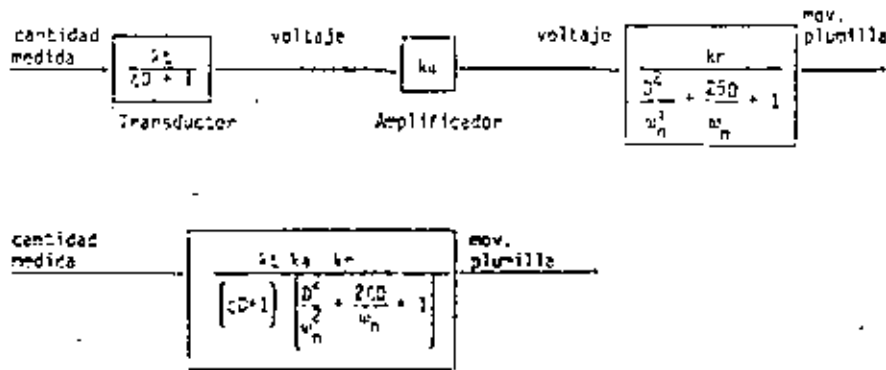
Como si fuera una relación algebraica o sea:

$$\frac{q_0}{q_i}(D) = \frac{b_m D^m + b_{m-1} D^{m-1} + \dots + b_1 D + b_0}{a_n D^n + a_{n-1} D^{n-1} + \dots + a_1 D + a_0}$$

Se usa en simbolismos gráficos para representar características dinámicas:



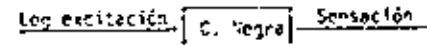
Si simbolizamos un medidor de voltaje con graficador tendremos:



Como se observa las funciones de transferencia como su nombre lo indica transfieren las diversas acciones que ocurren en un sistema a otro sistema análogo con características de accesibilidad y análisis plausibles, esto es: La forma como podemos medir lo que está sucediendo en el sistema real original es simularlo mediante una analogía matemática creando un modelo experimental que nos ayude a medir lo que sucede. Traducir-

almente se ha usado en Ingeniería mecánica-eléctrica el modelo matemático visto.

Por otro lado en la teoría de la medición la "Ley de Fechner" dice que la sensación, o señal de salida que impresiona al órgano de decisión y de acción varía como el logaritmo de la excitación, esquemáticamente:



al combinar los conceptos anteriores podríamos inferir que la función de transferencia es logarítmica, sin embargo esta aseveración esta sujeta a demostración formal.

Los sistemas de ecuaciones del tipo visto, se encuentran en muchos campos de la ciencia y representan un principio general en la Cinética. En 1944 S. Krabal usó una expresión general como el sistema inicial de ecuaciones como la ley de la acción de la masa, en 1925 Lotka usó el mismo sistema en problemas demográficos. Las ecuaciones desarrolladas por Volterra, Lotka, D'Ancona, Gauss y otros son casos especiales de este sistema. En 1945 Spiegelman usó ecuaciones análogas para establecer la cinética de procesos celulares y la teoría de la competición dentro de un organismo. En 1947 G. Werner planteó un sistema similar como la ley base de la farmacodinámica, etc.

Esta definición de sistema de ninguna manera es general, sino una abstracción espacial y de tiempo. Sin embargo es posible plantear varias propiedades generales de los sistemas:

Hay una condición de estado estacionario que se caracteriza por la desaparición de los cambios dq_i/dt en este caso $f_1 = f_2 = \dots = f_n = 0$, al igualar a cero obtenemos n ecuaciones con n variables, al resolver el sistema tendremos:

$$q_1^* q_2^* \dots q_n^*$$

[sus valores son constantes, puesto que en el sistema los cambios han desaparecido. En general habrá un cierto número de estados estacionarios.]

unos algunos estables otros inestables. Si el sistema en estudio consta de elementos del mismo tipo, el sistema de ecuaciones se reduce a una sola ecuación:

$$\frac{dq}{dt} = r(q)$$

Si desarrollamos en serie de Taylor y consideramos el primer término:

$$\frac{dq}{dt} = a_1 q$$

dependiendo si a_1 es + o - la solución es:

$$q = q_0 e^{a_1 t}$$

que es la ley exponencial.

Si en el caso anterior conservamos los dos primeros términos de la serie:

$$\frac{dq}{dt} = a_1 q + a_2 q^2 \text{ cuya solución es:}$$

$$q = \frac{a_1 e^{a_1 t}}{1 - \frac{a_2}{a_1} e^{a_1 t}}$$

La solución corresponde a la curva llamada logística, y que en Sociología se conoce como Ley de Verhulst y describe el crecimiento de la población humana con recursos limitados. En Química es la curva de una reacción autocatalítica, en donde el producto de la reacción acelera la autoproducción. Estos ejemplos demuestran que se puede llegar a encontrar ciertas leyes de la naturaleza formalmente y no únicamente con base en la experiencia, existiendo una Teoría General del Sistema que trata sobre las características formales de los sistemas, y esto intenta demostrar que en la naturaleza existe una cierta uniformidad.

Repasemos ahora las diferencias entre el Método Tradicional y el nuevo, y consideremos algunos aspectos importantes de los sistemas sociales.

Método Tradicional. Usa la concepción de sistema cerrado, siendo empírico intuitivo. Toma al mundo tal como está examina uno a uno elementos existentes buscando cierta regularidad para establecer hipótesis y demostrarlas para tomar decisiones de control sobre el sistema estudiado. El criterio generalmente usado para elegir el sistema ha estudiarse ha basado en la satisfacción de las necesidades del hombre como son: eliminación de las enfermedades, alimentación suficiente, vivienda, educación, servicios diversos, etc. Con este método el hombre ha intentado resolver sus problemas en algunos campos como el de la Planificación Urbana. El método consiste en tener inventarios de información diversa y a través de especulación y análisis documental de tendencias históricas, dar soluciones a los problemas.

Método Nuevo: Aplica la síntesis, considera el conjunto de todos los sistemas concebibles reduciéndolo a dimensiones manejables, mediante el uso de sus variables significativas. La resolución de problemas se basa en el estudio de la interrelación de los sistemas en el conjunto y usa el sistema tradicional para los planteamientos iniciales, y la formulación de hipótesis. En el caso de la Planificación Urbana se establecen modelos matemáticos de los diversos sistemas urbanos, que junto con los económicos empiezan a calzarse en la actualidad para poder simular la realidad. Los elementos sociales apenas empiezan a tomarse en consideración en estos sistemas, observándose la imperiosa necesidad de formular y estudiar los sistemas sociales.

Este método está fuertemente ligado con la Planificación actual y los principales obstáculos para su aplicación es la existencia académica actual - en todo el mundo de un programa educativo que produce el tipo de investigador que pueda conducir una investigación de sistemas en un contexto interdisciplinario, pues las corrientes actuales en las Universidades - tienden hacia la especialización.

Paralelamente a este desarrollo aparece la Planificación, pero ya no como en una de sus definiciones originales "toda actividad humana organizada premeditadamente", sino como una ciencia que se encuentra en la etapa experimental y que una vez apoyada sobre otras a la Teoría General del Sistema, la Planificación estudia, analiza, sintetiza, pronostica y re-

trabaja la información disponible en un proceso continuo con objeto de distribuir y asignar equitativamente los productos, beneficios y servicios de la forma más eficientemente posible en la comunidad dentro -- del marco político económico y social del sistema de Gobierno prevalente; recurrir a la observación y análisis de los fenómenos usando técnicas como la inferencia estadística y los modelos de simulación, estando actualmente en estudio la componente social como un conjunto de parámetros que determinan en forma preponderante las decisiones a corto y mediano plazo. La Planeación puede ser táctica o estratégica. La primera se refiere a la selección de medios para la consecución de objetivos específicos determinados anteriormente, la estratégica a la determinación de objetivos establecidos para un nivel mayor de organización, -- cubriendo un plazo mayor.

Puesto que en nuestro país la Planeación es de administración reciente, los elementos con los que se cuenta son los estudiados en otros países -- y el aspecto de la investigación se refiere a la adaptación de estos -- elementos a nuestro medio nacional, sin embargo las Ciencias Sociales -- que en nuestro país tienen características propias se emplean a integrar en el contexto de estos elementos para establecer una modalidad nacional de Planeación que además de tomar en cuenta los niveles Nacional, Regional, Estatal y Municipal, tome en cuenta los diferentes estratos -- de ingreso, las costumbres, y en general los fenómenos sociales. Es -- así como podemos hablar sobre el enfoque de Sistemas en Planeación: Habiendo contemplado el universo y elegido todas las variables que pueden afectarlos de entre los diferentes sistemas el suprasistema y los subsistemas, y habiendo realizado una síntesis de los sistemas anteriores -- estudiando sus interrelaciones y determinando las metas y objetivos, -- procederemos a formular la evaluación de los diferentes proyectos propuestos con estas luses con objeto de presentar una idea clara de los -- medios y los objetivos a las decisiones para una elección adecuada de la alternativa de solución.

Vemos las diferencias entre los problemas sociales y los no sociales.

Uno de los principales escollos que surgen al tratar con problemas sociales es el de la formulación y comprobación de hipótesis, pues cuando

las hipótesis son formulables, ya esta formulación constituye parte de la solución buscada. En problemas no sociales el inicio es precisamente por la formulación de las hipótesis.

Al realizar varias lecturas sobre temas relacionados con comunidades y sistemas se encontraron características de los problemas sociales y de los no sociales identificadas durante los procesos de formulación, desarrollo, planteamiento y solución, habiéndose resumido de la siguiente -- forma:

1. No hay una formulación definitiva a un problema social. La información necesaria para comprender el problema depende de la idea que -- se tenga para resolverlo. Para describir el problema ampliamente -- se necesita un inventario exhaustivo de todas las posibles soluciones. -- La razón es que cualquier pregunta subsiguiente depende de lo -- que se haya investigado del problema. Se puede decir que la comprensión del problema y su solución son concomitantes. Por lo tanto para poder anticipar preguntas (para obtener la información requerida) es necesario conocer todas las soluciones posibles.

Vemos por ejemplo que es necesario para identificar la naturaleza del problema de la emigración ilícita de nacionales al extranjero: ¿Será el mayor ingreso? ¿El ingreso únicamente? ¿El mejor nivel -- de vida? ¿Se deberá al desarrollo económico fronterizo? y si es -- así, ¿No será éste reflejo de otra situación o simplemente el problema se debe a un deficiente control administrativo de fronteras?

Si formulamos el problema desde sus fuentes originales de tal manera -- que identifiquemos claramente los mecanismos causales estableciendo la imagen del problema o diagnóstico, diciendo cuál es el origen y valores del problema, entonces hemos encontrado la solución. Encontrar la formulación de un problema social es lo mismo que encontrar su solución.

DIFERENCIAS ENTRE PROBLEMAS

NO SOCIALES

1. La formulación de los problemas está perfectamente bien definida.
2. Al usar la relación causa-efecto los errores pueden disminuirse a un mínimo.
3. Existe un conjunto numerable de soluciones potenciales identificadas.
4. Existen varias familias de clases de problemas.
5. Los niveles de análisis están perfectamente bien definidos.
6. Al encontrar los valores de las incógnitas del problema termina.
7. La solución es verificable sustituyendo valores.
8. La solución es verdadera o falsa.
9. Las hipótesis se pueden comprobar o desechar.
10. Las soluciones a los problemas sociales no pueden investigarse usando la relación "causa-efecto", sin embargo es posible obtener alguna experiencia aplicando esta relación a soluciones históricas. Cada solución implementada deja rastros que no pueden ignorarse, no puede construirse una presa para ver cómo funciona y después modificarla al constatar su ineficiencia. Muchas obras públicas son de hecho irreversibles y sus consecuencias sociales también. La vida de muchas personas ha sido afectada y grandes cantidades de dinero se han gastado en este tipo de obras. Cualquier intento para invertir la decisión o corregir las consecuencias se convierte a su vez

SOCIALES

- La formulación de los problemas no es definitiva.
- No puede usarse la relación causa-efecto para resolver problemas.
- No existe un conjunto numerable de soluciones potenciales identificadas.
- Debido a la complejidad, todos los problemas son diferentes.
- Cada problema puede considerarse como síntoma de otro, existen varios niveles de análisis.
- No hay regla fija para establecer la terminación.
- La solución solo es verificable en parte después de cierto tiempo.
- La solución es eficiente o ineficiente.
- La comprobación o rechazo de las hipótesis es relativa.

en otro problema.

3. Los problemas Sociales no tienen identificado un conjunto de soluciones numerables potenciales, ni tan poco existe un conjunto de operaciones predeterminado para incorporarlas al plan. No existe un criterio para demostrar que todas las soluciones posibles han sido identificadas y consideradas.

Puede suceder que no se encuentre una solución debido a inconsistencias en la información diagnóstica del problema, sin embargo siempre hay un conjunto de soluciones potenciales que surgen y otro que no se imagina. Es entonces cuando hay que decidir si se amplía el conjunto potencial de soluciones o no. Por ejemplo, mucho se ha discutido sobre el valor de la tierra, los conjuntos urbanos eficientes y los programas periódicos de construcción de viviendas, la atención principal se ha enfocado a lograr vivienda barata inmediata, ni siquiera económica y mucho menos se ha planteado resolver el problema contemplando soluciones a los movimientos migratorios, o a el control de la natalidad, o a otras posibles causas.

4. Cada problema Social es esencialmente único. Desde luego que para cualesquiera dos problemas parecidos puede encontrarse una propiedad peculiar que los distingue, sin embargo al mencionar lo único -- nos referimos que a pesar de las muchas similitudes entre un problema actual y otro anterior, siempre puede existir una propiedad adicional distintiva de mucha importancia. Parte del desarrollo de este tipo de problemas es que en primera instancia no se sabe qué tipo de solución aplicar.

No existen clases de problemas Sociales en el sentido de que puedan desarrollarse principios de solución que se ajusten a todos los miembros de la clase. Por ejemplo, las condiciones de construcción del metro de la Ciudad de México pueden parecer semejantes independientemente del subsuelo, a la construcción del metro de Guadalajara. Sin embargo, los hábitos residenciales, el contexto urbano, etc pueden hacer que el problema sea muy diferente.

5. Cada Problema Social puede considerarse como síntoma de otro problema. Los problemas pueden describirse como discrepancias entre el estado actual del sistema y el estado futuro. El proceso de solución comienza con la búsqueda de una explicación causal de la discrepancia. Al eliminar esta causa se plantea otro problema del cual el problema original es un síntoma, y a su vez éste puede considerarse como el síntoma de otro problema.

El nivel al que se establezca el problema depende del analista y no puede establecerse lógicamente, no existe un nivel natural del problema, pero mientras más alto sea el nivel de formulación del problema, éste será más amplio y general y su solución más difícil. Por otro lado hay que evitar curar los síntomas, sino atacar la enfermedad, y por lo tanto, hay que ubicar el nivel lo más alto posible, a veces se adopta la política de dirigirse a un nivel más bajo para ir subiendo desde ahí por pasos, con la esperanza de contribuir sistemáticamente a la mejora global, pero si el nivel es muy bajo las cosas pueden empeorar y dificultarse más el tratamiento -- con niveles más elevados; o sea que una mejora marginal no garantiza la mejora total. Por ejemplo computerizar un proceso administrativo puede redundar en costos más bajos, facilidad de operación, etc., pero al mismo tiempo se hace más difícil hacer cambios estructurales en la organización, debido a que la perfección técnica refuerza a los patrones de organización y normalmente aumenta los costos del cambio. Bajo estas circunstancias no sorprende que los miembros de la organización tienden a ver los problemas a un nivel más bajo del suyo propio. Por ejemplo, si se les pregunta a los profesores sobre los problemas de la universidad, muchos contestarán que el principal problema es la deficiencia de conocimientos con que llegan los alumnos.

6. Los Problemas Sociales no tienen regla fija de terminación. Cuando se trata de una ecuación matemática, al encontrar los valores de la incógnita el problema termina, y este es el criterio para saber cuando se ha encontrado una solución. En problemas de planeación social esto no sucede, pues el proceso de entendimiento del problema es idéntico al proceso de solución debido a que no existe un cri-

terio para determinar si el problema está completamente entendido -- y porque no se conocen los extremos de las cadenas causales que -- unen la interacción de los sistemas. O sea que siempre puede mejorarse la solución invirtiendo más trabajo. La terminación de estos trabajos no se debe a la lógica, sino a una optimización de los recursos invertidos para obtener simplemente una solución.

7. No hay prueba inmediata ni última de la solución de un problema social. En problemas matemáticos se tiene el control absoluto de la solución, pero en problemas sociales cualquier solución que se implemente generará consecuencias sobre un largo período.
8. Las soluciones a los problemas sociales no son verdaderas o falsas, son eficientes o ineficientes.

Existen criterios convencionales para decidir objetivamente si la solución de una ecuación es verdadera o falsa. Sin embargo en problemas sociales los juicios posibles para establecer la corrección de las decisiones difieren ampliamente de acuerdo a los grupos de estudio, sus intereses personales, su escala de valores y sus tendencias ideológicas.

9. La existencia de una discrepancia de un problema social puede explicarse de varias formas. La explicación escogida determina la naturaleza de solución del problema. Cuando en la ciencia existe evidencia en conflicto, se procede así: bajo las condiciones C y asumiendo la validez de la hipótesis H, el efecto E debe ocurrir. Ahora si dado C, E no ocurre, H debe rechazarse; sin embargo en los problemas sociales se admiten otras modalidades; puede negarse que E no ha ocurrido o puede explicarse la ocurrencia de E a través de un proceso de intervención sin tener que abandonar la hipótesis H, veamos un ejemplo: Supongamos que alguien trata de explicar los atrasos en Ciudad Universitaria diciendo que no hay vigilancia suficiente. Este sería la base de la solución y se emprendería la vigilancia. Supongamos que en los años anteriores se aumentó el número de arrestos, pero que el incremento de atenciones tenga una tasa un-

poco menor que el incremento en la vigilancia. ¿Habrá ocurrido -- el efecto E7. ¿No habrán reducido los atracos aumentando la vigilancia? Si la respuesta es negativa, se pueden dar varias explicaciones no científicas para sostener la hipótesis H de que aumentando la vigilancia disminuyen los atracos: "Es muy poco tiempo para sentir adecuadamente los efectos", "Si no se hubiera aumentado la vigilancia no hubieran aumentado los atracos", etc., sin embargo también se puede defender el punto diciendo que sí ha ocurrido E. -- "Pues el número de arrestados ha aumentado".

Al tratar con este tipo de problemas, las formas de razonamiento -- usadas en los argumentos son mucho más ricas y versátiles de lo permitido en el desarrollo científico formal.

Debido al carácter único del problema y ante la imposibilidad de -- experimentación o simulación rigurosa, no es posible probar la hipótesis H o rechazarla, hasta después de su implementación.

Tomando en cuenta el material presentado hasta aquí, presentaremos un -- intento de formato para la fundamentación de una teoría social desde el punto de vista matemático:

- (1) Podemos decir que cualquier comunidad humana está formada por elementos que actúan en el espacio cambiando continuamente. La situación de cada elemento se determina por la combinación de fuerzas intervinientes y por la única variable independiente de todos los procesos, el tiempo. Esto puede expresarse como una ecuación diferencial ordinaria.
- (2) La teoría física de los campos, en esta teoría todos los procesos -- se definen por cantidades de campo que tienen un valor bien definido en el espacio y este valor usualmente depende del tiempo. Por lo que tenemos cuatro variables independientes, las tres coordenadas espaciales y el tiempo. Socialmente podemos ubicar a un elemento por sus coordenadas que pueden ser: edad, experiencia, estudios, poder económico, poder político, poder social, etc. y el tiempo.

(3) Las leyes que se basan en estos conceptos se expresan en ecuaciones diferenciales parciales.

Para manejar casos específicos necesitamos definir condiciones iniciales y de frontera.

Las coordenadas pueden darse como tensores que pueden sensibilizarse a diversos efectos unitarios a estudiar para poder determinar las características de regulación posibles.

Estas ideas se presentan como una muestra de la aplicación de la Teoría del Sistema General.

Para poder diseñar sistemas debemos contemplar claramente los siguientes conceptos:

1. La definición de sistema
2. La forma de realizar síntesis
3. La ley de la variedad
4. La diferencia entre problemas sociales y no sociales
5. El Sistema de medición a usar
6. La investigación de posibles funciones de transferencia.
7. El concepto de Sistema óptimo
8. El concepto de entropía
9. El Suprasistema y los subsistemas
10. El ámbito del problema o sistema.

Trataremos de establecer una metodología para el diagnóstico y solución de problemas de la comunidad desde el punto de vista de la Teoría General del Sistema.

Definiciones:

Comunidad es un conjunto humano interrelacionado por el hecho de tener su residencia en la misma localidad, por estar sujeto a las mismas leyes y reglamentos o por tener cierta nexo especial de unidad tal como pertenecer a un mismo organismo, tener el mismo origen o --

afiliación religiosa, etc.

Los sistemas siempre han existido, la Teoría General del Sistema sólo - establece un punto de vista para su estudio tratamiento y desarrollo. - veamos la comparación entre los puntos de vista tradicional y de sistemas.

PROPIEDADES DE LOS SISTEMAS	PUNTO DE VISTA TRADICIONAL	PUNTO DE VISTA DE T.G. DE SIST.
Vivos o no vivos	No vivos	Abiertos
Cerrados o abiertos	Cerrados con retroalimentación	Abiertos
Descomposición	Descomposición en componentes independientes	Descomposición solo en componentes dependientes
Agregación	El todo es la suma de sus partes	El todo puede ser mayor que la suma de sus partes.
Interrelación	Se toma muy poco en cuenta	No puede dejarse de tomar en cuenta
Complejidad	Se debe al tamaño	Se debe a la organización
Conceptos básicos	Minimizar fuerza y energía	Minimizar la entropía
Entropía	Equilibrio	Minimizarla
Objetivos	Se determinan usando básicamente los antecedentes	Se determinan por las consecuencias futuras precedentes o diseños
Jerarquía	Las propiedades de los sistemas a niveles mayores se infieren a partir de sistemas de nivel inferior.	Las propiedades de los sistemas a niveles mayores no pueden inferirse de los subsistemas componentes.

Al observar a la comunidad desde el punto de vista de sistemas, podemos afirmar que sus características son las de un sistema vivo, abierto, -- que sólo puede descomponerse en componentes dependientes, que tiene propiedades que no tienen sus partes, que nace con una organización determinada y que sus objetivos se pueden determinar.

O sea que el sistema comunidad puede referirse a cualquier actividad - del hombre con dos o más elementos de cualquier tipo interrelacionados entre sí y que tengan las propiedades en los sistemas, pudiendo hablar de una comunidad urbana, rural, sindical, universitaria, administrativa, cultural, intelectual, etc.

La metodología para la solución de problemas se caracteriza de la siguiente manera (2).

1. El problema se define en relación a los suprasistemas o sistemas a los cuales el sistema en cuestión pertenece y se relaciona por objetivos comunes.
2. Los objetivos del sistema no se encuentran en el contexto de los subsistemas, sino que deben visualizarse con relación a sistemas mayores o al suprasistema.
3. Las soluciones deben evaluarse en términos de costos de oportunidad, o en la cantidad de divergencia que la solución tiene de la solución óptima.
4. La solución o sistema óptimo normalmente no puede encontrarse incrementando o adaptando sistemas existentes. Se requiere de la planeación, evaluación e implementación de alternativas nuevas que ofrezcan innovaciones y creatividad.
5. El diseño de sistemas de solución requiere de una forma de pensar -- tal como inducción y síntesis que difieren de los métodos deductivos y reductivos.
6. La Planeación se concibe como un proceso donde el planeador toma -- el papel de líder en lugar de seguidor.

Como se puede apreciar el resolver problemas usando el punto de vista de sistemas requiere del diseño de un sistema de solución y para obtenerlo es necesario aplicar una metodología que intente tener una visión sumamente amplia para tomar en cuenta lo más posible. Muchos problemas

ya se encuentran planteados y sin embargo las soluciones no, esto se debe a que los problemas son originados por otros no detectados. En cierta forma el planteamiento del punto de vista de sistemas tiene semejanzas con los problemas sociales planteados en cuanto que una vez planteado el problema, su solución es casi inmediata pues el planteamiento conduce fácilmente a la solución posterior que depende de los recursos, la situación política, las prioridades detectadas y la forma de implementación.

A continuación describiremos detalladamente los pasos a seguir divididos en tres fases: políticas, evaluación e implementación:

FASE I POLÍTICAS:

PASO 1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Se relaciona con la determinación de las fronteras del sistema de solución así como con las restricciones impuestas al sistema. Debe usarse una comparación entre los recursos disponibles y las necesidades. El enunciado de la definición del problema deberá incluir:

- Los beneficiados.
- Las necesidades por satisfacer.
- Una explicación de los alcances de la satisfacción de las necesidades.
- Los agentes que intervienen: Planificadores, economistas, decisores, etc. Con una lista de sus intereses dentro del proyecto de solución.
- Los métodos. Una descripción general de los métodos que se usarán para resolver el problema.
- Un moderador que indique las limitaciones de los sistemas para resolver problemas.

PASO 2 EL ENUNCIADO GENERAL DE LA FILOSOFÍA DEL TRABAJO Y:

- Definir el lenguaje y los términos usados claramente.
- Promover el entendimiento mutuo entre los que intervienen.
- Identificar a los dueños de los probables efectos de sus decisiones.

PASO 3 DETERMINACIÓN DE OBJETIVOS Y METAS:

Debe realizarse de tal forma que en su determinación estén implicados métodos para medir su consecución debiéndose tener en cuenta:

- Las necesidades y los deseos.
- Los niveles de esperanza y aspiraciones.
- El consenso general.

PASO 4 BÚSQUEDA Y GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS:

Dependiendo del problema de que se trate debemos generar alternativas de solución y programas alternativos de acción. La búsqueda de alternativas depende de las restricciones de tiempo, costos y recursos dedicados al proyecto del sistema de solución. Además la búsqueda de alternativas está limitada por el conocimiento de los que intervienen y por el hecho de que sólo son comparables una cuantas alternativas a la vez.

FASE II EVALUACIÓN:

PASO 5 IDENTIFICACIÓN Y MEDICIÓN DE PRODUCTOS Y ATRIBUTOS:

Las alternativas producen productos, su identificación es uno de los aspectos más difíciles y críticos sobre todo al manejar sistemas sociales. Los atributos se pueden determinar por las medidas de efectividad, cada atributo deberá revisarse para determinar si cumple con los objetivos.

PASO 6 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS:

Las diferentes alternativas se deben evaluar y comparar de una forma consistente, la comparación usualmente se hace en el contexto de un modelo de decisión o una estructura formal aplicable a cada producto.

El modelo deberá proporcionar un procedimiento lógico y uniforme mediante el cual los inputs y problemas, los costos y los retornos, los costos y los beneficios u otros atributos que se relacionen con la efectividad del sistema puedan compararse.

PASO 7 MEDICIÓN DE EFECTOS SOCIALES:

Este aspecto incluye indicadores sociales y contabilidad social que --- complementan a los indicadores económicos.

PASO 8 PROCESO DE ELECCIÓN:

Realizar una elección flexible que varias alternativas y salidas convergen a una solución única. El proceso de convergencia es el resultado de integrar racionalmente los aspectos técnicos económicos sociales y políticos en un sistema de solución, que sea práctico factible y aceptable.

FASE III. IMPLEMENTACIÓN

PASO 9 OPTIMIZACIÓN:

Intenta establecer el mejor uso de los recursos en forma tal que a un --- insu dado corresponda un producto tal que su elaboración cueste lo me nos posible y que dicho producto proporcione los máximos beneficios en comparación con otros.

PASO 10 SUBOPTIMIZACIÓN:

Procede igual que la optimización pero su enfoque se refiere a las apli caciones prácticas de los modelos de optimización, es decir a veces lo óptimo no es factible y hay que suboptimizar.

PASO 11 SIMPLIFICACIÓN DE LA COMPLEJIDAD:

Al estudiar varios sistemas el analista reduce la complejidad simplifi cándola, disminuye el problema haciéndolo más específico y trata con --- los subsistemas o las fronteras que él puede explicar y comprender. Tr vando las cosas a los campos que él conoce donde tiene modelos métodos y algoritmos a su disposición y donde las probabilidades de éxito son ma yores.

PASO 12 LEGITIMIZACIÓN Y CONSENSO:

La aceptación e implementación de un sistema de solución empieza prom viendo primero la aceptación de los objetivos y de sus posibles altern ativas. Para estar de acuerdo es necesario realizar un proceso de legi timización y consenso donde sus hipótesis de los planeadores y las acc siones de los clientes se integren para resolver los conflictos.

PASO 13 IMPLANTACIÓN:

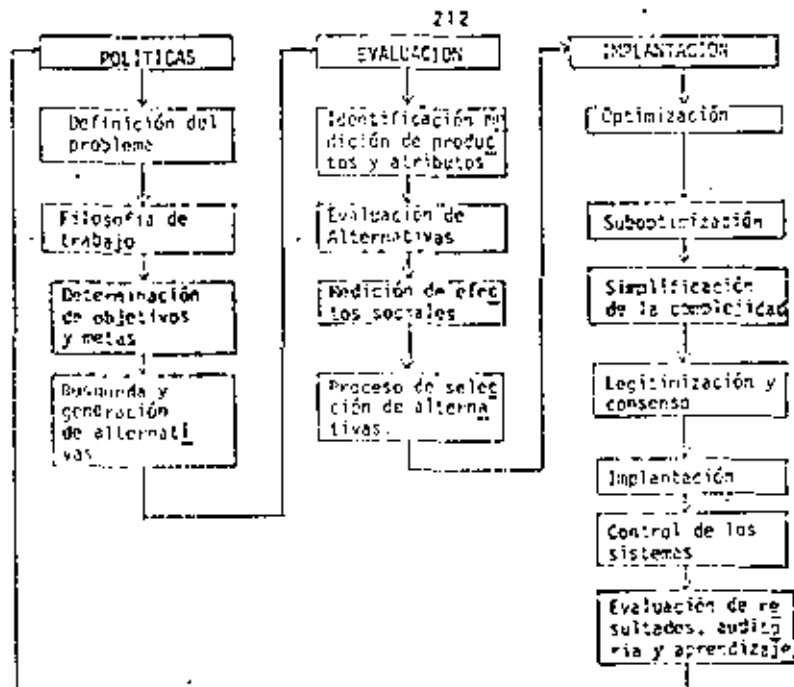
La implantación de la alternativa escogida nos lleva a la satisfacción de las necesidades, los elementos de esta implementación deben integrar se al proceso de solución desde el principio del desarrollo.

PASO 14 CONTROL DE LOS SISTEMAS

Es la comparación de salidas y resultados contra los estándares propues tos, para regular ciertos aspectos y proporcionar la estabilidad al sis tema de solución evitando que se desvíe de las metas y objetivos retro alimentándolo.

PASO 15 EVALUACIÓN DE RESULTADOS AUDITORIA Y APRENDIZAJE:

La evaluación y auditoria de resultados nos lleva a realizar nuevas --- asignaciones del presupuesto al sistema de solución retroalimentar nue tras acciones y obtener experiencia.



Los pasos detallados para obtener un sistema de solución aplicaron la metodología anterior a una comunidad urbana.

UNA COMUNIDAD URBANA

El nombre de la comunidad elegida es "Ciudad Netzahuacoyotl". Nos referiremos a los preliminares básicos necesarios para poder aplicar parte de la metodología enunciada.

PASO 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El Municipio de Netzahuacoyotl aparece oficialmente el 23 de abril de 1961 como la necesidad de dar asilo a un gran número de familias, que por sus escasos recursos económicos carecían de hogar. En 1967 se registraron 62 000 habitantes. El Municipio se localiza en lo que antes formaba el rumbo del Camino de Incaes, terreno salinoso y blanco. Carece

cía inicialmente de todos los servicios sufriendo además, inundaciones periódicas. La población se compone básicamente de una parte del sector marginado del D.F. y otra de inmigración de campesinos que llegan a la Ciudad de México donde difícilmente subsisten y finalmente o regresan a su lugar de origen o se establecen en el Municipio.

Los problemas de la comunidad son innumerables; carencia de servicios de todos tipos, alto índice de mortalidad, carencia de empleos cercanos al Municipio, alto índice de criminalidad, etc.

PASO 2. ENUNCIADO GENERAL DE LA FILOSOFÍA DE TRABAJO

El fenómeno de asentamiento de este tipo es conocido tradicionalmente en los estudios urbanísticos, pero no se ha presentado el fenómeno tan rápidamente como en este caso. Dado el bajo atractivo de la zona la tasa de inmigración es sumamente alta.

Las soluciones posibles deberán ser acciones dinámicas y prolongadas durante bastante tiempo, o sea habrá necesidad de monitorear detalladamente la implementación de solución para poder realizar retroalimentaciones periódicas.

PASO 3. DETERMINACIÓN DE OBJETIVOS Y METAS

Este paso deberá definirse posteriormente hasta no haber realizado los estudios preliminares. Sin embargo puede decirse que como objetivo preliminar se tiene la determinación de los mecanismos que han originado y siguen manteniendo el fenómeno con miras a establecer un control.

PASO 4. BÚSQUEDA Y GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

La búsqueda y generación de alternativas debe realizarse una vez determinados los objetivos y metas, en nuestro caso el objetivo preliminar consiste en determinar los posibles mecanismos, por lo que se diseñó un modelo de simulación dinámica de la comunidad, probando varias políticas de cambio para obtener inicialmente alternativas de solución.

Para diseñar el modelo de simulación dinámica se eligió el compilador - DYNAMO que es un lenguaje diseñado para simular procesos continuos como sistemas de negocios, sistemas económicos, sociales, urbanos, ecológicos, etc. Se usó la versión DYN 454 implementada en el Centro de Servicios de Cómputo de la UNAM.

La razón principal de su elección es que permite introducir hipótesis - de tendencias que se detectan intuitivamente y que son posibles de verificar o desmentar posteriormente, profundizando la investigación.

Si las condiciones que indican los censos prevalecen el Municipio pronto (ver el modelo) llegará a su capacidad máxima de habitantes, pero eso no frenará la inmigración. La población inmigrante intentará establecerse en las cercanías del Municipio, desequilibrando los sistemas - de las poblaciones cercanas y alterando aun más el equilibrio urbano - del D.F. El principal problema radica en controlar la inmigración, des- pués en dotar a la población de servicios adecuados y finalmente resolver el problema del empleo. Conjuntamente tomar medidas para evitar si- tuaciones futuras análogas, de no hacerlo en los próximos años aparecerán más aglomeraciones urbanas en la periferia del D.F., agravando los problemas exponencialmente de forma tal que serán de nivel prioritario- nacional. Se proponen como alternativas resultantes del análisis las si- guientes:

1. Revisar, ampliar y reestructurar los sistemas de información para - haberlos de rápida accesibilidad y tener evaluaciones periódicas de las situaciones urbanas de fenómenos semejantes.
2. Crear una estructura básica de simulación, ya sea el modelo propues- to, realizando investigaciones posteriores para afinar los valores- de los parámetros, o algún otro modelo que dé una imagen de la rea- lidad dinámica.
3. Profundizar en estudios de teoría del valor aplicada a estos fenóme- nos con objeto de tener una lista de prioridades, desde luego apo- yándose en la teoría de Decisiones.

4. Al aplicar la teoría de sistemas dentro del contexto de Planeación - se determinó que el problema es de nivel nacional y no local, sin - embargo el modelo diseñado puede sugerir un camino de investigacio- nes basadas en la prueba de diferentes políticas.

5. Basándonos en las políticas probadas, y conjugándolas con algunos - aspectos técnicos recientes se propone investigar la factibilidad - de lo siguiente:

Considerando que una gran parte de la población es de extracción campe- sina, que el precio de los productos agrícolas cada vez es mayor y que - una parte de este precio es por concepto de transporte desde las fuente- les de producción, si se utilizaran las técnicas de aprovechamiento de - la energía solar que producen un efecto multiplicador en los rendimien- tos agrícolas del orden de diez veces más producción por hectárea, to- mando en cuenta que la producción se realiza en parcelas lineales prefe- bricadas sin importar el tipo de suelo debajo de ellas, se estaría con- templando una posible solución formando cooperativas, de producción, fa- bricación y distribución de productos agrícolas y equipos para la pro- ducción que parecen ser bastante simples de elaborar bajo una buena ase- soría nacional. Con esto se reduciría el uso de transportes del D.F. - por la rebeldía del Municipio y los productos que se vendan por lo co- nos al precio actual, dejarán un margen suficiente para la población.

FASE 2. EVALUACION

Correspondería al equipo de Planeación de estos trabajos, revisar, va- luir y decidir sobre este y las otras alternativas propuestas para su - futura programación e implementación.

A continuación describiremos en detalle el diseño del modelo dinámico - de simulación del Municipio de Nezahualcóyotl.

DESCRIPCION DEL MODELO

El modelo se ha dividido en 13 partes constitutivas, las primeras seis - se refieren a las variables principales. A continuación se listan los -

valores de los parámetros usados y sus valores, las condiciones iniciales, las especificaciones del modelo. Las políticas de prueba, el índice general, la impresión de los valores de las variables para un período de simulación de 42 años a partir de 1970 de seis en seis años y ocho gráficas de los resultados de la primera simulación y de los cambios por la aplicación de políticas.

EXPLICACIÓN DE LAS ECUACIONES

1. Sector de Población: El crecimiento de la población se compone de la población inicial, más el incremento de tiempo que multiplicas a la tasa neta de nacimientos, menos la tasa de emigración más la tasa de inmigración, ecuación 1.0.

La tasa neta de nacimientos (1.1) es igual a la tasa normal neta de nacimientos tomada de los censos de 1970, multiplicada por la población en el año considerado y por un multiplicador por servicios, que es una variable que está dada mediante una tabla (1.2). A esta tabla se entra con el valor de PDS que es una variable que mide el nivel de servicios. Se contempla la siguiente hipótesis: a mayor nivel de servicios el multiplicador es mayor y la tasa neta de nacimientos aumenta, cuánto? un valor hipotético no mayor que la mayor tasa actual, pero que toma en cuenta que al aumentar los servicios la tasa de nacimientos aumenta. Para determinar con una buena exactitud los valores de esta tabla de valores y los de las demás tablas que aparecen, necesita investigarse por separado las posibles variaciones en los valores dedicando toda una investigación estadística, social, económica y política. Si se hubiera intentado determinar con precisión estos valores difícilmente se hubieran obtenido pues es un trabajo de un equipo grande y por otro lado la intención de este trabajo es establecer la estructura básica para empezar a probar y evaluar alternativas. O sea que sólo se han explicitado las tendencias observadas con valores aproximados.

La emigración (1.3) está tomada por una función de decisión llamada CLIP, si la población es mayor que la población de saturación PS, la emigración EM adquiere el valor EM1 (1.4) que es igual a la emigración normal multiplicada por la población y por un multiplicador (1.5) -

que toma en cuenta a través de una función logarítmica L y LO, el atractivo (6.1) es un índice de atracción o rechazo formado por diversos multiplicadores que intentan tomar en cuenta los efectos de la población, para retroalimentarlos a variables determinadas. En el caso que la población alcance el nivel de saturación, la gente podrá seguir llegando, pero está rechazada y la emigración crecerá subitamente con esta población que simplemente no cabe. En este caso EM adquiere el valor EM2 (1.9) que indica que la población que llega y la que nace, emigra.

La inmigración (1.5) también está dada por una función de decisión en los mismos términos que la emigración. Si no se llega a la población de saturación IN toma el valor de IN1 (1.6) que es igual a la tasa normal de inmigración de los censos multiplicada por la población actual y por el atractivo. Cuando se rebasa la población de saturación, es probable que la inmigración cambie pero no se sabe, en caso de realizar una investigación y determinar este valor, la tasa puede cambiarse usando el valor INMS que toma en cuenta este efecto. Como actualmente el efecto se desconoce INMS se ha tomado igual a uno, por lo que en este caso IN=IN2.

Es interesante tener una proyección de población con estos datos sin al tenerlos por la función de decisión por lo que se estableció el valor independiente PI (1.10). Para medir la población que habrá que alojarse en otro lugar si las condiciones actuales persisten se puso la ecuación 1.11 donde PI4 da este valor.

La ecuación 1.12 permite variar el valor de la población de saturación PS variando M, en este caso se calculó como el producto de la capacidad total de viviendas en el Municipio por la densidad de vivienda por el factor de hacinamiento II.

Los valores III y IV se tomaron de los datos de los censos. IV se determinó aumentando el área de los lotes promedio un promedio por calles, avenidas, hamacas, parques, edificios públicos, servicios, etc.

2. Sector de Vivienda: Está caracterizada por una tasa de construcción (1.9) que está dada en función de la tasa normal de construcción -

encontrada en los censos y que está afectada por tres multiplicadores: MEV (2.1) que es el multiplicador por construcción de vivienda y cuyo valor está determinado por la variable RV, que es la relación de las viviendas construidas a las viviendas necesarias, cuando RV aumenta hay más construcción de viviendas que las necesarias y el multiplicador aumenta. MPV (2.8) es el multiplicador por precio de la tierra que surge por un incremento anual mínimo de los terrenos por la tasa de interés y un efecto de plusvalía compuesto por la dotación de servicios y aumento en la demanda; para determinar MPV el modelo entra automáticamente a la tabla con el valor del precio de la tierra (2.9) que es igual al valor inicial más una tasa de cambio en el precio multiplicada por el multiplicador PDS por servicios. La tasa de cambio en el precio de la tierra (2.10) está dada por el precio inicial de la tierra por un multiplicador IACP que intenta medir la demanda a través de RV. En este caso al aumentar o disminuir RV se consideran valores semejantes, o sea si hay pocas viviendas y los servicios aumentan los precios de la tierra también aumentan, por otro lado si hay demasiadas viviendas los precios bajan. El otro multiplicador MID (2.5) se refiere a la tierra disponible, el modelo le da valores a MID de acuerdo a la tierra disponible ID (2.6) que está medida por la relación de viviendas construidas entre la capacidad total de viviendas, a medida que disminuye la tierra disponible el valor del multiplicador MID baja.

De las visitas realizadas al Municipio se observó que hay muchas viviendas rentadas pues a los propietarios les conviene y por lo tanto existe una cierta tendencia a ampliar las viviendas y que consiste en construir otro cuarto. Por lo que se consideró la tasa de ampliación de viviendas IAV (2.2') como función de la tasa de construcción y de un factor experimental ES por determinar, por lo pronto se le asignó el valor de 0.3.

Se le ha llamado vivienda total a VT (2.2') a la vivienda original y a la propia, siendo igual al valor inicial más el tiempo por la suma de las tasas de construcción y de ampliación.

La variable de vivienda (2.3) es igual a través de la función de decisión a VT cuando este valor es menor que SAT, siendo SAT la capacidad

máxima de viviendas incluyendo las rentadas, cuando se excede el valor de SAT, VT permanece constante. VS (2.3'') está dada también por una función de decisión CLIP que se refiere al número de lotes construidos, tomando como máximo el valor de la capacidad máxima de vivienda, luego permanece constante.

3. Sector de Servicios: La información de servicios es deficiente y no fácil de manejar, por lo que se redujo la complejidad haciendo referencia al estimado determinado en los censos.

La demanda de servicios satisfecha se mide en el modelo en función del número de 1/2 viviendas construidas (3.1) con una demora establecida por el factor ISD (3.2), o sea que la demanda de servicios es igual a la demanda en el año anterior, más una parte (1 / ISD) de la tasa formada por la diferencia entre la demanda de servicios y las viviendas construidas. La ecuación (3.3) se refiere al coeficiente de demanda satisfecha.

4. Sector de Empleo: La generación de empleos se compone de empleo temporal TE, empleo permanente EP y empleo en servicios municipales ES.

El empleo temporal está compuesto de empleo por construcción de viviendas más empleo en obras para dotación de servicios.

El empleo permanente se compone del empleo por inversiones más el empleo exógeno. (se le llamó empleo exógeno al existente fuera del Municipio).

El empleo por construcción de viviendas (4.3) desaparece mediante la función CLIP cuando IV rebasa el valor de SAT y vale ECVI (4.4). ECVI es igual al valor anterior más un factor de empleos por construcción de vivienda ECV multiplicado por la unidad de tiempo BT y por la tasa de construcción de vivienda CV, pero con una demora ocasionada por 1/STAV que es el tiempo aproximado en que las personas se deciden a construir y contratar. (4.5) y (4.6). El empleo por dotación de servicios tiene el mismo tratamiento.

El empleo por servicios municipales (4.7) crece proporcionalmente a la población (datos de los censos). EIN el empleo por inversiones que es igual a los empleos anteriores más el tiempo DI por la tasa de aumento de inversión menos la tasa de disminución de inversiones.

La tasa de aumento de empleo por inversiones (4.9) esta dada por la tasa normal de inversión ININ de los censos entre el factor de empleos -- por unidad de inversión por un factor experimental ECIN que permite modificar la tasa.

La ecuación (4.10) se refiere a la disminución de empleo por disminu-- ción de inversión y es análoga a la ecuación (4.9).

Para determinar el empleo fuera del Municipio (4.11) se multiplica la población en el instante considerado por el factor FEX calculado de los censos. Por lo tanto la oferta de empleo (4.12) es igual al valor inicial más el tiempo por la generación de empleo.

La demanda de empleo (4.13) es igual a la demanda anterior por el tiempo por la tasa de población que busca empleo TSEDI menos la tasa de población que se retira TRE.

TSEDI se calcula multiplicando la población en el tiempo considerado -- por un factor FP para calcular a la población económicamente activa. -- La tasa de retiro es esta población entre el número de años promedio -- que las personas permanecen empleadas. De estos valores se calcula RE- (4.16) que da la relación oferta demanda para usarse en la tabla del -- multiplicador por empleo. Si la oferta (No. de empleados disponibles) -- aumenta el multiplicador disminuye y si la oferta disminuye el multipli-- cador aumenta.

5. Sector de Impuestos: Se hicieron simplificaciones: Los impuestos -- necesarios (5.0) están dados por la suma del gasto público GP (5.1) más el capital necesario para satisfacer servicios (5.2). El gasto público se calcula en base a la población por un factor IGPP.

El capital para servicios se calcula con las viviendas construidas por-

un factor CHSV.

La aplicación de estos impuestos INA (5.3) es igual a los impuestos -- iniciales más una tasa de aplicación (IN-INA) con una demora TPIN, sien-- do TPIN el tiempo para aplicar los impuestos.

Los impuestos recaudados están dados en función de la población multi-- plicada por un factor IPP (obtenida por encuesta en el sitio) y un fac-- tor experimental FA2 que permite variar la recaudación, o lo que es lo -- mismo aumentar o disminuir los impuestos.

Se incluyó un medidor de eficiencia de los impuestos (5.5) como entrada a la tabla del multiplicador por impuestos MPIT, cuando los impuestos -- aumentan el atractivo disminuye.

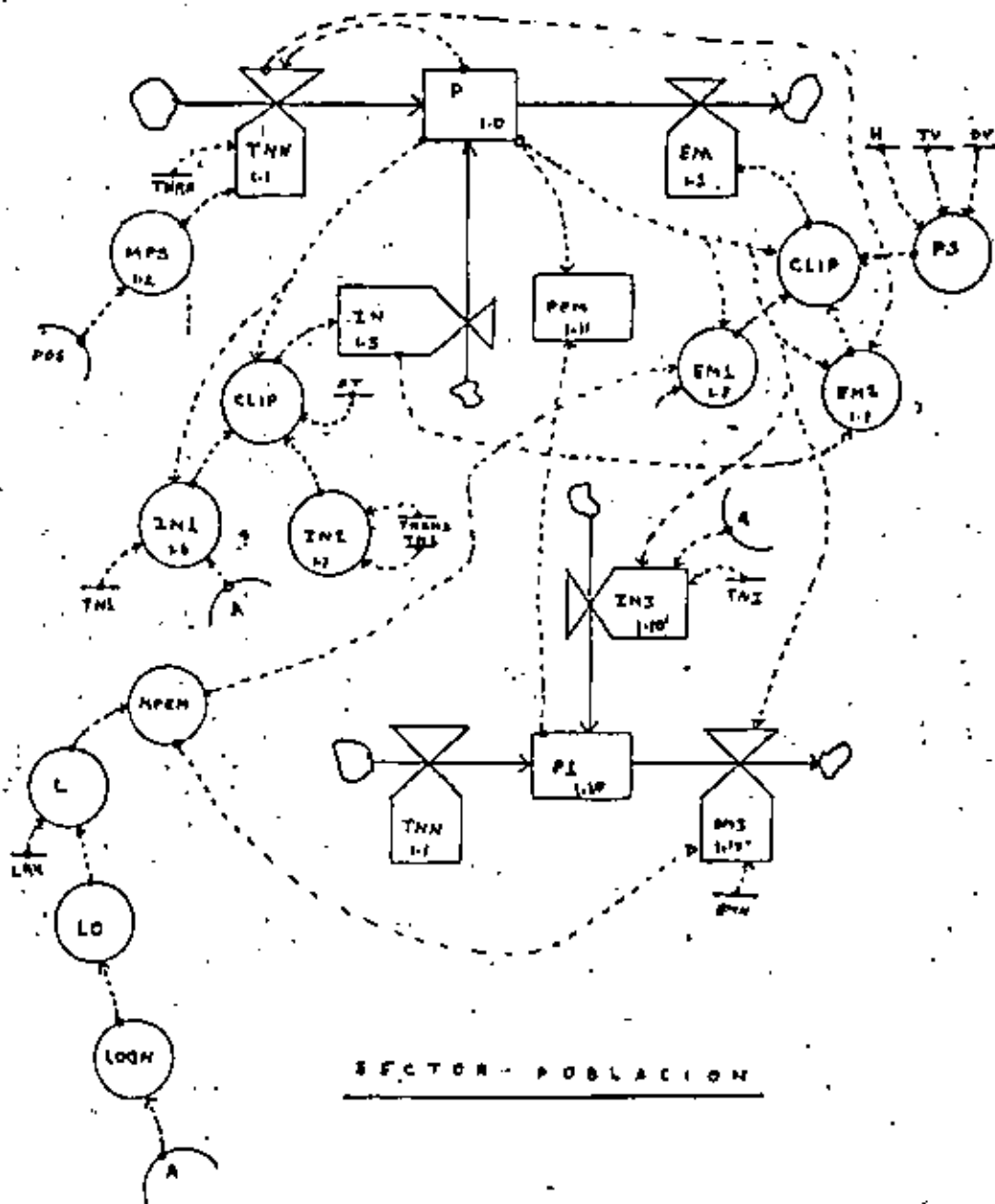
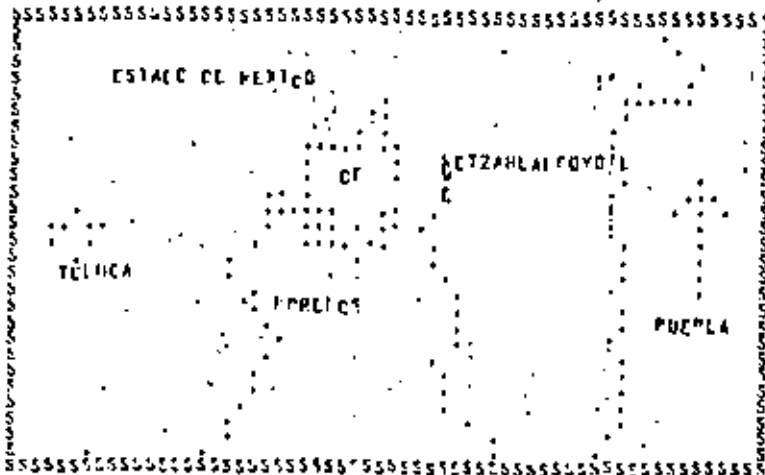
6. Atractivo: Está dado como el producto de todos los multiplicadores -- y uno experimental MEX, para ajustar la escala.

RUMPOGHS P670727708 DYNAMP LEVEL DT54541
 INPUT PHASE REG16 AT 15126 16

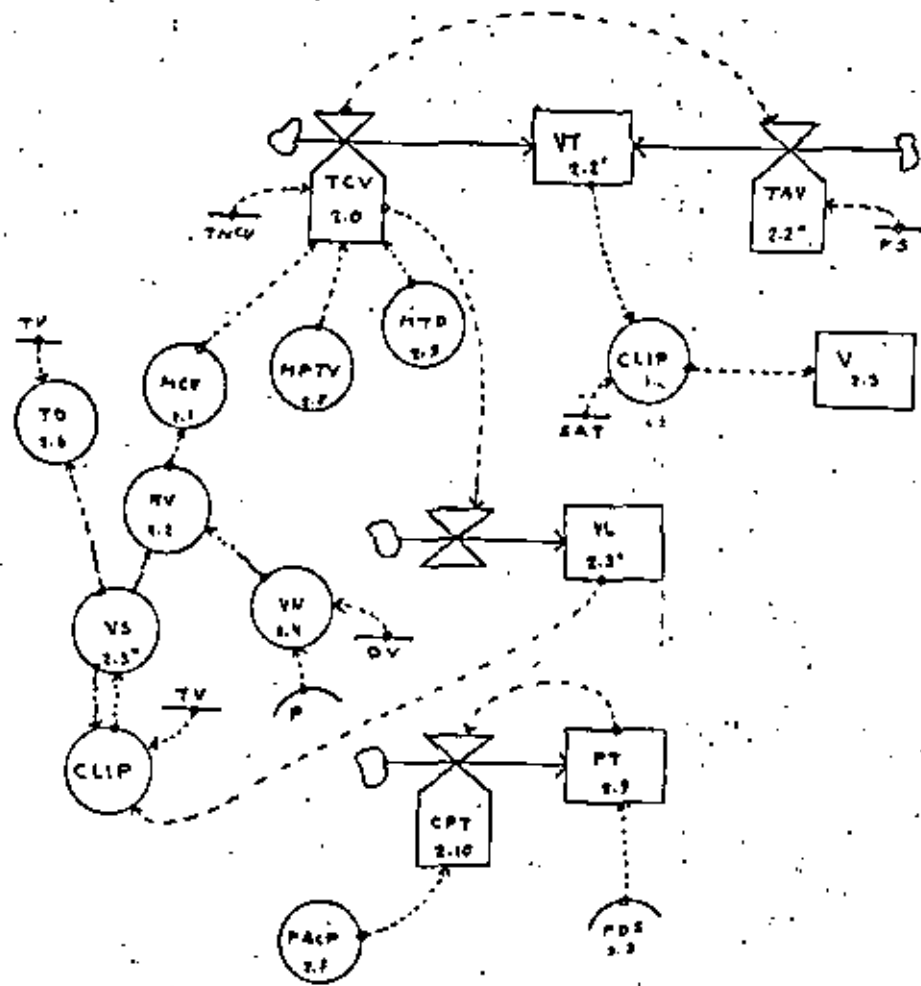
FRANCISCO GARCIA
 FRANCISCO GARCIA
 PUN PGL

FRANCISCO JOSE ALVAREZ CASO

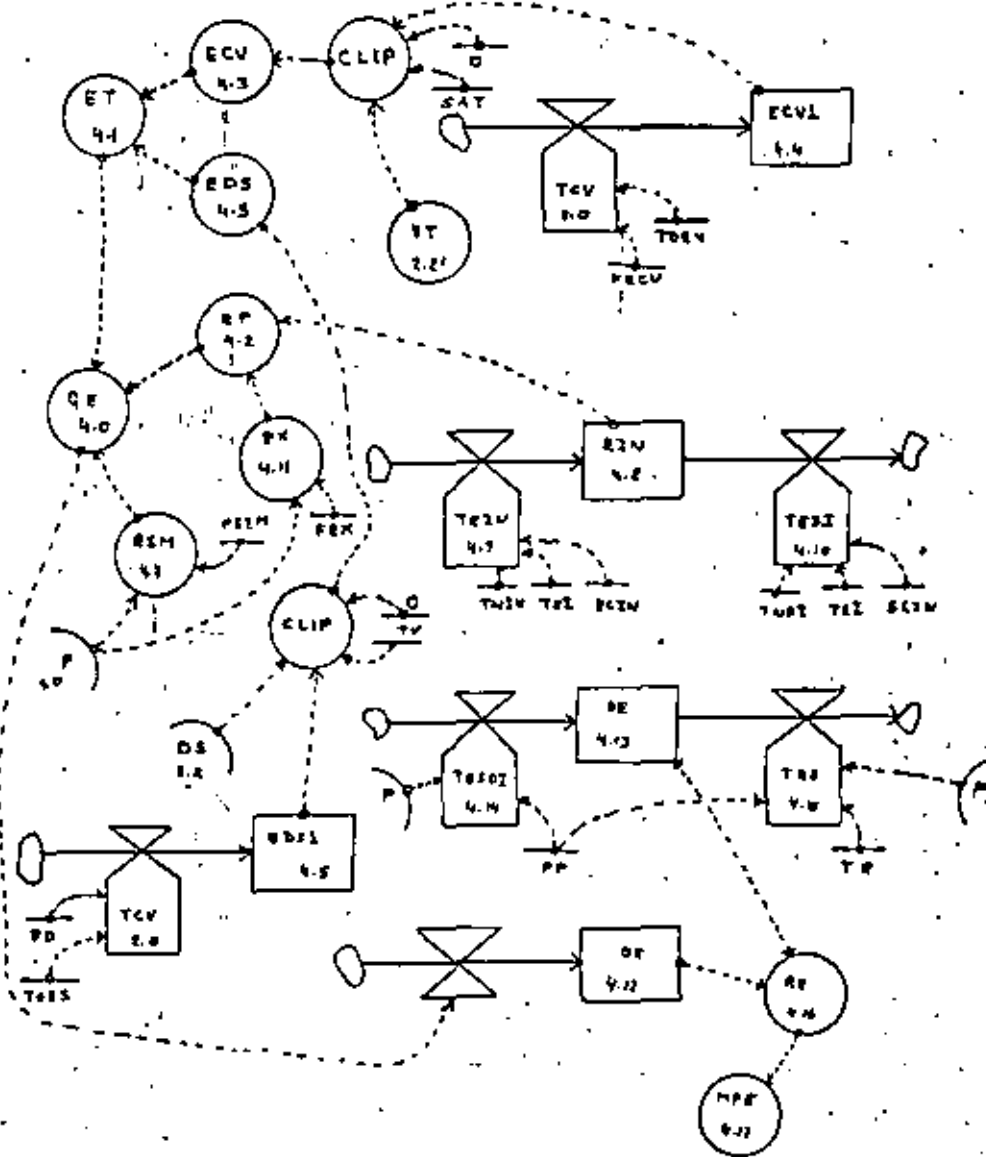
ESTRUCTURA FÍSICA DE UN MODELO
 DINÁMICO DE SIMULACIÓN URBANA
 APLICADO A CIUDAD ATZAHUALCOYOTL
 CON LOS DATOS DE LOS CENSOS DE
 1 9 7 0



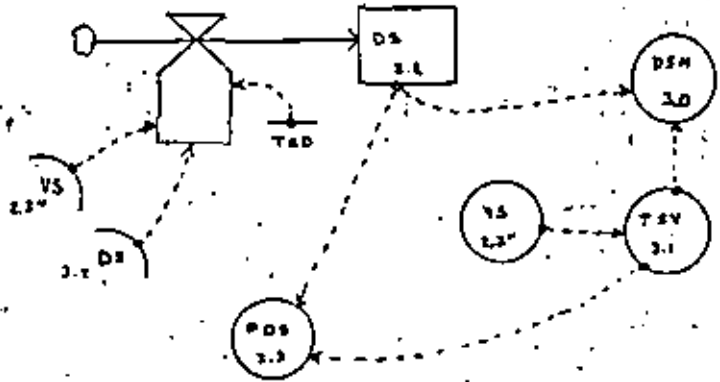
SECTOR - POBLACION



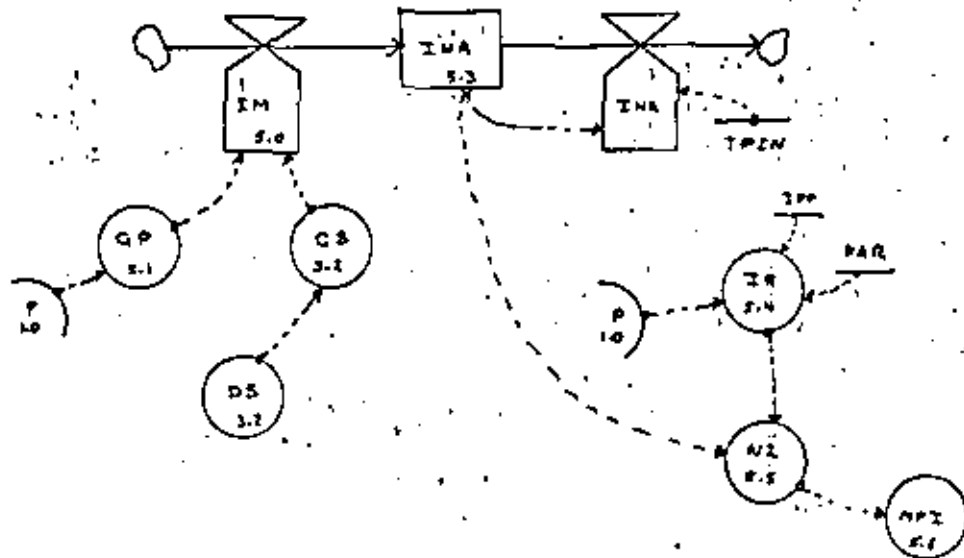
SECTOR VIVIENDA



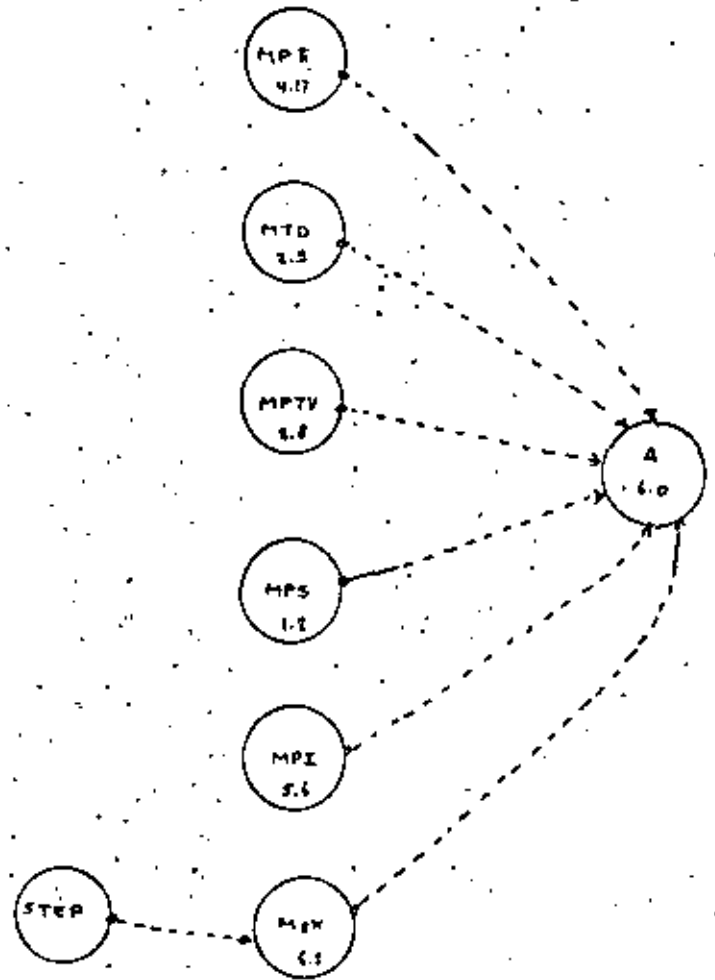
SECTOR EMPLEO



SECTOR SERVICIOS

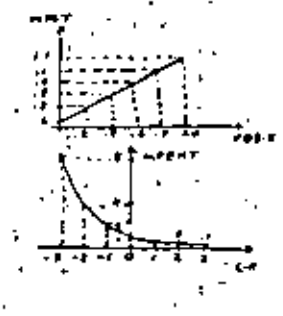


SECTOR IMPUESTOS



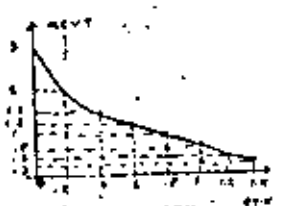
1. SECTOR POPULATION

- P.L.K=P.J*(C1.2)(P.JK+1)(JN+2)(JN) (1.0)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (1.1)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (1.2)
- ES.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (1.3)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (1.4)
- L.P.H=C(L.A)(L.E.P) (1.5)
- L.Q.K=L(Q.F)(K.A) (1.6)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (1.7)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (1.8)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (1.9)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (1.10)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (1.11)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (1.12)

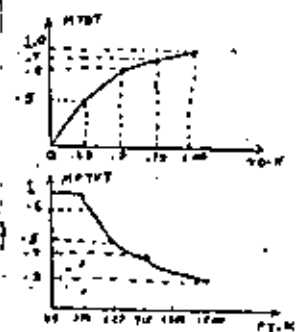


2. SECTOR VIVIFERUA

- TCV.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (2.0)
- TCV.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (2.1)
- V.V.K=VS.K/VN.K (2.2)
- VT.K=VT.J*(C1.2)(CTCV.J)(ATV.J) (2.2')
- TAV.P.L=CTCV.J(CP.S) (2.2'')
- V.V.K=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (2.3)
- VT.K=VT.J*(C1.2)(CTCV.J) (2.3')
- VS.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (2.3'')



- VN.K=P.K/VN.K (2.4)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (2.5)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (2.6)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (2.7)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (2.8)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (2.9)
- TR.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (2.10)



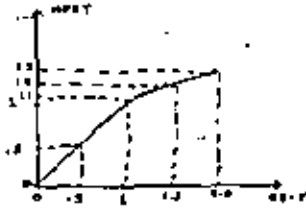
3. SECTOR SERVICES

- DS.K=VS.K/VS.K (3.0)
- VS.K=VS.K (3.1)
- DS.K=VS.K*(C1.2)(CTCV.J)(VS.J)(DS.J) (3.2)
- VS.K=VS.K/VS.K (3.3)

4. SECTOR EMPLEO

- GL.K=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (4.0)
- LT.K=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (4.1)
- EP.K=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (4.2)
- TCV.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (4.3)
- TCV.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (4.4)
- TCV.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (4.5)
- TCV.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (4.6)
- TCV.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (4.7)
- TCV.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (4.8)
- TCV.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (4.9)
- TCV.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (4.10)
- TCV.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (4.11)
- TCV.P.L=CTEPI(CP.S,K)(CP.K) (4.12)

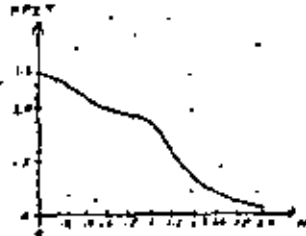
DE=K*DE*(1+DT)*(TSED)*J*(1-TRC)*K
 TSED=PL*(1+DT)*K
 TRC=PL*(1+DT)*K/TR
 KE=K*DE*(1+DT)*K
 KPE=K*(1+DT)*K*(1+TR)*K*(1+DT)*K
 KPE=K*(1+DT)*K*(1+TR)*K*(1+DT)*K



(4.13)
 (4.14)
 (4.15)
 (4.16)
 (4.17)

5. SECTOR EMPLEOS

IR=K*GF*(1+DT)*K
 GR=K*(1+DT)*K
 CS=K*(1+DT)*K
 IA=K*(1+DT)*K
 IA=K*(1+DT)*K
 IR=K*(1+DT)*K
 IR=K*(1+DT)*K
 IR=K*(1+DT)*K
 IR=K*(1+DT)*K



(5.0)
 (5.1)
 (5.2)
 (5.3)
 (5.4)
 (5.5)
 (5.6)

6. ATRACTIVO

A=K*(1+DT)*K*(1+DT)*K*(1+DT)*K
 A=K*(1+DT)*K*(1+DT)*K*(1+DT)*K

(6.0)
 (6.1)

7. PARAMETROS

1.1	TASA META COMUAL DE RACIONTOS
1.2	TASA DE EMIGRACION LOCAL
1.3	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
1.4	TASA DE SATURACION POR CIV. CONSTR.
1.5	CAPACIDAD DE LA TASA DE EMIGRACION
1.6	TASA DE EMIGRACION LOCAL
1.7	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
1.8	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
1.9	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.0	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.1	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.2	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.3	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.4	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.5	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.6	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.7	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.8	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.9	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
3.0	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION

TRC=K	4.4	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	4.7	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	4.8	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	4.9	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	5.0	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	5.1	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	5.2	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	5.3	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	5.4	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	5.5	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	5.6	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	5.7	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	5.8	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	5.9	TASA DE EMIGRACION LOCAL
TRC=K	6.0	TASA DE EMIGRACION LOCAL

8. CONDICIONES INICIALES

1.1	TASA META COMUAL DE RACIONTOS
1.2	TASA DE EMIGRACION LOCAL
1.3	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
1.4	TASA DE SATURACION POR CIV. CONSTR.
1.5	CAPACIDAD DE LA TASA DE EMIGRACION
1.6	TASA DE EMIGRACION LOCAL
1.7	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
1.8	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
1.9	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.0	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.1	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.2	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.3	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.4	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.5	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.6	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.7	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.8	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
2.9	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
3.0	TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION

9. ESPECIFICACIONES DEL MODELO

```

PRINT 1) TASA META COMUAL DE RACIONTOS
PRINT 2) TASA DE EMIGRACION LOCAL
PRINT 3) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 4) TASA DE SATURACION POR CIV. CONSTR.
PRINT 5) CAPACIDAD DE LA TASA DE EMIGRACION
PRINT 6) TASA DE EMIGRACION LOCAL
PRINT 7) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 8) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 9) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 10) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 11) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 12) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 13) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 14) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 15) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 16) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 17) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 18) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 19) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 20) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 21) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 22) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 23) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 24) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 25) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 26) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 27) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 28) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 29) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
PRINT 30) TASA DE EMIGRACION DE EMIGRACION
    
```

SMFC PLTPER=1

10- P O L I T I C A S

- RUN P0L1
POLITICA 1 SE CAMBIA EL FACTOR EXPERIMENTAL DE CAMBIO EN
INVERSIONES AL PUNTO EMPLEO POR DOBLE INVERSION
FCFM=2
- RUN P0L2
POLITICA 2 DIMENSIONES DEL GOBIERNO PARA DOTAR DE SERVICIOS
A LA POBLACION EN LA ECUACION (3-2) SE SUSTITUYE TSDV12 POR 6
TSDV2
- RUN P0L3
POLITICA 3 ALBERTO DEL EMPLEO EXCEDE 1/2
EXPC=18
- RUN P0L4
POLITICA 4 CREACION DE INDUSTRIA NUEVA CON TECNOLOGIA ESPECIAL
QUE ABSORBE ALGUN P. O. Y EL CAMBIO
TCI=1000
- RUN P0L5
POLITICA 5 ALBERTO INFIESTOS AL DOBLE
TAP2=1
- RUN P0L6
POLITICA 6 VECA EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS AL LLEGAR AL
2/3 DE LA CAP. MAX DE VIVIENDAS
TVI=1/2
- RUN P0L7
POLITICA 7 TODAS LAS ANTERIORES A LA VEZ

ICTM=2
TSDV2
TSDV1
TSDV10
TSDV12
TSDV125
TSDV1000

11- TENDENCIA DEL MODELO

- A ATRACTIVO
- CAPI TAL RECREACION POR VIV. PARA TENER SERVS COMPLETOS
- CAPI TAL PARA RECREACION DE LA TIERRA
- CAPI TAL PARA RECREACION
- DEMANDA DE EMPLEO
- DEMANDA SALUDABLE
- DEMANDA DE SERVICIOS
- DEMANDA DE VIVIENDA
- FACTO R EXPERIMENTAL
- EMPLEO POR CONSTRUCCION DE VIVIENDA
- EMPLEO POR CONSTR. VIV.
- EMPLEOS GENERADOS POR SERVICIOS
- EMPLEO POR DEMANDA DE SERVICIOS
- ECS
- EMPLEO POR INVERSIONES
- TASA DE EMIGRACION
- TASA DE EMIGRACION NORMAL
- TASA DE EMIGRACION CON VIVIENDA SUFICIENTE
- TASA DE EMIGRACION CON VIVIENDA INSUFICIENTE
- EMPLEO TEMPORAL
- EMPLEOS EN SERVICIOS DEL MUNICIPIO
- EMPLEO TEMPORAL
- FACTO R DE ALBERTO DE EMPLEOS
- FACTO R DE CAMBIO EN EL FACTO R DE LA TIERRA
- FACTO R DE EMPLEO POR CONSTR. DE VIVIENDA
- FRACCION DE LA POBLACION EN EMPLEO CRONIC
- FRACCION MAX. CALC. PUNTO DE ACC.
- FACTO R DE CAMBIO EN TASA DE CONSTR. POR SATURACION
- FACTO R DE EMPLEO POR SERVS DEL MUNICIPIO
- TASA DE EMIGRACION EN EMPLEO
- CAPIT. PUBLICO
- FACTO R DE EMPLEO EN EL MUNICIPIO
- IMPUESTOS POR EMPLEO PUBLICO
- IMPUESTOS POR EMPLEO
- TASA DE INMIGRACION
- IMP.
- TASA DE INMIGRACION HASTA SATURACION TIERRA
- TASA DE INMIGRACION APLICACION VIVIENDAS
- IMPUESTOS APLICACIONES
- IMPUESTOS POR PERSONA POR AÑO
- IMPUESTOS RECAUDADOS
- EQ. EN 2 DEL ATRACTIVO
- EMPLEO POR CONSTRUCCION DE VIVIENDA
- EMPLEO EXPERIMENTAL
- EMPLEO POR EMPLEO
- EMPLEO POR EMPLEO

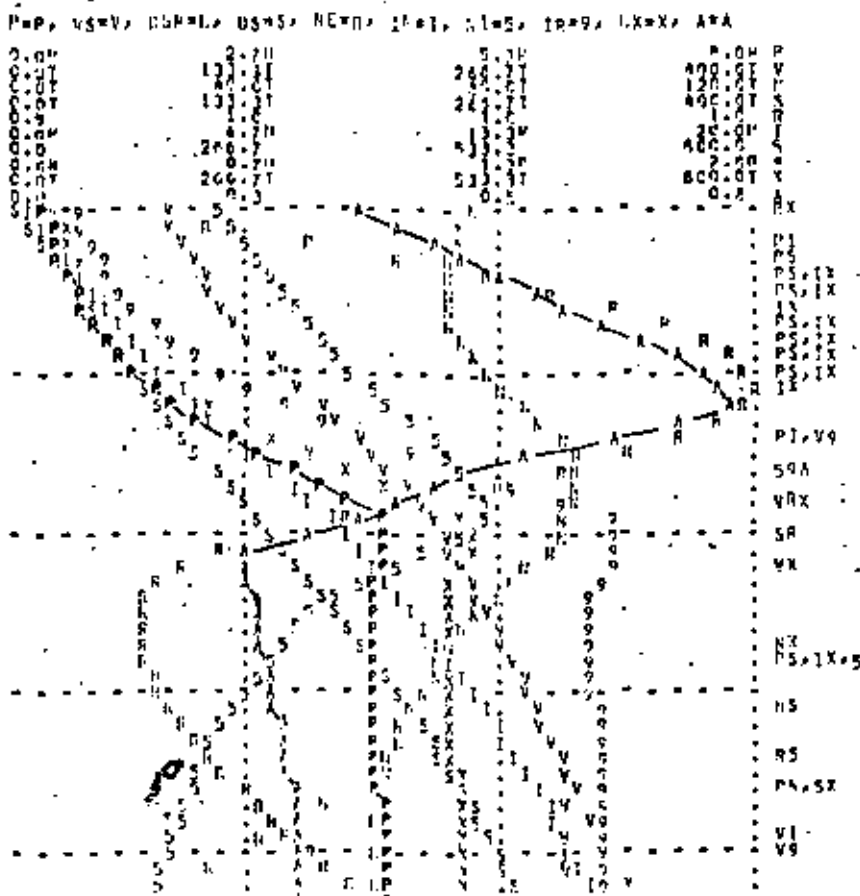
PAGE 3

POL

TIME	Y	P	I	TCU	TAV	CSU	ELU	IR	UPI
	Y	P	I	TCU	TAV	CSU	ELU	IR	UPI
30.000	86	86	86	86	86	86	86	86	86
36.000	80	80	80	80	80	80	80	80	80
42.000	81	81	81	81	81	81	81	81	81

PAGE 4 POL

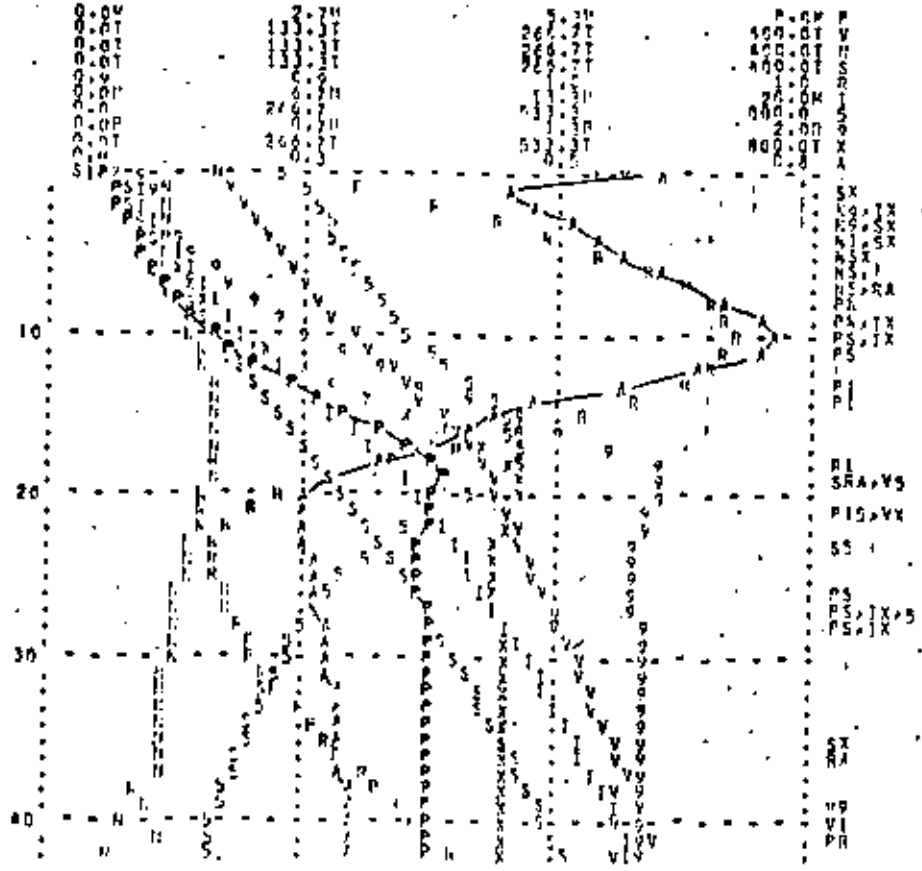
BEGAN PLOTTING AT 10:59.000, 26 JUNE 1978



PAGE 8 POL1

BEGAN PLOTTING AT 15154.3647, 28 JUNE 1978

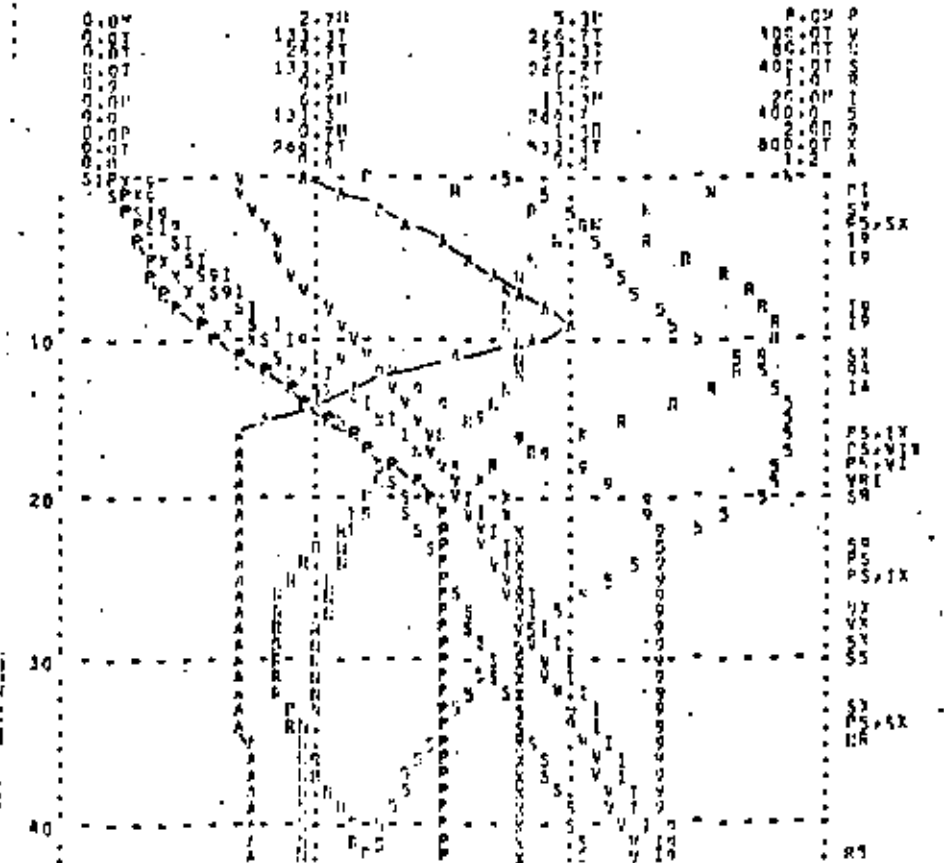
P=P, VS=V, DSN=, DS=5, RE=R, IP=1, AI=5, IR=9, LXX=, A=



PAGE 12 POL2

BEGAN PLOTTING AT 15154.4447, 28 JUNE 1978

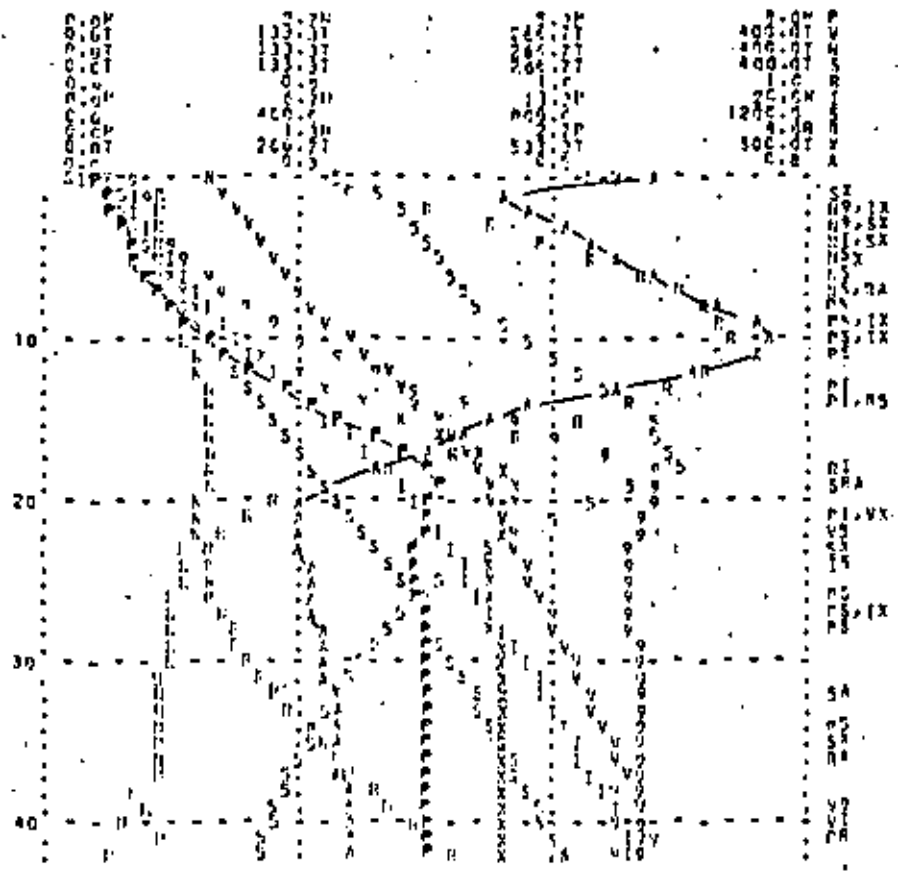
P=P, VS=V, DSN=, DS=5, RE=R, IP=1, AI=5, IR=9, LXX=, A=



PAGE 24 PDL5

BEGAN MEETING AT 16100-1731 28 JUNE 1978

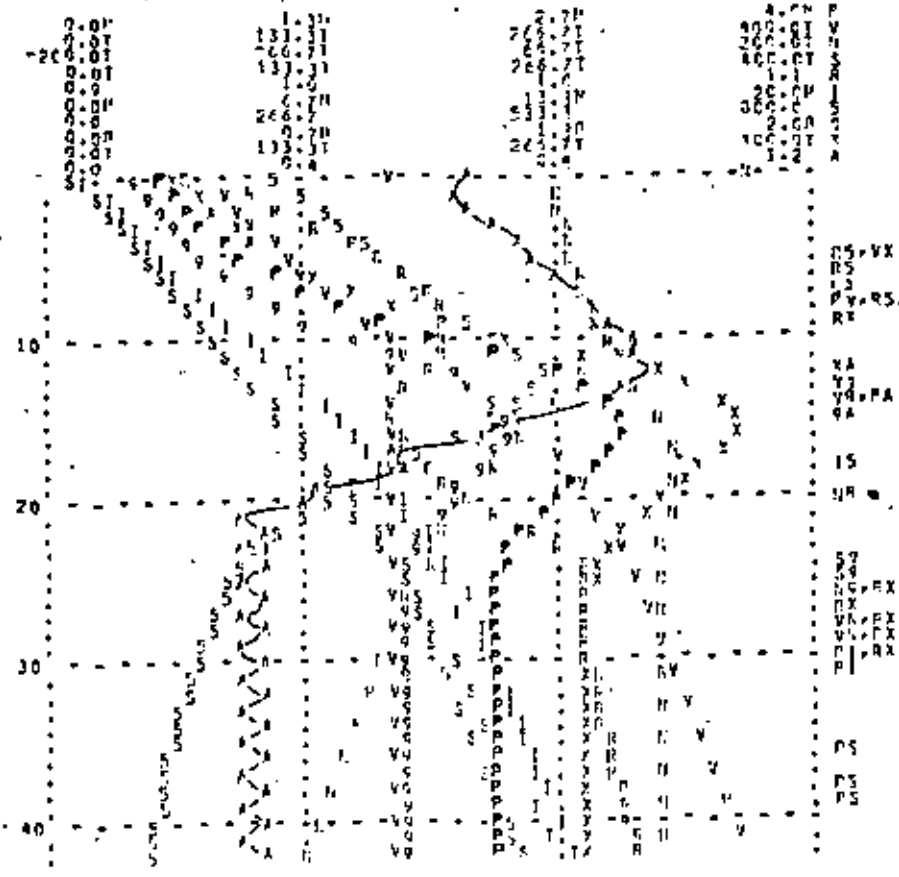
Pop, VS=V, US=H, DS=S, RC=K, IP=I, KLS, JNR, LXY, AKA



PAGE 24 PDL6

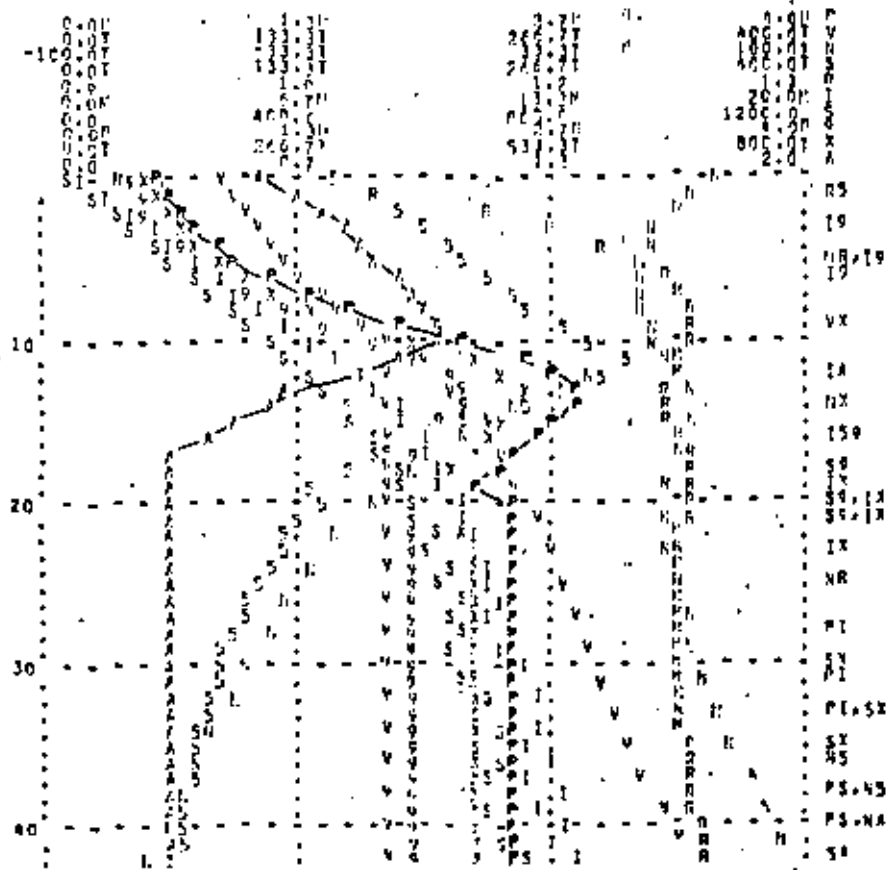
BEGAN MEETING AT 16100-1731 28 JUNE 1978

Pop, VS=V, US=H, DS=S, RC=K, IP=I, KLS, JNR, LXY, AKA



SEGAL PLOTTING AT 16100.0731, 28 JUNE 1978

P=P, VS=V, US=U, NS=N, RS=R, HS=H, IS=I, OS=O, AS=A



BIBLIOGRAFIA

1. Lippitt Ronald, Watson Joanne y Westley Bruce
La Dinámica del Cambio Planificado.
Amarrotu Editores, Edición única.
Argentina 1958
310 p.p.
2. Kenneth Berlan F.
General and Social Systems
Rutgers University Press 2a. Edición.
New Brunswick, New Jersey 1968
231 p.p.
3. Marroquín Alejandro Dagoberto Dr.
Estudios Sociológicos (Sociología Económica)
Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM.
Quinto Congreso Nacional de Sociología
Guajuato 1954
418 p.p.
4. Ander-Egg Ezequiel
Introducción a las Técnicas de Investigación Social.
Colección Guidance
Editorial Humanitas Sa. Edición.
Buenos Aires, 1976
336 p.p.

5. Beer Stafford
Platform for Change
John Wiley & Sons
Great Britain, 1975
475 p.p.
6. Emery F. E.
Systems Thinking
Penguin Modern Management Readings
Editorial F.E. Emery
Great Britain, 1975
393 p.p.
7. Isard Walter
Introduction to Regional Science
Prentice Hall, 2a. Edición.
Englewood Cliffs, N.J., 1975
506 p.p.
8. Isard Walter
Introduction to Regional Science, New Concepts for
Analyzing Urban and Regional Economic and Social Problems
Prentice Hall, 1a. Edición
Englewood Cliffs, N.J., 1975
734 p.p.
9. Ackoff Russel Lincoln
Re-designing the Future
(A Systems Approach to societal Problems).
John Wiley & Sons.
University of Pennsylvania, 1974
260 p.p.
10. Kintoching Donald A y Silvers Arthur L.
Urban Planning Analysis: Methods and Models
John Wiley & Sons, 1a. Edición
Canada, 1974
426 p.p.
11. Longnecker Justin G.
Principles of Management and Organizational Behavior
Charles E. Merrill Publishing Co. 2a. Ed.
Columbus Ohio, 1969
771 p.p.
12. J.M.D. Little and J. A. Mirreles
Project Appraisal and Planning for Developing Countries
McGraw-Hill International Books
Great Britain, 1974
348 p.p.
13. Gavin H. Dunmyr
The Village of Human Life
The Scottish Press Ltd.
University of Aberdeen, Scotland
Great Britain, 1977
165 p.p.

14. Alomar Gabriel
Sociología Urbanística
Aguilar, 2a. Edición
Madrid, 1961
121 p.p.
15. Mc Loughlin J. Brian
Urban and Regional Planning a Systems Approach
Liber, 1a. Edición
Great Britain, 1971
170 p.p.
16. Mesarovic Mihajlo D.
Systems Approach and the City
North Holland Publishing Co., 1a. Edición
Amsterdam, 1972
481 p.p.
17. De Neufville Richard y Stafford Joseph H.
Systems Analysis for Engineers and Planners
McGraw-Hill Book Co. 1971
351 p.p.
18. De Neufville Richard y H. Marks David
Systems Planning and Design
Prentice Hall, 1a. Edición
Englewood Cliffs, N.J., 1974
438 p.p.
19. Anderson Iols
The Urban Community
Derry Holt and Co.
New York, 1959
500 p.p.
20. Laris Castilla Francisco Javier
Administración Integral
México, D.F., 1966
279 p.p.
21. Central Planning Bureau
Scope and Methods of the Central Planning Bureau
La Hay 1957
83 p.p.
22. Mishan C. J.
Economics for Social Decisions
Praeger Publishers, 2a. Edición
New York, 1974
76 p.p.
23. Secretaria Gest. D.F.E.
Investigación de los Recursos Fisicos para el Desarrollo Económico
Washington, D.C., 1969
463 p.p.

24. O'Brien James J.
Scheduling Handbook
Mc Graw Hill Book Co.
Cherry Hill New Jersey, 1969
605 p.p.
25. George Pierre.
Geografía Urbana
Colección Elcano
Editorial Ariel 3a. Edición
Barcelona 1974
281 p.p.
26. L. Martín, L. March, M. Echenique
La Estructura del Espacio Urbano
Edición Gustavo Gili, S.A.
Barcelona, 1975
377 p.p.
27. Aden B. Meinel y Marjorie P. Meinel
Applied Solar Energy
Addison Wesley Publishing Co., 2a. Edición.
University of Arizona, 1977
651 p.p.
28. Claire W.H.
Handbook on Urban Planning
Van Nostrand Reinhold Co.
New York, 1973
388 p.p.
29. Forrester Nathan B.
The Life Cycle of Economic Development
Wright Allen Press, Inc.
Cambridge Massachusetts, 1973
194 p.p.
30. Danda Benito Enrique
Las Obras y Servicios Municipales en la Rep. Mex.
1975 Univ. Econ. Mex. Economía, 1960
121 p.p.
31. Holland Edward P.
Center for Int. Studies Cambridge Massachusetts, 1960
A Model for Simulation Dynamic Problems of Economic Development
203 p.p.
32. Rojas Soriano Raúl
Guía para analizar Investigaciones Sociales
UNAM, 1977
262 p.p.
33. Forrester Nathan B.
Urban Dynamics
The M.I.T. Press, 1969
216 p.p.

34. J. Mass Nathaniel
Readings in Urban Dynamics Vol. 1
Wright Allen Press
Cambridge Massachusetts, 1974
303 p.p.
35. H. Taylor Thomas
Computer Simulation Experiments with Models of Ec. Sysys.
John Wiley & Sons, Inc., 1971
502 p.p.
36. Rittel Horst W. J. y Webber Solvin M.
Dilemas in a General Theory of Planning
Systems and Management Journal 1974
Tecnopoli Books 1a. Edición
New York - 1974
(Capítulo 32, págs. 219-233)
37. John P. Van GIGHE.
Applied General Systems Theory
Harper & Row, Publishers, 1a. Edición
New York - 1974
438 p.p.
38. J. Daniel Casper y Robert W. Knapp
Systems Analysis Techniques
John Wiley & Sons
New York.
509 p.p., 1974
39. Nathaniel J. Mass
Readings in Urban Dynamics Vol. 1
Wright Allen Press, Inc.
Cambridge Massachusetts
303 p.p., 1974
40. Edward B. Roberts
Managerial Applications of Systems Dynamics
The MIT Press
Cambridge Massachusetts
669 p.p., 1978
41. Geoffrey Gordon
Systems Simulation
Prentice Hall Inc.
203 p.p., 1969
42. Bayler, Patricia, Rittel, Peng Chu.
Computer Simulation Techniques
John Wiley
310 p.p., 1966

UN MODELO ECOLOGICO

Veamos la descripción original del problema de los conejos y los coyotes cuya población oscila, esta formulación fue hecha por Volterra. Los conejos se alimentan de la vegetación y los coyotes de los conejos.

Sea $N(t)$ = número de conejos en el instante t
 $Y(t)$ = número de coyotes en el instante t .

El modelo se representa por un sistema de ecuaciones diferenciales:

$$\frac{dN(t)}{dt} = a N(t) - b N(t) Y(t)$$

$$\frac{dY(t)}{dt} = c Y(t) + d N(t) Y(t)$$

Las constantes a, b, c y d son positivas.

Cuando no hay coyotes $Y(t) = 0$ entonces:

$$\frac{dN(t)}{dt} = a N(t)$$

$$\frac{dN(t)}{N(t)} = a dt; \quad \frac{dN(t)}{N(t)} = a$$

sacando logaritmos:

$$\text{Log } N(t) = at + \text{Log } C$$

$$= \text{Log } e^{at} + \text{Log } C$$

$$N(t) = C e^{at} \quad \text{si } t=0, N(0) = C$$

$$\frac{N(t)}{N(0)} = \frac{C e^{at}}{C} = e^{at}$$

Veamos el caso de que no haya conejos o sea $N(t) = 0$.

$$\frac{dY(t)}{dt} = -C Y(t)$$

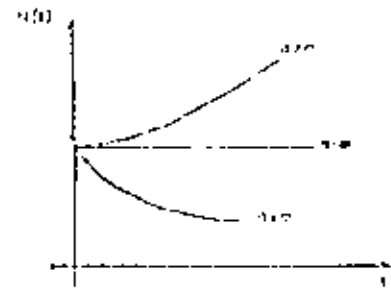
$$\frac{dY(t)}{Y(t)} = -C dt$$

$$\text{Log } Y(t) = -Ct + \text{Log } F$$

$$= \text{Log } e^{-Ct} + \text{Log } F$$

$$Y(t) = F e^{-Ct} \quad \text{si } t=0, Y(0) = F$$

$$\frac{Y(t)}{Y(0)} = e^{-Ct}$$



Cuando hay conejos y coyotes presentes bajo la hipótesis de movimientos aleatorios, la frecuencia de encuentros entre las poblaciones es proporcional al producto de ambas, esto lo plantean los segundos términos de las ecuaciones diferenciales.

Esta solución al problema nos permite conocer el número de coyotes y conejos en un instante t aplicando las formulas anteriores.

Veamos otra forma de resolver el problema usando el método de la simulación dinámica para examinar el comportamiento de sistemas complejos como es la relación predator presa que se da entre conejos y coyotes.

Veamos los pasos para realizar el estudio:

- 1) Decisión sobre el objetivo del estudio y sus limitaciones estableciendo las fronteras del sistema.
- 2) Descripción de la estructura, su interrelación y la causalidad o diagrama causal y un diagrama de flujo inicial básico.
- 3) Construcción del modelo de simulación expresando adecuadamente cada parte.
- 4) Bajar el procesamiento en computadora para hacer que los actores desempeñen sus papeles, simultáneamente y desarrollen cierto comporta-

miento.

- 5) Observación del comportamiento para poder realizar manipulaciones en la estructura del modelo para producir el comportamiento deseado.

DESARROLLO:

PASO 1. Objetivo: Ilustrar la técnica de la simulación, dinámica mostrando la complejidad de un sistema relativamente simple, al tratar de establecer las fronteras del sistema, surgen las siguientes consideraciones:

1. Las interacciones se dan en una superficie de suelo fija y definida.
2. Los conejos y los coyotes deben contarse.
3. Los conejos y los coyotes tienen una relación presa-predador.
4. La superficie de suelo tiene una capacidad limitada para producir alimento para los conejos.

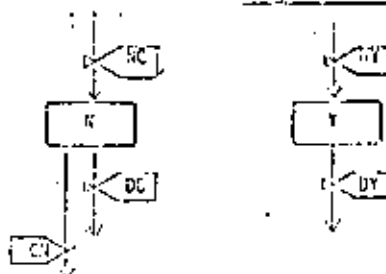
Escogeremos arbitrariamente una superficie de 1 km², 200 conejos y 5 coyotes como la población normal existente.

PASO 2. Vamos a describir la estructura del modelo y su interacción, a la descripción lo llamamos modelo anecdótico:

Los coyotes se reproducen y mueren dependiendo de su alimentación así como los conejos, pero los conejos además sirven de alimento a los coyotes. Los conejos se reproducen hasta un límite establecido por la cantidad de comida disponible.

La reproducción de ambos se da, en condiciones normales cuando el alimento es suficiente, así como las defunciones, pero cuando escasea el alimento, estas condiciones normales cambian, alterando las poblaciones.

Diagrama Preliminar de Flujo



Nomenclatura

Especie	Tasa de Nacimiento	Tasa de Defunción	Población Actual	Actual
Conejos	NC	DC	N	Plantas
Coyotes	NY	DY	Y	N

Explicación del Diagrama Preliminar de Flujo

Los conejos nacen NC y se acumulan en N esta población N se ve disminuida por S de defunciones DC o por X de consumo por coyotes-CC.

Los coyotes, nacen NY y se acumulan en Y esta acumulación se ve disminuida por defunciones DY.

Por lo:

- 1) Las defunciones de los conejos dependen del tamaño de la población, si hay más conejos que lo normal no alcanza la comida para los conejos recién nacidos y mueren disminuyendo la población.
- 2) El consumo de conejos CC depende del número de coyotes, de su apetito, de la frecuencia del consumo y del tamaño de la población de conejos.
- 3) El nacimiento de coyotes y las defunciones, ocurren en condiciones que

tengan alimento suficiente.

Estructura Causal.

Nombre	Clave
Población de Conejos	N
Incremento de Conejos	NC
Defunción de Conejos	DC
Densidad de Conejos	DOC
Alimento de Conejos	AC
Población de Coyotes	Y
Incremento de Coyotes	NY
Defunción de Coyotes	DY
Densidad de Coyotes	DOCY
Consumo de Conejos	CC
Quantía de Coyotes	AY
Frecuencia de Consumo	FC

Se sigue el sentido de la flecha si la variable en la cola aumenta y la variable de la punta aumenta o si la variable de la punta disminuye el signo es -

Diagrama Causal

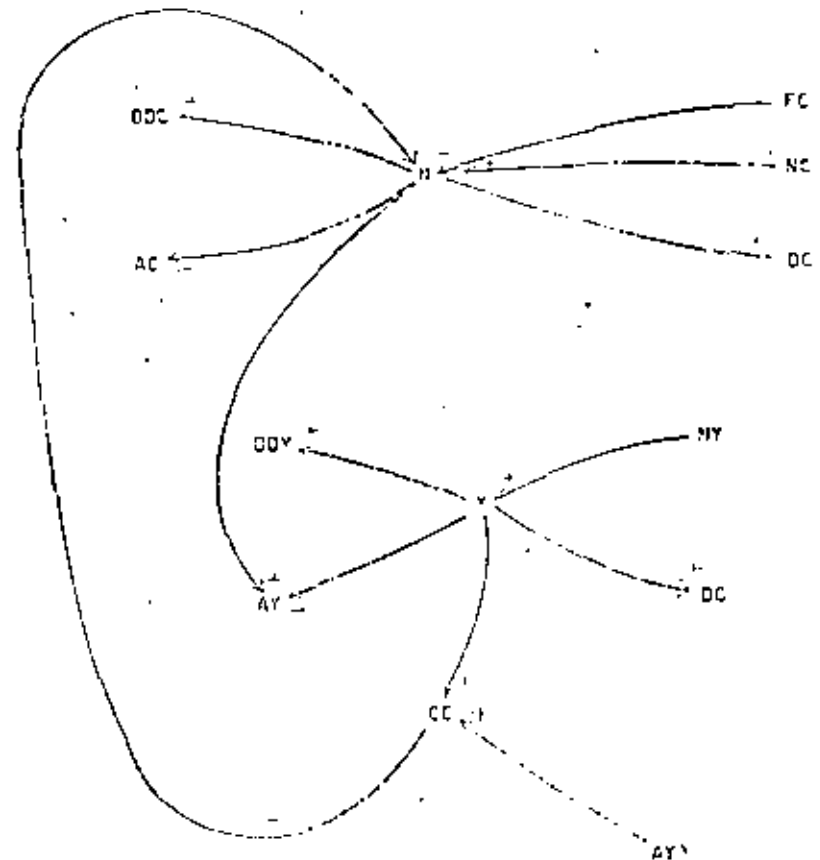
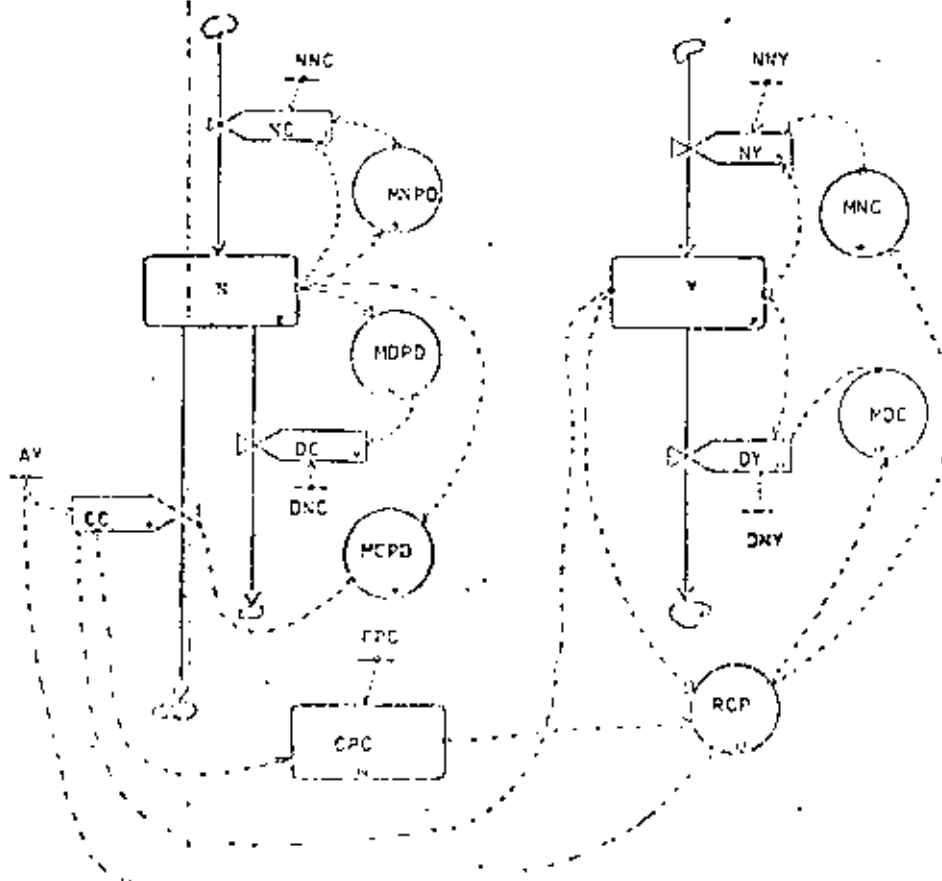


Diagrama DYNAMO



MCPD. Multiplicador de nacimientos por densidad de conejos. Cuando la densidad aumenta los nacimientos disminuyen.

MOPD. Multiplicador de defunciones por densidad. Al aumentar la densidad de conejos las defunciones aumentan.

MCPD. Multiplicador de Consumo de conejos por densidad. Al aumentar la densidad aumenta el consumo de conejos por coyotes.

CPC. Consumo promedio de conejos.

FPC. Frecuencia promedio de consumo

MNC. Multiplicador de nacimiento por consumo. Al aumentar el consumo de conejos, aumenta la tasa de nacimientos de coyotes.

MDC. Multiplicador de defunciones por consumo. Al aumentar el consumo de conejos disminuyen las defunciones de coyotes.

RCP. Relación de consumo promedio de conejos.

PASO 3. Construcción del Modelo:

Suponemos una población normal de 200 conejos por kilómetro cuadrado, cada par de conejos. Lleva de 3 a 4 camadas por año, aproximadamente 5 conejos por camada o sea de 15 a 20 conejos por pareja o 2,5 a 10 conejos por conejo, tomaremos el valor de 8 conejos por conejo por año.

$$N_{t+1} = (N_t - K) (MNC) (MOPD - K) \quad (R)$$

$$MNC = B$$

MNC. Nacimiento de conejos (conejos/año)

N. Conejos

MNC. Nacimiento normal (conejos/conejo/año).

MOPD Multiplicador de Nacimientos por densidad (adimensional)

La ecuación (R) expresa: el nacimiento de conejos para el próximo período N_{t+1} es igual al total de conejos actuales (instante N_t) por el na-

cimiento normal de conejos en este caso escogimos 3 por el multiplicador de nacimientos por densidad, este último varia según la gráfica de MPPD VS N, entrando a la tabla con los valores de N en cada instante K e interpolando linealmente para determinar el valor de MPPD-K.

La siguiente ecuación 2L define el nivel de conejos o sea la población existente en el instante K.

$$N-K = N-J + (DT) (NC-JK - DC-JK - CC-JK) \quad 2L$$

N = 130 valor inicial

- N. Conejos
- DT. Amplitud del intervalo de calculo
- NC. Nacimientos (conejos/año)
- DC. Defunciones (conejos/año).
- CC. Consumo de conejos (conejos/año).

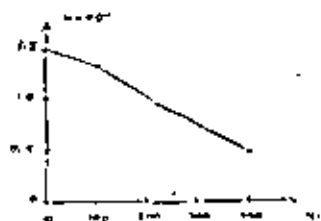
La ecuación dice: el número actual de conejos es igual al del periodo anterior (N-J) más el intervalo de tiempo (DT) que multiplica a la tasa de nacimientos menos la de defunciones menos la de consumo de conejos por coyotes.

Las ecuaciones de la gráfica 3 y 3' definen al multiplicador MPPD. La ecuación 3 dice, que el valor de MPPD-K esta dado en una tabla o gráfica donde el eje Y se llama MPPD y corresponde a valores de MPPD, en el eje X estan los valores N en cada instante y van de cero a 400 de cien en cien. La ecuación 3' define el valor del eje Y.

$$MPPD-K = TABLE (MPPDT, N-K, 0, 400, 100) \quad 3$$

$$MPPDT = 1.5/1.3/1.75/1.5 \quad 3'$$

- MPPD. Multiplicador de nacimientos de conejos por densidad de conejos.
- N. Conejos
- MPPDT. Valores de las tablas.



A medida que N-K aumenta disminuye el multiplicador de nacimientos por densidad.

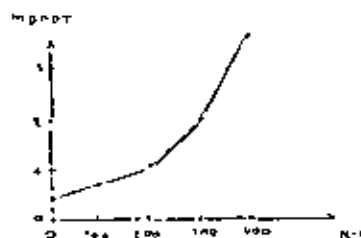
La ecuación 4 expresa que las defunciones de conejos normalmente valen - 1.5 conejos/conejo/año = DC por el número de conejos por el multiplicador de defunciones de conejos por densidad.

$$DC-KL = (N-K) (DC) (MPPD-K) \quad 4$$

$$DC = 1.5$$

$$MPPD-K = TABLE (MPPDT, N-K, 0, 400, 100) \quad 5$$

$$MPPDT = .4/1.6/1/2/3.5$$



Al aumentar el número de conejos N-K el multiplicador de defunciones de conejos por densidad - MPPD-K aumenta ya que escasea la comida y disminuye la salud de los conejos.

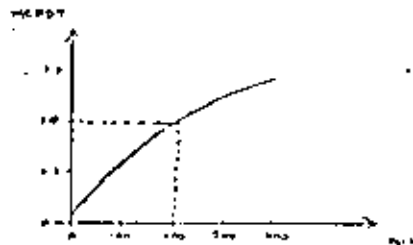
La ecuación 6 representa el consumo de conejos en conejos/año, los conejos son consumidos por los coyotes Y-X según su apetito AY que está dado en conejos/coyotes/año y un multiplicador de consumo de conejos por densidad de los mismos MCFD:

$$CC-KL = (Y-K) (AY) (MCFD-K) \quad 6$$

$$AY = 400$$

Veamos la forma del multiplicador:

$MCPO-K = \text{TABLE} (MCPOT, Y-K, 0, 400, 25) \quad 7$
 $MCPOT = 0/.20/.45/.35/.65/.75/.85/.93/1/1.08/1.15/1.21$
 $1.27/1.33/1.42/1.45$



$MCPOT-K$ toma en cuenta factores tales como que también se esconden los conejos, la dificultad que los coyotes tienen para cazar y que tanto pueden comer.

Si no hay conejos los coyotes no tienen comida. La sección de la gráfica entre 0 y 200 se interpreta como coyotes hambrientos luchando por mantener su tasa normal de comida aún cuando escasean los conejos. La fuente pendiente cercana al origen indica que hay poca protección para los conejos, pues aún un número pequeño de conejos no puede ayudar a los coyotes. Cuando la población de conejos llega a 200 o más el multiplicador de consumo por densidad aumenta más lentamente, lo que indica coyotes bien alimentados.

El nivel de coyotes Y se define como el número de coyotes en el período anterior $Y-J$ más el término transcurrido que multiplica la diferencia de la tasa de nacimientos de coyotes menos la tasa de defunciones:

$$\begin{aligned}
 Y-K &= Y-J + (DT) (NY-JK - DY-JK) \quad 8 \\
 Y &= 4 \text{ valor inicial}
 \end{aligned}$$

Y , Coyotes
 NY , Nacimiento de Coyotes Coyotes/año
 DY , Defunción de Coyotes Coyotes/año

$NY-JK = (Y-K) (NNY) (MNC-K) \quad 9$
 $NNY = 1.5$

NY , Tasa de nacimientos de coyotes
 Y , Población de Coyotes
 NNY , Nacimiento normal de coyotes coyotes/coyote/año
 MNC , Multiplicador de nacimientos de coyotes por consumo de conejos, adimensional.

La ecuación 9 es similar a la ecuación 18 excepto que el multiplicador $MNC-K$ no es un factor que depende de la densidad de los coyotes como en la ecuación 18, sino, que $MNC-K$ depende en el promedio de comida, que los coyotes han estado comiendo. NNY representa el número promedio de coyotes nacidos por coyote por año bajo condiciones normales. $NNY = 1.5$ significa que se está considerando que nace una camada de 3 coyotes por cada par de coyotes por año.

La siguiente ecuación define al multiplicador de nacimientos de coyotes por consumo $MNC-K$:

$MNC-K = \text{TABLE} (MNC, RCP-K, 0, 2, .5) \quad 10$
 $MNC = 0/.7/1/1.2/1.3$

MNC , Multiplicador de nacimientos de coyotes por consumo de conejos (adimensional)
 MNC , Ordenadas
 RCP , Relación de consumo promedio de conejos (adimensional).

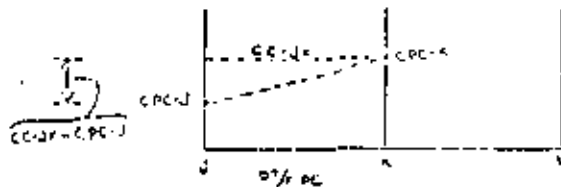
Los valores de $MNC-K$ está en función de RCP que es la relación de consumo promedio de conejos, esta relación mide cuántos conejos se han estado comiendo los coyotes durante el año pasado comparado con los 400 conejos consumidos por coyotes por año normalmente.

$$CPC-K = CPC-J + (DT/FPC) (CC-JK - CPC-J) \quad 14$$

CPC = 1200 valor inicial
FPC = 1

CPC. Consumo promedio de conejos conejos/año
FPC. Tiempo para calcular el promedio
CC. Consumo de conejos conejos/año

La ecuación anterior dice: el consumo promedio de conejos en el instante K es igual al valor promedio en el periodo anterior, más el periodo (DT/FPC) en el que cambió el promedio anterior $(CPC-J)$ multiplicado por el valor de la tasa de consumo menos el valor promedio anterior.



veamos un ejemplo:

Sea $CC-JK = 1200$ en un periodo
y $CC-JK = 1220$ en el siguiente periodo.

Si el promedio anterior se mantuvo constante en 1200 el nuevo promedio será:

$$CPC-K = 1200 + (1/1) (1220-1200) = 1220 \text{ nuevo promedio}$$

Otro promedio

Sea $CPC-J = 1200$ valor anterior
 $DT = .02$, $FPC = 1$, $CC-JK = 1232$, sustituyendo:
 $CPC-K = 1200 + \frac{.02}{1} (1232-1200)$
 $= 1200 + .02 (32) = 1200 + .64 = 1200.64$

O sea que CPC va actualizando el promedio.

Instrucciones de Control para Graficación y Procesamiento:

El intervalo de tiempo que se considerará para realizar los cálculos es de una semana aproximadamente, o sea cada 7 días. $7/365 = .019178$ años, por lo que $DT = .02$.

Simularemos el sistema ecológico durante 10 años usando para esto la variable LENGTH = 10.

Nos interesa obtener gráficas del comportamiento del sistema por lo que no pediremos listas de las variables para esto usaremos PRINTER=0.

Como los conejos se reproducen de 3 a 4 veces por año o sea cada 3 a 4 meses para no excluir valores pediremos que las gráficas se construyan aproximadamente cada 2.4 meses o sea cada 0.2 años, para esto usamos PLTPER = .2.

La ecuación de control queda:

$$SPEC DT = .02/LENGTH = 10/PRTPER = 0/PLTPER = .2 \quad 15$$

Habiéndose realizado las primeras pruebas, se ha encontrado que algunas variables cambian dentro de un rango análogo. Por esto las hemos agrupado en la orden de graficación PLOT separándolas con una coma y además damos el rango de graficación en paréntesis:

$$PLOT N=M (0,400)/REP-K=*(0,1)/Y=X, NY=3, OY=(0,8)/ID
BC=C, BC=D, CC=A, CPC=P (0,2000) \quad 16$$

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN:

En la gráfica del sistema simulado se muestran las fluctuaciones de las poblaciones de conejos y cazadores.

El instante cero prevalecen las condiciones iniciales. Los coyotes se encuentran bien comidos, la población se incrementa hasta un pico en el instante 0,3 años. Al aumentar la población de coyotes a 4.1, los conejos son comidos más aprisa que lo que pueden reproducirse. Aún cuando escaseen los conejos un alto porcentaje, sigue siendo comido (de acuerdo a la gráfica de $MCPO$), cuando los conejos, llegan a 100 o menos no encuentran protección de los coyotes y son comidos.

Cuando los conejos llegan a 50 (1/4 de lo normal) los coyotes han reducido su dieta casi a la mitad. En 1.4 años los conejos casi se han extinguido.

Mientras los conejos se ven reducidos a un mínimo, el número de coyotes a decado de 4.1 a 2.1 coyotes. La disminución en la población de coyotes durante el intervalo de 0.3 a 2.4 años se debe a que la defunción - de coyotes (graficada como F) excede a la tasa de nacimientos (graficada como J). Este exceso de la tasa de defunciones DY sobre la de nacimientos NY en la fecha 0,3 años donde las dos curvas se cruzan, es ocasionado por la disminución en la relación de consumo promedio de conejos (RCP , graficada como $*$). Cuando RCP llega a 0.72 el multiplicador MOC por consumo toma el valor aproximado de 2.5.

De acuerdo a la ecuación 1 cuando $RCP = .72$:

$$DY \cdot KL = (Y \cdot K) (1.5) (2.5)$$

$\frac{DY \cdot KL}{Y \cdot K} = 1.25$ La ecuación significa que la tasa de defunciones de los coyotes vale 1.25 coyotes/año cuando $RCP = .72$.

También cuando $RCP = .72$ $MC = .83$, en la ecuación 9 podemos sustituir este valor:

$$NY \cdot KL = (Y \cdot K) (1.5) (1.25) (MC \cdot X) \\ = (Y \cdot K) (1.5) (.83) = (Y \cdot X) (1.25)$$

$\frac{NY \cdot KL}{Y \cdot K} = 1.25$ La ecuación significa que nacen 1.25 coyotes por cada coyote por año cuando $RCP = .72$.

Además cuando $RCP = .72$ $NY \cdot KL = DY \cdot KL = 1.25$

Si RCP es menor que .72 las defunciones de los coyotes exceden los nacimientos, en este momento habrá coyotes hambrientos y disminuirá el nivel de coyotes como en el intervalo anterior de 0.3 a 2.4 años.

Aún cuando el número de coyotes está disminuyendo, siguen comiendo conejos más aprisa de lo que pueden reproducirse hasta que en 1.4 años - el nivel de coyotes es tan bajo que nacen más conejos de los que muerren, son comidos. En este momento la población de conejos crece exponencialmente hasta la fecha 2.7 años donde alcanza un nivel de 330 conejos. El suelo disponible solo sirve para 330 conejos debido a que - el multiplicador de defunciones por densidad ($MCPO$) y el multiplicador de consumo por densidad ($MCPO$) aumentan tanto por la densidad de la tasa de defunciones de conejos (DC) y la tasa de consumo de conejos - (CC) disminuye el número de conejos tan aprisa como la tasa de nacimientos los reemplaza (NC).

Cuando las tasas DC y CC juntas igualan el valor de NC el crecimiento de la población de conejos se detiene, esto pasa cuando N llega aproximadamente a 330. El fuerte aumento de conejos entre los años 1.4 y 2.7 hacen que aumente el ($MCPO$) multiplicador de consumo por densidad y esto hace que aumente la tasa de consumo de conejos CC . Al aumentar la tasa CC hace que aumente la relación de consumo promedio de conejos RCP después de la detención ocasionada por $MCPO$.

Cuando RCP sobrepasa .72 en el año 2.4 las curvas de J y F se cruzan y aumenta la población de coyotes.

En el año 2.4 NY sobrepasa a DY por lo que continúa y aumenta hasta el año 5.7 que NY y DY vuelven a igualarse cuando el crecimiento.

Mientras la población de coyotes va aumentando entre 2.4 y 5.7 años la población de conejos ha llegado a un pico y empieza a disminuir por

los coyotes. Los coyotes continúan comiendo conejos hasta que empiezan a escasear y vuelve a darles hambre a los coyotes por falta de conejos y comienza otro ciclo. El período es de aproximadamente 5.5 años.

MANIPULACIONES AL MODELO ORIGINAL

El modelo construido se convierte en un laboratorio ecológico y sirve para que el ecólogo pueda probar sus hipótesis, muchas alternativas pueden desecharse sin gastar grandes cantidades de dinero.

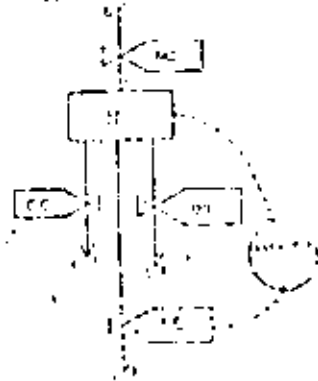
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se desea estabilizar el sistema ecológico. Las posibles soluciones se prueban en el modelo manipulando sus componentes para simular la aplicación de los programas reales. Los cambios se realizan de uno en uno para verificar sus efectos.

Verificaremos dos programas, exterminación de conejos y protección de conejos.

PROGRAMA DE EXTERMINACIÓN

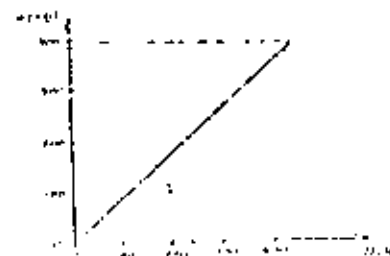
Una forma de control es exterminar conejos, esto se puede hacer envenenándolos o poniendo trampas. Modificamos el modelo agregando una tasa de exterminio de conejos EC al nivel de conejos.



Esta nueva tasa será controlada por un multiplicador $MECD$ (multiplicador de exterminio de conejos por densidad).

$$MECD = \text{VALOR}(MECD, 0, 100, 100)$$

$$MECD = 0/100/200/300/400$$



Para investigar el comportamiento del modelo podemos graficar las tasas de los conejos y su densidad.

Si formamos una gráfica de la suma algebraica de las tasas podemos encontrar alguna pista que nos lleve al equilibrio.

Como se encontró antes al analizar el modelo original, cuando $RC = .72$ las tasas de nacimiento y defunción de los coyotes son aproximadamente iguales, esto significa que la población permanecerá estable cuando los coyotes se coman $.72 \times 400 = 288$ conejos al año (siendo 400 el apetito normal). Cuando el consumo de conejos es de 208 por coyote la población correspondiente de conejos es 117 conejos por km^2 . Por lo tanto la única posibilidad de equilibrio es a la densidad de 117 conejos. A esta densidad las tasas de nacimiento menos defunciones es de 1065 conejos por año y la tasa de exterminación de 117 conejos por año. Para que la población de conejos esté en equilibrio, la tasa de consumo deberá ser igual a la suma algebraica de la tasa de nacimiento, tasa de defunciones y tasa de exterminio:

$$NC - DC - CC = 1065 - 117 - 948 = EC$$

Como cada coyote se come 288 conejos al año, cuando hay una densidad de 117 deberán haber 3.3 coyotes.

Si multiplicamos la curva de consumo de conejos por 3.3 y lo sumamos la curva de exterminio obtendremos una nueva curva que representa el consumo actual de conejos más la tasa de exterminio e interseca a la curva $NC - DC$ a una densidad de 117. Si la curva $CC + EC$ no es igual a la curva $NC - DC$ entonces los conejos no permanecerán en equilibrio.

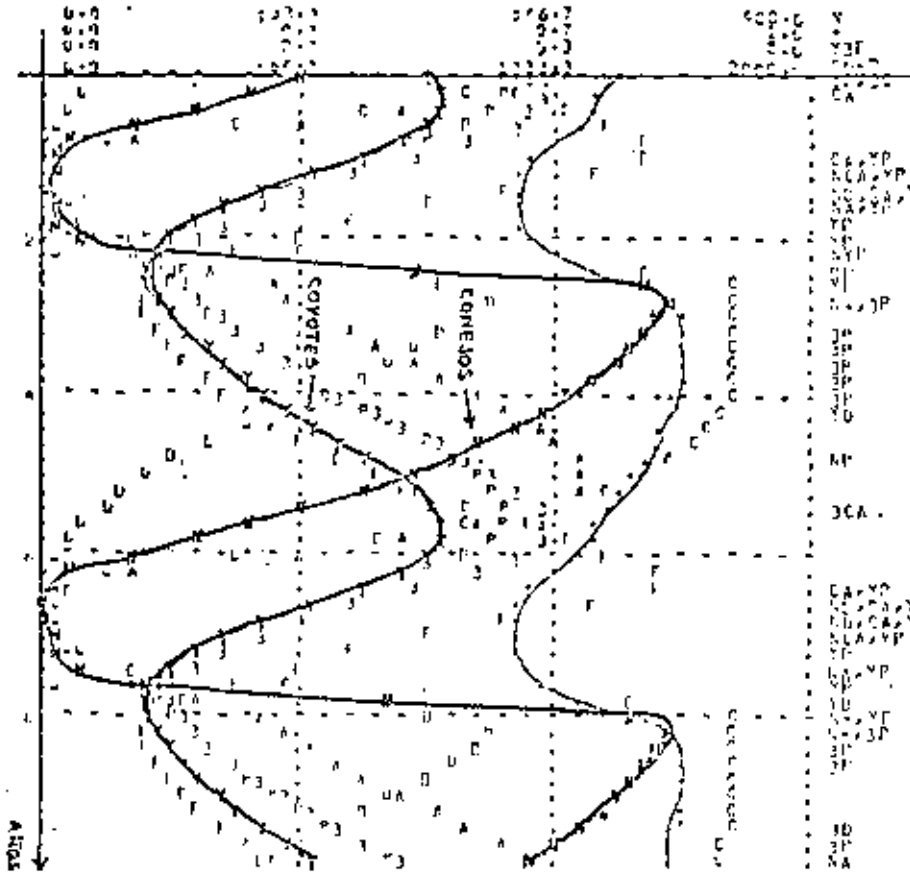
La forma en que cualquier curva $CC + EC$ interseca a la curva $NC - DC$ indica si existe o no un punto de equilibrio. Si $CC + EC$ en el punto de intersección tiene una mayor pendiente que la curva $NC - DC$, puede haber equilibrio.

El punto de equilibrio deberá satisfacer tres condiciones:

PAGE 2 URGENT

URGENT FLEETING BY 19143-3884-33 (EMERGENCY) FBI

NAME: HUNTER, YOUNG, MARY; SEX: F; BIRTH: 1914; HEIGHT: 5-0; WEIGHT: 100; HAIR: BRN; EYES: BRN



SEARCHED (07/27/81)

NAME: HUNTER, YOUNG, MARY
 SEX: F
 BIRTH: 1914
 HEIGHT: 5-0
 WEIGHT: 100
 HAIR: BRN
 EYES: BRN

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14

SEARCHED (07/27/81)
 INDEXED (07/27/81)
 SERIALIZED (07/27/81)
 FILED (07/27/81)

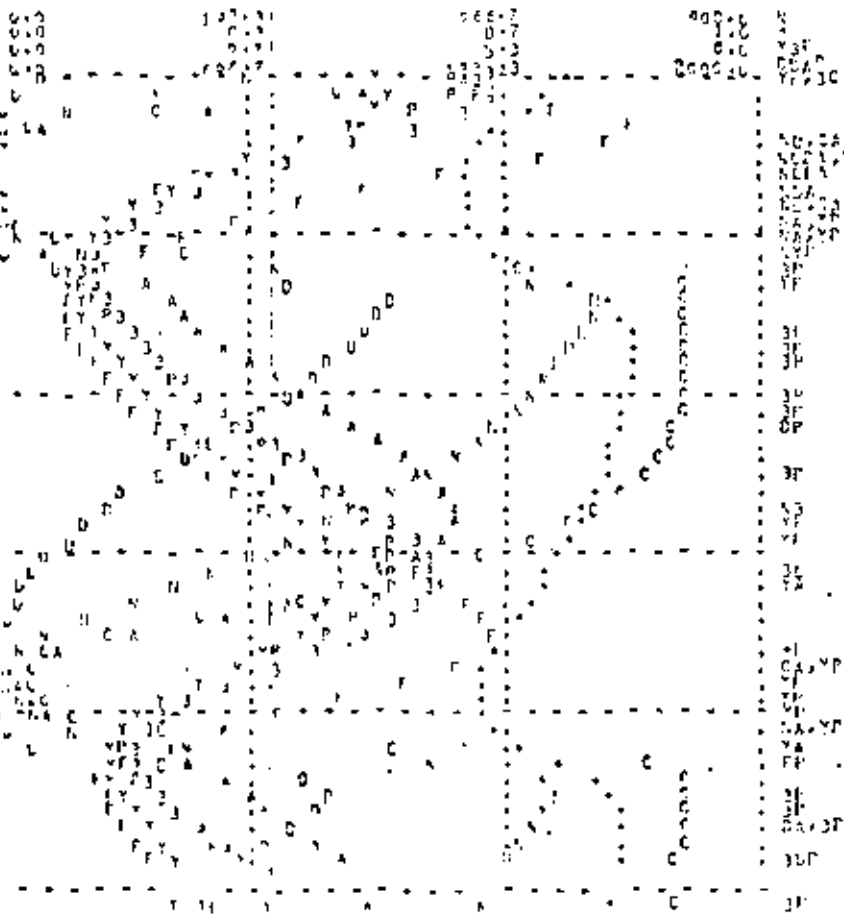
FBI - DALLAS
 FBI - MEMPHIS
 FBI - MOBILE
 FBI - NEW ORLEANS
 FBI - NEW YORK
 FBI - PHOENIX
 FBI - SAN ANTONIO
 FBI - TAMPA
 FBI - WASHINGTON FIELD OFFICE

URGENT
 7/27/81
 FBI

PAGE 2 CODE C

ULGAN FLOITING AT 19155, 02050, 27 FEBRUARY 1981

MAP, 100000 YR, 100000 YR, 100000 YR, 100000 YR, 100000 YR, 100000 YR



ULGAN FLOITING AT 19155, 02050, 27 FEBRUARY 1981

LOS RIVOTES ESTAN
 BIEN DOCUMENTADOS
 Y LA POCACION AN-
 TERIOR A UN PIED
 DE MILES DE METROS
 DE TIEMPO CERRADO
 MINUTAS ANTERIOR
 SOBRE LOS CAUDES
 HAY COMO UN MIL
 HAYIA DELI QUE
 SE REPRODUCE

LOS TAMBOS HAN
 DESARROLLADO EN
 UNO Y LOS RIVOTES
 ESTAN BIEN DE
 MARCHA DE LOS
 Y LOS TAMBOS ANTERIO-
 RIL ANTERIOR
 HAY 2, LA DUM-
 ANSIA DE COCTER
 ESTA ANTA PORRE
 LA TIA DE REPUR
 TIONES DE LA
 HAYIA QUE LA DE
 MATRIENTES

CUANDO SE HAN
 DESARROLLADO Y
 SE HAN DE
 MARCHA DE LOS
 Y LOS TAMBOS ANTERIO-
 RIL ANTERIOR
 HAY 2, LA DUM-
 ANSIA DE COCTER
 ESTA ANTA PORRE
 LA TIA DE REPUR
 TIONES DE LA
 HAYIA QUE LA DE
 MATRIENTES

ESAS QUE HAN
 DESARROLLADO AN-
 TERIOR, SE HAN
 DE LOS TAMBOS
 QUE A AN-
 TERIOR, HAY
 HAYIA QUE 22
 Y HAYIA A
 ANTERIOR LA DE
 ANTERIOR DE
 ANTERIOR

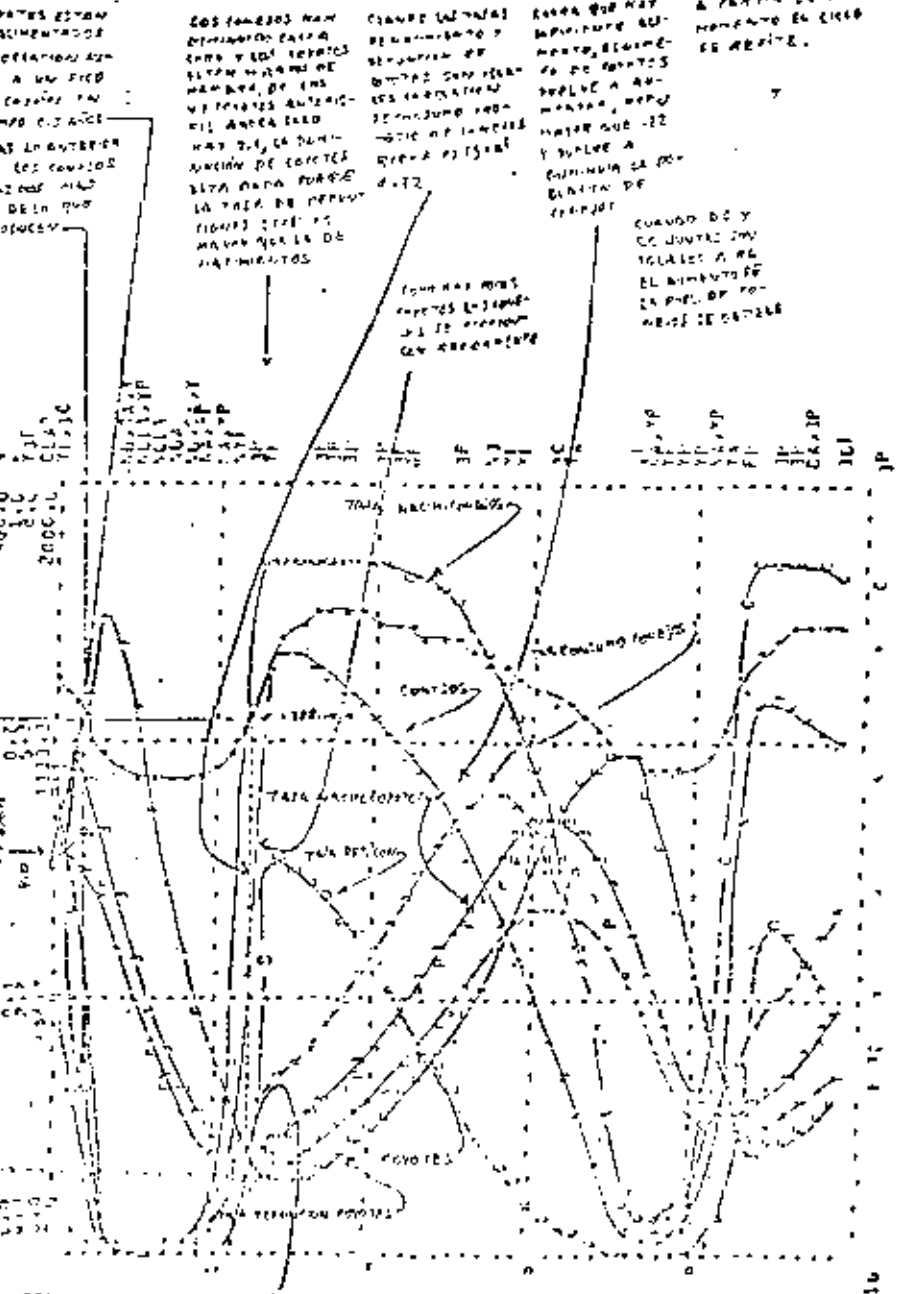
A PARTIR DE ESTE
 MOMENTO EN CADA
 SE HAYIA.

CUANDO DE Y
 DE ANTERIOR AN-
 TERIOR A AN-
 EL ANTERIOR DE
 LA DE LA DE LA
 ANTERIOR DE ANTERIOR

ULGAN FLOITING AT 19155, 02050, 27 FEBRUARY 1981

MAP, 100000 YR, 100000 YR, 100000 YR, 100000 YR, 100000 YR, 100000 YR

ULGAN FLOITING AT 19155, 02050, 27 FEBRUARY 1981



TAMBO ANTERIOR TAMBO POSTERIOR, 1:25

ULGAN FLOITING AT 19155, 02050, 27 FEBRUARY 1981

TIME	M NC CC	F NY CY	FCP CC CPC	EC
7.0000	142.17 1335.5 1022.5	3.5771 4.4627 4.4641	0.71904 1022.5 1022.5	142.15
7.2000	142.15 1335.5 1022.5	3.5730 4.4627 4.4641	0.71903 1022.5 1022.5	142.15
7.4000	142.17 1335.5 1022.5	3.5770 4.4617 4.4631	0.71904 1022.5 1022.5	142.17
7.6000	142.20 1335.5 1022.5	3.5770 4.4617 4.4628	0.71903 1022.5 1022.5	142.20
7.8000	142.21 1335.5 1022.5	3.5770 4.4617 4.4628	0.71907 1022.5 1022.5	142.23
8.0000	142.26 1335.5 1022.5	3.5767 4.4617 4.4614	0.71903 1022.5 1022.5	142.25
8.2000	142.28 1335.5 1022.5	3.5767 4.4617 4.4625	0.71910 1022.5 1022.5	142.25
8.4000	142.30 1335.5 1022.5	3.5767 4.4628 4.4628	0.71911 1022.5 1022.5	142.30
8.6000	142.30 1335.5 1022.5	3.5767 4.4628 4.4628	0.71911 1022.5 1022.5	142.30

TIME	M NC CC	F NY CY	FCP CC CPC	EC
8.8000	142.30 1335.5 1022.5	3.5767 4.4628 4.4628	0.71917 1022.5 1022.5	142.30
9.0000	142.30 1335.5 1022.5	3.5767 4.4628 4.4628	0.71911 1022.5 1022.5	142.30
9.2000	142.29 1335.5 1022.5	3.5770 4.4617 4.4628	0.71911 1022.5 1022.5	142.29
9.4000	142.29 1335.5 1022.5	3.5770 4.4617 4.4628	0.71911 1022.5 1022.5	142.29
9.6000	142.28 1335.5 1022.5	3.5771 4.4617 4.4628	0.71911 1022.5 1022.5	142.28
9.8000	142.27 1335.5 1022.5	3.5771 4.4617 4.4614	0.71910 1022.5 1022.5	142.27
10.0000	142.27 1335.5 1022.5	3.5771 4.4617 4.4614	0.71910 1022.5 1022.5	142.27

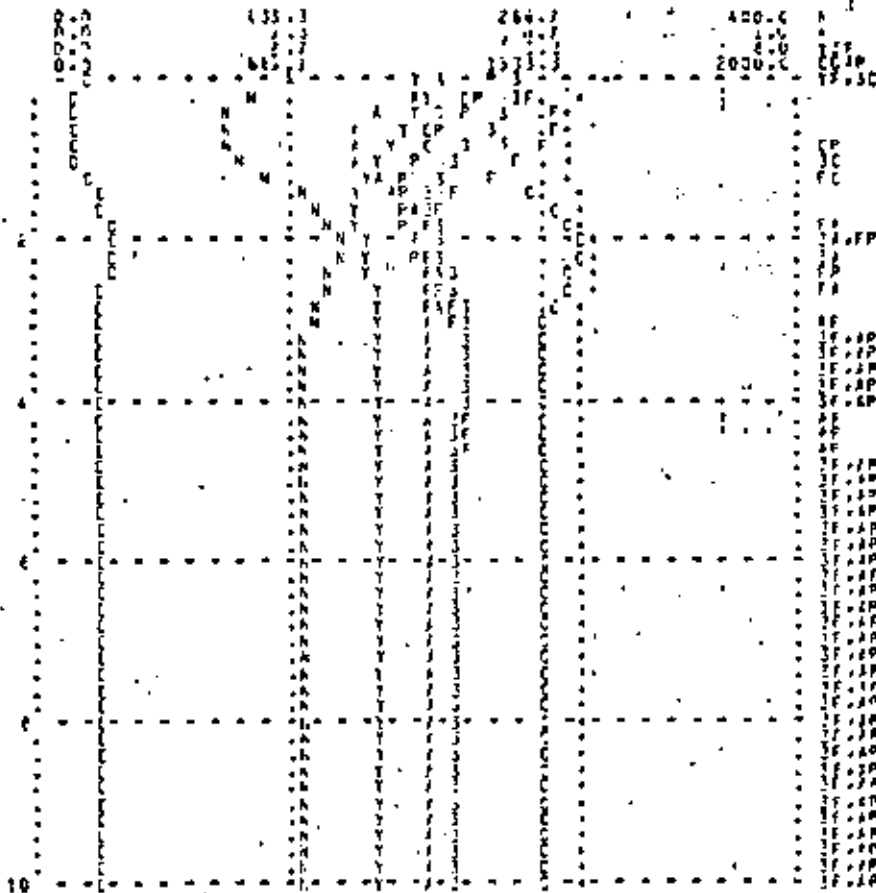
TIME	M NC CC	F OF	ACP CPC	CC
1.6000	142.57 1274.0 177.77 1000.7	2.3248 4.1818 4.2047	0.71833 1010.7 924.0	148.93
1.8000	172.92 1212.7 154.89 1042.1	3.2890 4.2292 4.0727	0.71277 1011.1 974.5	155.99
2.0000	180.46 125.6 150.13 1067.9	3.4032 4.4078 4.0302	0.71668 1012.2 949.2	158.46
2.2000	177.61 1231.2 152.34 1077.8	3.3264 4.3312 4.0727	0.71772 1012.2 1004.3	157.61
2.4000	170.84 1208.4 152.19 1078.1	2.5023 4.3523 4.1573	0.71877 1012.1 1018.1	154.83
2.6000	174.30 1207.6 152.42 1074.6	3.3420 4.4313 4.2533	0.71817 1012.2 1028.6	151.38
2.8000	167.41 1187.6 152.43 1071.7	3.5772 4.4777 4.3437	0.71833 1012.2 1039.0	147.81
3.0000	158.03 1169.8 152.02 1069.7	3.8014 4.4274 4.4201	0.71852 1012.2 1019.4	144.67
3.2000	144.78 1153.1 144.11 1058.5	3.8170 4.2958 4.4758	0.71800 1012.2 1028.7	142.26

TIME	M NC CC	F OF	ACP CPC	CC
3.4000	140.81 1149.4 140.61 1010.0	3.6343 4.3133 4.5319	0.71825 1012.2 1039.2	140.61
3.6000	135.73 1119.3 139.40 1023.7	3.4032 4.3221 4.5319	0.71703 1012.2 1032.9	139.73
3.8000	129.45 1113.9 127.59 1047.1	3.6073 4.3212 4.5128	0.71311 1012.2 1032.1	138.40
4.0000	124.74 1120.0 127.68 1061.7	3.5331 4.3221 4.5228	0.71765 1012.2 1031.5	136.74
4.2000	117.44 1103.4 110.17 1019.0	3.5864 4.3262 4.5204	0.71725 1012.2 1031.6	130.29
4.4000	110.58 1127.4 111.11 1021.3	3.5772 4.3216 4.5284	0.71818 1012.2 1031.8	134.97
4.6000	111.67 1131.7 112.07 1023.9	3.5772 4.3214 4.4719	0.71852 1012.2 1026.7	131.69
4.8000	112.20 1134.9 113.09 1028.1	3.5677 4.3211 4.4514	0.71825 1012.2 1028.4	132.20
5.0000	112.57 1137.2 114.17 1028.6	3.5677 4.3211 4.4514	0.71812 1012.2 1028.6	132.53

TIME	M NC CC	F OF	ACP CPC	CC
5.2000	111.72 1138.4 115.27 1029.8	3.5827 4.3216 4.4450	0.71823 1012.2 1029.0	132.82
5.4000	111.60 1139.0 115.30 1030.7	3.5711 4.3217 4.4454	0.71840 1012.2 1029.6	132.89
5.6000	112.64 1140.2 115.37 1031.5	3.5721 4.3217 4.4473	0.71842 1012.2 1028.2	132.64
5.8000	112.73 1141.0 115.40 1032.3	3.5727 4.3222 4.4527	0.71838 1012.2 1028.7	132.73
6.0000	112.78 1141.7 115.42 1033.0	3.5727 4.3222 4.4527	0.71833 1012.2 1028.7	132.53
6.2000	112.64 1142.4 115.44 1033.8	3.5712 4.3217 4.4546	0.71824 1012.2 1029.1	132.64
6.4000	112.32 1143.1 115.47 1034.6	3.5723 4.3217 4.4537	0.71832 1012.2 1029.1	132.52
6.6000	112.62 1143.8 115.49 1035.4	3.5723 4.3217 4.4522	0.71832 1012.2 1029.4	132.22
6.8000	112.61 1144.5 115.51 1036.1	3.5723 4.3217 4.4512	0.71832 1012.2 1029.4	132.17

EEGAN PLOTTING AT 1155-1100- 10 APRIL 1961

N=N KCP= Y=V J=3 C=7 F= AC=C DC=C CC=4 CPC=P

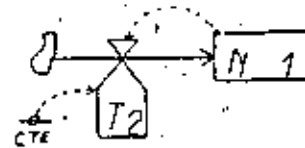


FINISHED FOR NUMBER 1000000000 10 APRIL 1961

ELEMENTOS TEORICOS DE LA DINAMICA DE SISTEMAS

Es comun encontrar en la práctica ciertas analogías con algunos sistemas que se tienen bien estudiados. Es por esto que a continuación estudiaremos sistemas simples a los que se les pueden agregar elementos o modificaciones para poder simular adecuadamente la realidad propuesta.

1. Circuito de Retroalimentación positiva:



La tasa T es proporcional al nivel N de acuerdo al valor de la constante.

Si le suponemos a N un valor inicial de 1 y CTE = .2 tenemos:

$$N \cdot K = N \cdot J + (DT) (T - JK) \quad 1$$

$$N = 1$$

$$N = \text{NIVEL (Unidades)}$$

$$T = \text{TASA (unidades/año)}$$

$$T \cdot KL = (CTE) (N \cdot K) \quad 2$$

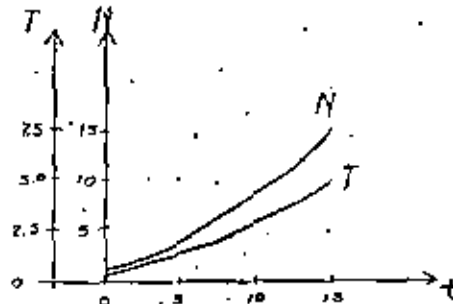
$$CTE = .2$$

$$DT = 1$$

Calculamos manualmente a N y T con el valor inicial de N = 1:

T	N	T	INCREMENTO
0	1.00	0.2	.2
1	1.20	0.24	.24
2	1.44	0.29	.29
3	1.73	0.34	.34
4	2.08	0.42	.42
...

5	2.50
...	...
15	15.47



Resolvamos el problema analíticamente:

Sea $N(t)$ valor que tiene el nivel en t .

$N(0)$ Valor inicial

$C = CTE$

$t =$ tiempo

$e = 2.71828182$

$$\text{La ecuación } N \cdot K = N \cdot J + (DT) \cdot (T \cdot JK) \quad (1)$$

podemos colocarla en la forma:

$$\frac{N \cdot K - N \cdot J}{Dt} = T \cdot JK$$

Si hacemos $Dt = 0$ y $N \cdot K = N \cdot J = dN(t)$.

tendremos

$$\frac{dN(t)}{dt} = T(t) \quad (2)$$

$$\text{pero } T(t) = C \cdot N(t) \quad (3)$$

sustituyendo (3) en (2):

$$\frac{dN(t)}{dt} = C \cdot N(t) \quad (4)$$

$$\frac{dN(t)}{N(t)} = C \cdot dt \quad (5)$$

Sea C una variable artificial que pueda tomar el sistema en el intervalo de $N(0)$ a $N(t)$:

$$\int_{N(0)}^{N(t)} \frac{dN(z)}{N(z)} = \int_0^t C \cdot dz \quad (6)$$

$$\ln \left[\frac{N(t)}{N(0)} \right] = C \cdot (t - 0)$$

$$\ln \left[\frac{N(t)}{N(0)} \right] = C \cdot (t - 0)$$

$$\ln \left[\frac{N(t)}{N(0)} \right] = C \cdot t$$

$$\frac{N(t)}{N(0)} = e^{Ct}$$

$$N(t) = N(0) \cdot e^{Ct}$$

Esta ecuación nos permite conocer el valor de N para cualquier instante y como observamos tiene un crecimiento exponencial.

En este tipo de sistemas existen algunos parámetros característicos como es lo que se llama la constante de tiempo T_t que nos permite conocer el comportamiento del sistema de una forma global y rápida. En este caso la constante de tiempo T_t se define como $T_t = \frac{1}{C}$.

Calculemos el valor de N cuando ha transcurrido un período de tiempo -- igual a la constante T_t :

$$N(T) = N(0) \cdot e^{1/T_t} = N(0) \cdot e^1 = N(0) \cdot 2.718$$

O sea que después de transcurrida una cte de tiempo N es 2.718 veces ma-

por que el valor inicial $N(0)$ para $t = 2 T_c$:

$$N(2T_c) = e^2 N(0) = 2.73^2 N(0) = 7.45 N(0)$$

En las gráficas con diversos valores de $T_c = \frac{1}{r}$ se nota que para valores grandes de T_c la curva exponencial es más plana que para valores pequeños.

Otro parámetro que se maneja es el tiempo de duplicación o sea el tiempo que requiere N para duplicar su valor. Este valor lo podemos calcular analíticamente:

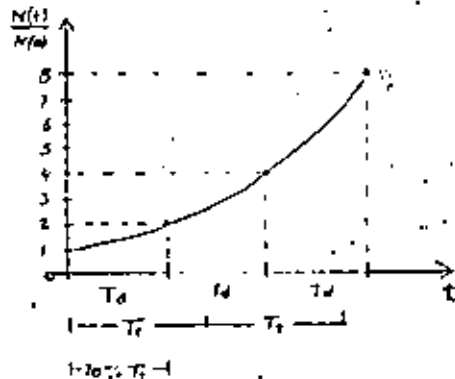
$$2 N(0) = N(0) e^{T_d} \quad \text{tiempo de duplicación} = T_d$$

$$2 = e^{T_d} \quad \text{tomando logaritmos:}$$

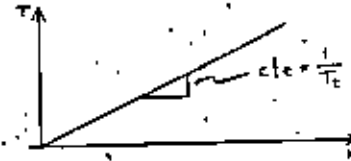
$$\ln 2 = CT_d = \left(\frac{1}{T_c}\right) T_d \quad \text{despejando:}$$

$$T_d = 0.69 T_c$$

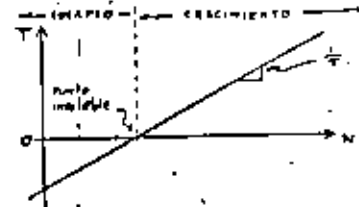
O sea que el tiempo de duplicación es aproximadamente el 70% de la cte. de tiempo T_c



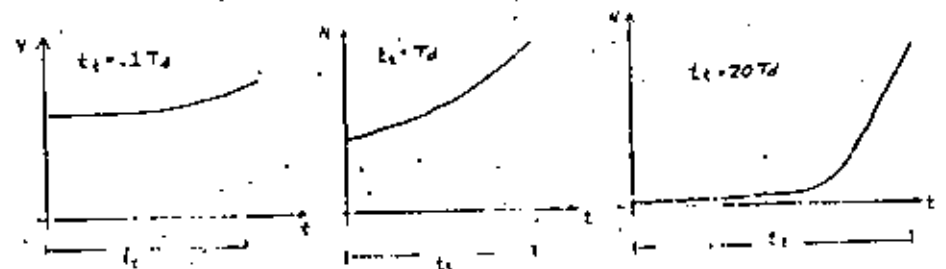
Si obtenemos una curva de la tasa y el nivel:



Si tuvieramos una gráfica N, T donde el eje N se corta, en esta zona tendremos un punto inestable pues para cierto valor de N la tasa es cero

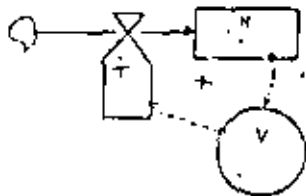
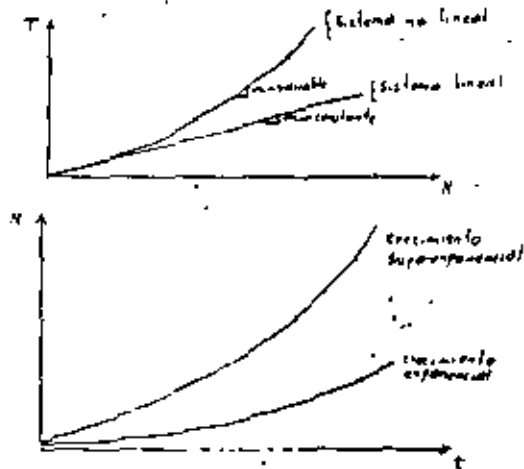


Si en nuestro sistema de crecimiento exponencial se altera el tiempo de crecimiento aún cuando el sistema sea el mismo, la curva toma diferentes valores:



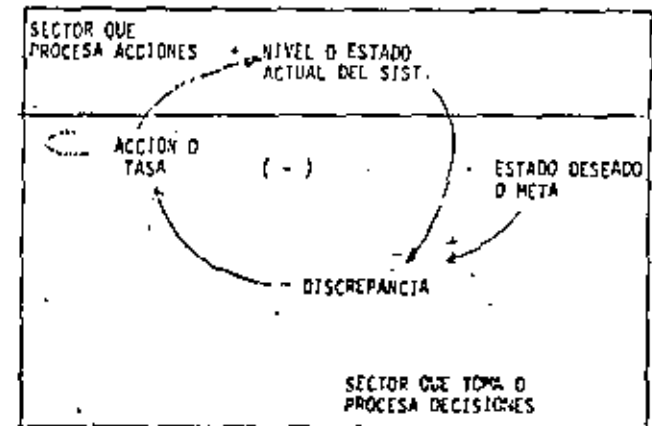
Crecimiento Superexponencial

En estos sistemas en lugar de que el crecimiento sea proporcional a una cte, lo es a una variable:

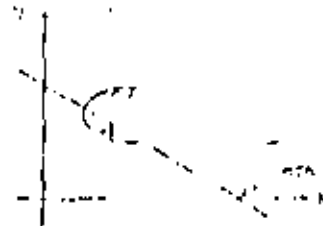


2. Circuito de Retroalimentación Negativa.

A diferencia de los circuitos positivos que o decaen a cero o crecen sin límite los sistemas de retroalimentación negativa se caracterizan por -- tender a una meta, se conocen con el nombre de autoreguladores, homeostáticos o adaptables.



Veamos un sistema en donde el error existente es medido por la diferencia que existe entre la meta MTA y el valor del nivel actual, esta diferencia se mide con la función DISC. DISC alimenta a la tasa proporcionalmente al error existente. La tasa depende de DISC y de FT la fracción de tiempo, FT contribuye a que DISC se aplique integra si $FT = 1$ o parcial si $PT < 1$. Podemos interpretar FT como la pendiente de la recta en el sistema coordenado tasa y nivel.



Veamos al sistema de ecuaciones, y su diagrama:

$$N \cdot K = -N \cdot J + (DI) (T \cdot JK) \quad (1)$$

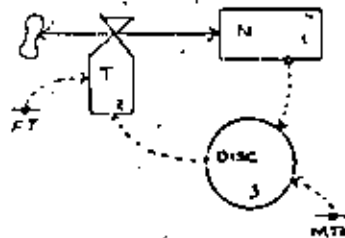
$$N = 0$$

$$T \cdot KL = (FT) (DISC \cdot K) \quad (2)$$

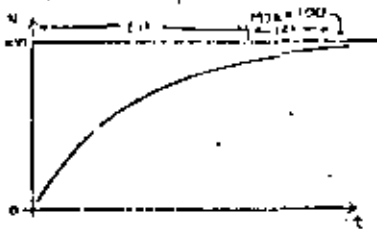
$$FT = .3$$

$$DISC \cdot X = MTA - N \cdot K \quad (3)$$

$$MTA = 100$$



Si graficamos el crecimiento con $MTA = 100$:



Podemos determinar una región transitoria de crecimiento (1) y otra región (2) estable donde el sistema se aproxima siempre a la meta.

Veamos la solución analítica a este sistema:

en (1):

$$\frac{N \cdot K - N \cdot J}{DT} = T \cdot JK = (FT) (DISC \cdot K) = (FT) (MTA - N(t))$$

estamos suponiendo que $T \cdot JK = T \cdot KL$ aun cuando esto no es cierto pues $T \cdot JK$ se refiere al periodo anterior, $T \cdot KL$ al siguiente, sin embargo como estamos tomando a DT muy pequeño el error cometido es insignificante.

Si usamos la notación diferencial:

$$\frac{dN(t)}{dt} = FT [MTA - N(t)]$$

$$\frac{dN(t)}{[MTA - N(t)]} = FT dt \quad \text{usando una variable artificial del intervalo entre } N(0) \text{ y } N(t) \text{ y de } 0 \text{ a } t:$$

$$\int_{N(0)}^{N(t)} \frac{dN(t)}{MTA - N(t)} = \int_0^t FT dt \quad \text{Integrando:}$$

$$- \ln [MTA - N(t)] \Big|_0^t = (FT) t \Big|_0^t$$

$$\ln \left[\frac{MTA - N(t)}{MTA - N(0)} \right] = - (FT) (t)$$

tomando antilogaritmos:

$$\frac{MTA - N(t)}{MTA - N(0)} = e^{- (FT) (t)}$$

$$N(t) = MTA + [N(0) - MTA] e^{- (FT) (t)}$$

El concepto de constante de tiempo también se maneja en este sistema siendo $T_t = \frac{1}{FT}$.

Veamos el valor que adquiere N para una constante de tiempo; sustituyen do en la ecuación anterior:

$$N \left[t = \frac{1}{FT} \right] = MTA + [N(0) - MTA] e^{- (FT) \frac{1}{FT}}$$

$$= MTA + [N(0) - MTA] e^{-1}$$

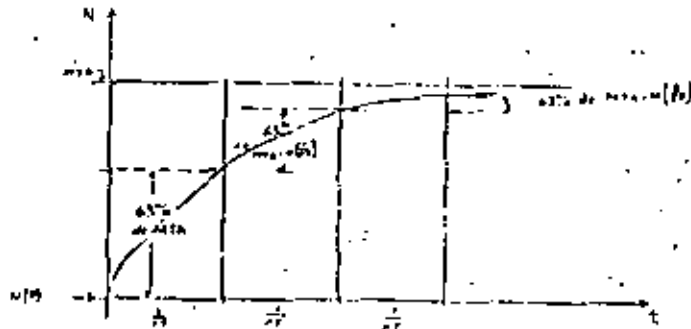
$$= MTA + \frac{[N(0) - MTA]}{2.718} = MTA + .367 N(0) - .367 MTA$$

$$N(T_t) = .632 [MTA + .58 N(0)] \quad \text{si sumamos y restamos } N(0)$$

$$= N(0) - N(0) + .632 [MTA + .58 N(0)]$$

$$= N(0) + .632 [MTA - N(0)]$$

Por lo que después de transcurrida una constante de tiempo T_c el valor de N es $N(0)$ más 63.2% de la diferencia entre la Meta y el nivel inicial $N(0)$.



META IGUAL A CERO

Es interesante notar que dependiendo de las condiciones iniciales si son mayores que la meta la tasa le extrae al nivel un flujo, si es menor le introduce flujo al nivel tratando de siempre alcanzar la meta.

Veamos lo que sucede si la meta es cero:

$$N(t) = MTA + [N(0) - MTA] e^{(-FT) (t)}$$

Si $MTA = 0$

$$N(t) = N(0) e^{(-FT) (t)} \quad \text{si transcurre un tiempo } \frac{1}{FT} :$$

$$N(T_c) = N(0) e^{-1}; \quad N(T_c) = .368 (N(0))$$

El sistema es el siguiente:

Diagrama causal:



Diagrama DYNAMO



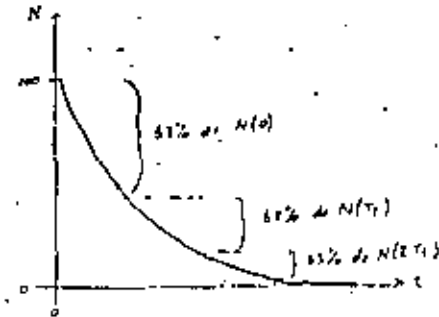
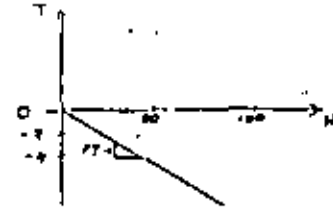
Ecuaciones:

$$N \cdot K = N \cdot J + (DT) (TJK)$$

$$N = 100$$

$$T \cdot KL = (-FT) N \cdot K$$

$$FT = .1$$



$T_c = \text{constante de tiempo}$

Existe otro parámetro llamado la media vida y corresponde al tiempo necesario para consumir el 50% de $N(0)$ encontremos este valor en función de la constante de tiempo:

$$N(t) = N(0) e^{-\frac{t}{T_c}}$$

$$\frac{1}{2} N(0) = N(0) e^{-\frac{T_M}{T_c}}$$

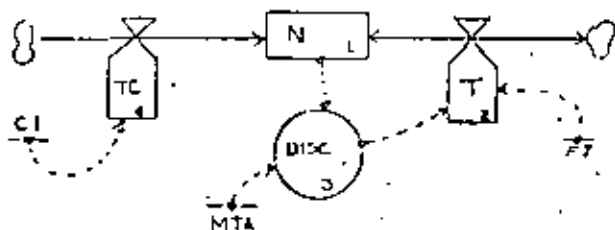
tomando logaritmos:

$$\ln 1 - \ln 2 = -\frac{T_M}{T_c}$$

$$T_M = .69 T_c$$

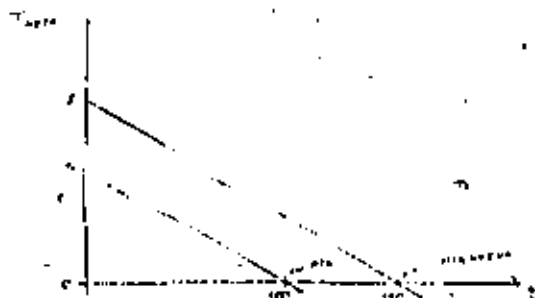
La media vida en un sistema de retroalimentación negativo con meta igual a cero es aproximadamente igual al 70% de la constante de tiempo del Sistema.

Si al sistema original visto de retroalimentación negativa le agregamos una tasa constante TC que le inyecte al nivel un valor cte CI tendremos el siguiente diagrama y ecuaciones:



$$\begin{aligned}
 N \cdot K &= N \cdot J + (DT) (Y \cdot JK - TC \cdot JK) & 1 \\
 N &= 0 & 2 \\
 T \cdot KL &= (FT) (DISC \cdot K) & 3 \\
 FT &= .1 & 4 \\
 DISC \cdot K &= MTA - N \cdot K & 5 \\
 MTA &= 100 & 6 \\
 TC \cdot KL &= CI & 7 \\
 CI &= 8 & 8
 \end{aligned}$$

Hagamos la gráfica de Treta = [TC - T] contra 'N':



La meta original se ha modificado, para encontrar su valor sabemos que cuando el sistema halla llegado a la meta la suma de TC y T deberá ser cero, apliquemos esta condición:

$$\begin{aligned}
 T + TC &= 0 \\
 (FT) (DISC \cdot K) + CI &= 0 \\
 (FT) (MTA - N \cdot K) + CI &= 0 \\
 (FT) (MTA) - (FT) (N \cdot K) + CI &= 0 \\
 (-FT) (N \cdot K) &= -CI - (FT) (MTA)
 \end{aligned}$$

$$N \cdot K = \frac{CI + (FT) (MTA)}{FT} = MTA + \frac{CI}{FT}$$

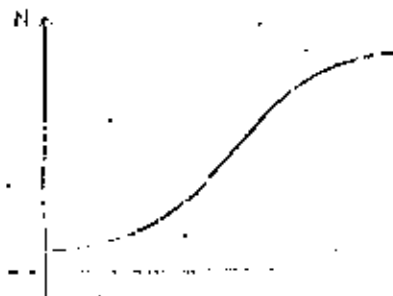
$$\text{pero } \frac{1}{FT} = T_c \rightarrow N \cdot K = MTA + (T_c) (CI)$$

Este nivel cuando la suma de las tasas es cero es la nueva meta y encontramos que es igual a la meta del sistema original sin la tasa TC más el producto de la Constante de tiempo del sistema original por el valor constante de la nueva tasa.

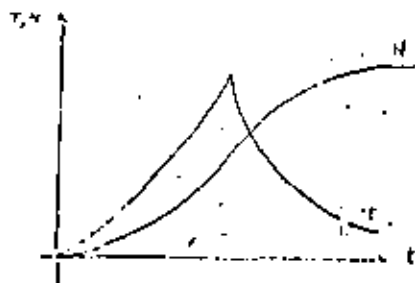
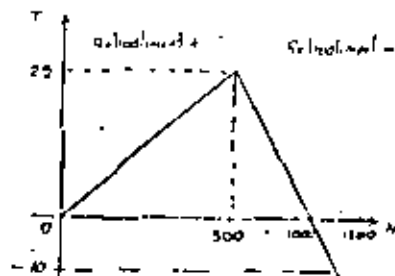
3. Crecimiento Logístico o Sigmoideal.

Este sistema combina el crecimiento asintótico y el exponencial, dentro de la región transitoria se destacan la zona de crecimiento exponencial y la de crecimiento asintótico siguiendo después la zona o región estable.

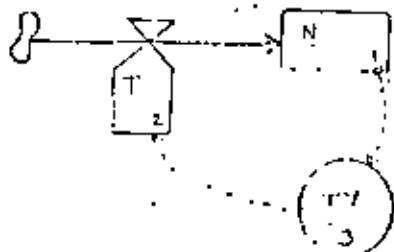
Existen varios fenómenos que se pueden representar por este tipo.



La gráfica de N T sería:



Este sistema tiene valores diferentes de tasa para cada instante y se encuentra determinado según el siguiente diagrama DYNAMO y ecuaciones:



$$N \cdot K = N \cdot J + (DT) (T \cdot JK)$$

$$M = I$$

$$T \cdot KL = TV \cdot K$$

$$TV \cdot K = TABLE (V, N \cdot K, 0, 1200, 100)$$

$$V = 0/5/1-1/10/15/20/25/20/15/10/5/0/1-1/10$$

4. Integración

Los sistemas vistos recurren al fenómeno de integrar los valores en los niveles:

dt es la variación de T respecto a t .

por lo que N valdrá después de transcurrido un tiempo t :

$$N \cdot k = N \cdot J + (DT) (T \cdot JK)$$

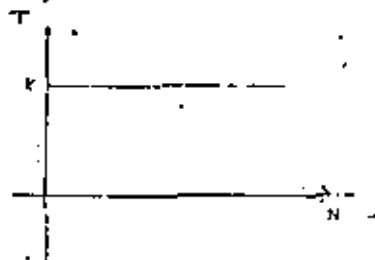
$$\frac{N \cdot K}{DT} = \frac{N \cdot J}{DT} + \frac{dN}{dt} = T(t)$$

$$dN = T(t) dt$$

$$N = \int_0^t T(t) dt$$

Si tenemos el caso de que $T(t) = cte$:

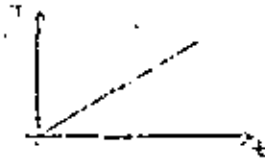
$$N = \int_0^t K dt = K t$$



Si el valor de $T = at$

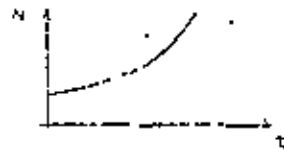
Entonces:

$$s = \int_0^t at \, dt = a \frac{t^2}{2} \Big|_0^t = a \frac{t^2}{2}$$



Si $T = e^t$

$$K = \int_0^t e^t \, dt = e^t$$

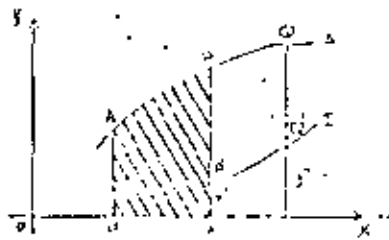


5. Integración gráfica

Para encontrar el área bajo la curva $y = f(x)$ siendo $f(x)$, continua, derivable y finita en el intervalo $[a, b]$ o sea la integral: $\int_a^b f(x) \, dx$.

Si dibujamos $f(x)$ y en $P(x, y)$ trazamos la ordenada y' cuyo valor es la medida del área bajo la curva $y = f(x)$ desde $A(x=a)$ hasta P ; o sea que

$$y' = \int_a^x f(x) \, dx$$



I es la curva integral y
 A es la primitiva

Para construir la curva integral se siguen los siguientes pasos:

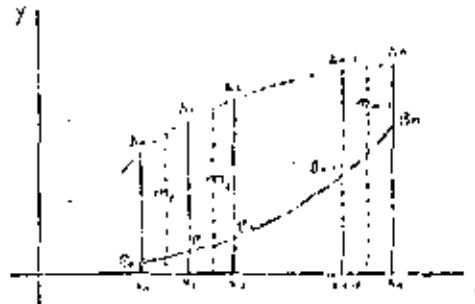
(1) Dividir el intervalo de x_0 a x_n en n intervalos, trazar las ordenadas y_0, y_1, \dots, y_n .

(2) Medir las áreas

$$x_0 x_1 y_1 = y_1, \quad x_0 x_2 y_2 = y_2, \quad \dots, \quad x_0 x_n y_n = y_n$$

Para encontrar estas áreas se puede usar un planímetro o las ordenadas medias de cada intervalo, multiplicando a la ordenada media por la base

$x_0 x_1$



$$y_1 = m_1(x_0, x_1); \quad y_2 = y_1 + m_2(x_1, x_2)$$

$$y_3 = y_2 + m_3(x_2, x_3)$$

si los intervalos son iguales

$$y' = \text{Im } \Delta x$$

(3) En $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$

Trazar las ordenadas $x_1 y_1, x_2 y_2, \dots, x_n y_n$ iguales a y_1, y_2, \dots, y_n y trazar la curva $B_0, B_1, B_2, \dots, B_n$ esta curva es aprox. la curva integral.

Otro método:

Mediante un ejemplo:

$$\left[N(t) - ND \right] e^{-\frac{t}{TA}} = N(t) - ND$$

sustituyendo en (2)

$$\frac{d N(t)}{dt} = \frac{ND - N(t)}{TA} \quad (3)$$

para $t = 0$:

$$\frac{d N(0)}{dt} = \frac{ND - N(0)}{TA}$$

en $t = t_1$

$$\frac{d N(t_1)}{dt} = \left(\frac{t}{TA} \right) \left[ND - N(0) \right] e^{-\frac{t_1}{TA}}$$

si

$$\frac{d N(t_1)}{dt} \text{ continúa otro intervalo igual a } TA:$$

$N(t)$ se aproxima a:

$$N(t_1 + TA) = N(t_1) + \left(\frac{d N(t_1)}{dt} \right) TA$$

= ND :

si $t = TA$:

$$N(TA) = ND + \left[N(0) - ND \right] e^{-1}$$

$$= ND + .368 \left[N(0) - ND \right]$$

$$= N(t) = .632 \left[ND - N(0) \right]$$

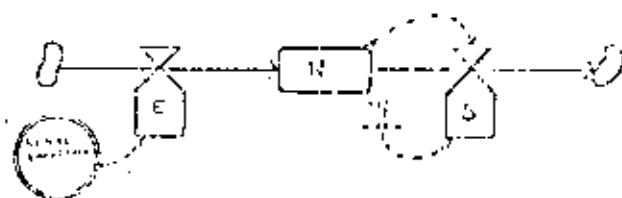
resultando que está de acuerdo con lo visto antes.

7. Demoras

Al realizar modelos de simulación dinámica es frecuente que se requiera simular demoras como una simulación de retrasos normales o anormales de la realidad. En estos casos los niveles no adquieren inmediatamente su valor sino que se ven demorados de alguna manera. La forma más simple de crear una demora consiste en dividir entre algún valor mayor que 1 a DT. de este modo cada iteración alimentamos el nivel con una fracción de su valor.

Una característica de las demoras es que el flujo nunca se pierde solo se dilata en llegar.

Las demoras se han caracterizado como demoras de primero, segundo, tercer, etc. orden y el orden tiene que ver con los niveles del sistema de demora, por ejemplo una demora de primer orden es:



La señal exógena puede ser cualquier valor como un pulso y una función escalonada, etc.

Dependiendo de la señal exógena y del orden de la demora será la forma como se alimenta el nivel o valor deseado.

Las demoras generalmente son exponenciales y transforman a una serie de flujo de entrada en una de salida. La constante de tiempo o demora T_d y el orden n rigen a la demora.

Cuando la demora total T_t se distribuye uniformemente entre los n niveles de la demora, el flujo instantáneo del nivel i de una demora exponencial de orden n es:

$$N_{i,n}(t) = \frac{N_i(t)}{n} = S_{i|n}(t)$$

El cambio neto instantáneo en el nivel i en una demora de orden n es:

$$\frac{dN_i(t)}{dt} = (-n\lambda_i N_i(t) - S_{i|n}(t))$$

pero la entrada al nivel i es igual a la salida del nivel $i-1$.

$$\frac{dN_i(t)}{dt} = \frac{N_{i-1,n}(t)}{T_t/n} - \frac{N_i(t)}{T_t/n}$$

Si $i=1$ la entrada es igual a la entrada exógena.

Respuesta de la Demora de Primer Orden a un Pulso.

Si la demora tiene un valor inicial a

$N(0)$ debido al PULSE y ya no hay más entradas subsiguientes:

$$\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda N(t)$$

Separando variables se integra:

$$\frac{dN(t)}{N(t)} = -\lambda dt$$

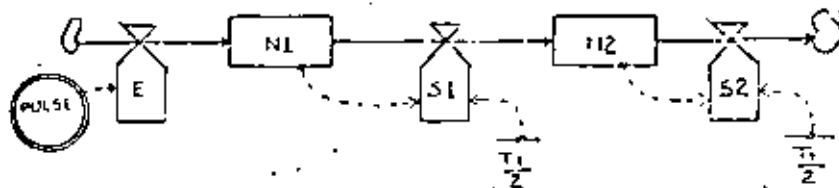
$$\int_0^t \frac{1}{N(t)} dN(t) = \int_0^t -\lambda dt$$

$$\ln N(t) - \ln N(0) = -\lambda t$$

$$N(t) = N(0) e^{-\frac{\lambda t}{T_t}}$$

en $t=0$ ocurre el valor máximo de $N(t)$ para cada periodo de tiempo T_t el nivel baja aprox. 63% en $3T_t$, 95%.

DEMORA DE SEGUNDO ORDEN



EL PULSE es $t=0$ vale $N_1(0)$

tenemos:

$$S_1(t) = E = \frac{N_1(t)}{T_t/2}$$

$$S_2(t) = \frac{N_2(t)}{T_t/2}$$

$\frac{dS_2(t)}{dt} = \frac{N_1(t)}{T_t/2} - \frac{N_2(t)}{T_t/2}$ la solución de esta ecuación es:

$$N_2(t) = \left(\frac{1}{T_t}\right) \left(2\right) N_1(0) (t) e^{-\frac{2t}{T_t}}$$

Para encontrar el valor máximo de $N_2(t)$ derivamos e igualamos a cero:

$$\frac{dN_2(t)}{dt} = \left(\frac{1}{T_t}\right) (2) N_1(0) \left[e^{-\frac{2t}{T_t}} - \left(\frac{2}{T_t}\right) (t) e^{-\frac{2t}{T_t}} \right] = 0$$

esto implica: $t = \frac{T_t}{2}$

entonces:

$$\begin{aligned}
 N_2 \left(t = \frac{T_c}{2} \right) &= \left(\frac{2}{T_c} \right) \left(\frac{T_c}{2} \right) N_1(0) e^{-1} \\
 &= N(0) / e \\
 &= .368 N(0)
 \end{aligned}$$

El máximo valor en N_2 ocurre cuando $T = \frac{T_c}{2}$ y tiene un valor independiente de T_c .

La mayor tasa es la que ocurre del nivel anterior:

$$S_2(t)_{\max} = \left(\frac{2}{T_c} \right) N_2 \left(t = \frac{T_c}{2} \right) = (0.74/T_c) N_2(0)$$

este valor disminuye al aumentar T_c .



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**DINAMICA DE SISTEMAS
(FORRESTER)**

MEXICO EN EL AÑO 2000

M en C MARCIAL PORTILLA ROBERTSON

Mayo, 1981

INTRODUCCION

El propósito del presente estudio es la realización de un modelo matemático que por sus condiciones sea aplicable a la República Mexicana, conjugando en él todos aquellos factores que son determinantes en su desarrollo socio-económico, es decir, un modelo que sea capaz de reproducir el comportamiento que han observado en los últimos años la industrialización, el crecimiento demográfico, la producción de alimentos, el agotamiento de los recursos no renovables y el deterioro del medio ambiente; para poder entonces prever tales tendencias de comportamiento de estos factores por lo que resta del siglo XX y para el XXI.

Obtenido el modelo se practicaron diversos ensayos que simularán las tendencias del comportamiento de cada uno de los ya mencionados factores, comportamientos que son debidos a las variadas influencias políticas que se presentan en un momento dado de la vida de nuestro país y que son tomados como parámetros al sistema.

Entre las muchas razones que motivaron la realización de este estudio se encuentra una que consideramos es la aportación que arroja este trabajo: demostrar que la aplicación de la ingeniería dentro del desarrollo tanto económico como social no es de rechazar se sino que debe por su natural exactitud, tomarse como base para conseguir la creación de una metodología que pueda ser utilizada --

1.5.1. DESCRIPCION DEL SISTEMA

2

México en 1977 es un país que presenta características muy especiales que dan lugar a grandes polémicas. Se encuentra en un momento crítico en su historia que implica grandes cambios en su estructura política, social y económica. Debido al alto crecimiento demográfico que presente (3.5% anual), se visualizan grandes problemas para lograr satisfacer la demanda de alimentos, servicios, educación, así como la creación de nuevas fuentes de trabajo. Por otro lado México, cuenta con una gran riqueza en recursos naturales no renovables, extensos territorios, grandes bosques y tierras apropiadas para el cultivo -- que con una correcta planeación en el aprovechamiento de estos recursos, México pueda satisfacer las demandas antes mencionadas pro-

cando con esto que la economía evolucione a la par del crecimiento de demográfico.

1.5.2 ESPECIFICACION DEL MODELO

Para que el modelo tenga utilidad debe ser capaz de establecer posibles hechos futuros, debido a lo cual puede ser de tres modalidades:

- a) Modelos que hagan predicciones precisas y absolutas. Por ejemplo, establecer el número exacto de habitantes que habrá en el año 2000, o la cantidad exacta de hectáreas cultivadas en ese año.
- b) Modelos que hagan predicciones condicionales y precisas por ejemplo, determinar el número de habitantes que habrá en el año 2000 si el número de hijos por familia se reduce a dos, ó la cantidad de contaminación persistente en el medio ambiente si se elimina el uso de determinadas materiales que son altamente contaminantes.
- c) Modelos que hagan predicciones condicionales e imprecisas, por ejemplo, si la mortalidad desciende y la natalidad se mantiene estable, la población tenderá a crecer en una forma netoria; o si la población, la industrialización y los servicios aumentan, la cantidad de recursos descenderá notablemente aunque no es posible precisar en cuanto.

Analizando las características de cada uno de estos modelos y dada la naturaleza de nuestro sistema preferimos usar modelos del tercer tipo por dos razones:

- a) Los modelos socio-económicos, son por naturaleza impredecibles totalmente, debido a que cualquier predicción acerca del futuro de este tipo de sistemas es influida por diferentes políticas alternativas.
- b) La información de tipo social por su propia naturaleza es inexacta e incompleta y consecuentemente, la elaboración de modelos de los dos primeros tipos no parecen metas fáciles de lograr para modelos de estos tipos de sistemas a largo plazo. Por lo tanto el propósito del presente modelo será establecer — en forma aproximada — las interacciones causales que existen en el sistema socio-económico — para poder poder elaborar políticas adecuadas de desarrollo aplicando para ello el tercer método.

1.5.3 DEFINICION DEL TIEMPO DE SIMULACION

El tiempo de simulación se define como el tiempo necesario para que el sistema manifieste su comportamiento y responda completamente a algunas políticas de planeación propuestas. En el caso de cada sector se escogió un período de 100 años y para el modelo general — un período de 200 años, iniciándose todas las simulaciones en el año 1900 y terminando en los años 2100 y 2100 respectivamente. El comportamiento del modelo en el período 1900 - 1977 es llamado el compor-

Los recursos no renovables, capítulo 5, que representa el combustible y el suministros de materiales para la Industria y la agricultura. La contaminación, capítulo 6, que estudia los efectos nocivos en el medio ambiente producidos por la Industria y la agricultura y que reducen la esperanza de vida, la productividad agrícola o la habilidad normal de los ecosistemas de absorber los contaminantes.

La figura 1.1 ilustra esquemáticamente los cinco sectores del modelo y las más importantes interacciones que se presentan entre ellos.

Las corridas particulares de los modelos creados para cada sector se componen de variables endógenas y exógenas. Siendo las variables endógenas las que dependen del comportamiento del sistema y lo afectan constantemente. Mientras que las exógenas afectan al sistema, pero no son alteradas por el mismo, representando éstas las influencias que cada sector recibe de los demás. Al unir todos estos modelos — Capítulo 7 — dichas variables exógenas quedan excluidas debido a que estos valores exógenos son ahora generados dinámicamente por alguno o algunos de los otros modelos del sistema, logrando la integración de éste.

1.5.5 POSTULACION DE LA ESTRUCTURA DEL MODELO

Habiendo identificado los elementos más relevantes del sistema, necesitamos especificar todas las relaciones importantes que interconectan a estos elementos para formar un sistema. Nosotros realiza-

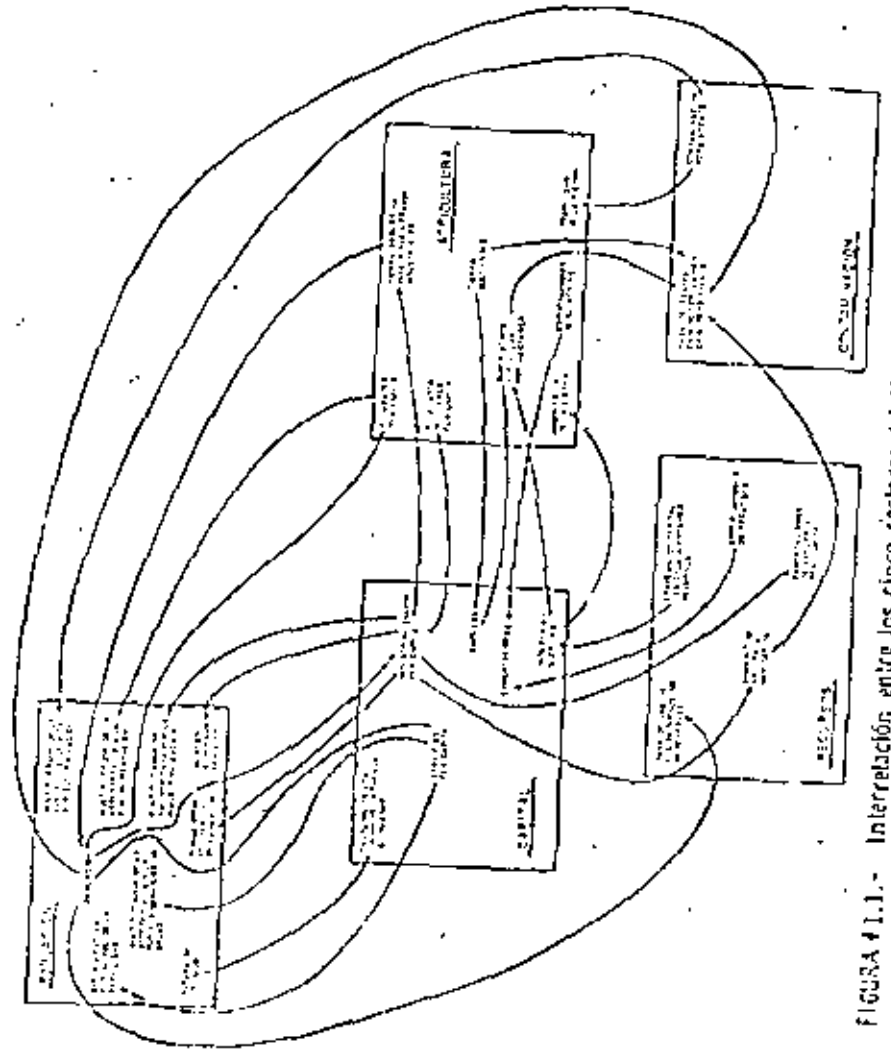


FIGURA 1.1.- Interrelación entre los cinco sectores del modelo.

mes esto en dos pasos, para incrementar la precisión. Primero, pos-
tulación de la estructura general del sistema, segundo, estimación de
los valores numéricos de los parámetros que cuantifican esta estructu-
ra. Los patrones que usamos para llevar a cabo este proceso son discu-
tidos aquí. Las ecuaciones y parámetros resultantes son tratados en de-
talle en los capítulos 2 al 6.

Las suposiciones estructurales expresan los eslabones causa-
les generales entre los elementos del modelo, indicando cuales elemen-
tos son afectados por cambios en otros elementos. Los siguientes son
ejemplos de las suposiciones estructurales incluidas en el modelo.

- 1.- Un incremento en los alimentos per cápita causará un in-
cremento en la esperanza de vida, si todos los otros fac-
tores permanecen constantes.
- 2.- Un incremento en los alimentos per cápita causará una
disminución en el porcentaje de la industrialización dedi-
cado a la agricultura y un incremento en las inversiones
hechas en servicios e industrialización.
- 3.- Un incremento en el número de hectáreas de tierra culti-
vada causará un incremento en la producción de alimen-
tos y por esto un incremento en los alimentos per cápita,
todos siendo iguales.

Dado que las suposiciones estructurales no son cuantitativas,

no son suficiente base para proyectar el comportamiento futuro del sis-
tema. Cada uno debe ser cuantificado por medio de consideraciones pa-
ramétricas. Por ejemplo, una consideración paramétrica ha de ser su-
mada al modelo para indicar el número exacto de años que podrían ser
sumados a la esperanza de vida si los alimentos per cápita fueran in-
crementados de 1000 a 2500 calorías por persona por día. El proceso
general de la elaboración y prueba de las consideraciones paramétricas
del modelo es discutido en la sección 1.5.6.

Las consideraciones estructurales que conforman un mode-
lo de un sistema dinámico son expresadas comúnmente por medio de dia-
gramas de mallas. En un diagrama de malla, las interacciones del sis-
tema son mostradas por flechas ligando de cada elemento a todas aque-
llas variables que puedan ser influenciadas por cambios en ese elemento.
La polaridad de cada influencia causal es indicada por un signo (+) ó -
(-) cerca de la punta de la flecha. Una polaridad positiva significa que
un incremento en el primer elemento causará un incremento en el se-
gundo (y un decremento causará un decremento). Una polaridad negati-
va significa que un incremento en el primer elemento producirá un de-
cremento en el segundo (y un decremento producirá un incremento).
Los diagramas causales de malla son bosquejos aproximados de las ma-
llas de retroalimentación que interactúan en el modelo y no contienen
suficiente información que permita un completo entendimiento de los po-
sibles modos de comportamiento o para analizar el modelo en una compu-
tadora, pero nos lleva a los patrones generales de las principales inter-

9

cciones del modelo.

Un diagrama de flujo en DYNAMO contiene más información de la estructura del modelo que un diagrama de malla. Provee información acerca de la forma funcional usada para representar cada elemento en las ecuaciones DYNAMO del modelo. DYNAMO, el lenguaje de computadora más usado para expresar modelos de sistemas dinámicos, no es absolutamente esencial a este método, otras convenciones de diagramas de flujo y otros lenguajes de computadora pueden ser usados. Sin embargo, dado que DYNAMO fué desarrollado específicamente para representar las continuas interacciones de retroalimentación de los modelos de sistemas dinámicos, fué el lenguaje más sencillo para nosotros para usarlo en la definición de los elementos del modelo. Todos los diagramas de flujo y ecuaciones características siguen el formato DYNAMO. El diagrama de flujo en DYNAMO completo es mostrado en el capítulo 7. Las convenciones usadas en los diagramas de flujo en DYNAMO, las ecuaciones y la forma de leer los resultados de la computadora son explicados brevemente en el apéndice DYNAMO.

1.5.6. LA ESTRUCTURA DEL MODELO

Dos mallas de retroalimentación importantes en el modelo producen el potencial para el crecimiento físico exponencial en el sistema del modelo. La primera gobierna los nacimientos; la segunda determina la inversión de capital industrial. En la primera malla un incremento en el número de nacimientos incrementará la población, y el mayor nú-

10

mero de gentes nos llevará a continuar con más nacimientos. Similarmente, un incremento en la tasa de inversión de capital aumentará la cantidad de capital industrial, el cual hace posible una producción industrial mayor. A su tiempo, la producción industrial permite más inversión, la cual incrementa la cantidad de capital aún más.

El crecimiento en población y capital es en forma exponencial debido a la naturaleza de los procesos que generan a la población y el capital. El incremento en población y capital por esto depende en parte de la cantidad de población y capital ya presente. Siempre que la tasa de crecimiento de cualquier cantidad varía directamente con la cantidad de esa cantidad, una retroalimentación positiva está presente, y su crecimiento será del tipo exponencial.

La existencia de una estructura causal que provee un potencial para el crecimiento exponencial no significa que el potencial es siempre realizado. En adición a la retroalimentación positiva que promueve crecimiento exponencial, el modelo contiene numerosos factores ambientales, económicos y sociales que pueden balancear ó aún sobrelancear las fuerzas que inducen el crecimiento. Estos factores constituyen retroalimentaciones negativas dentro del modelo del sistema. Su relativa efectividad constantemente cambia como el crecimiento progresa, y el balance resultante entre fuerzas de crecimiento y fuerzas estabilizadoras continuamente cambia. En la realidad y también en el modelo las variaciones en el conjunto de entradas provenientes del me-

El medio ambiente pueden producir tasas de crecimiento de la población y del capital positivas, negativas o nulas en diferentes tiempos.

Ninguna tasa de crecimiento exponencial constante fue escrita. Sin embargo cuando las fuerzas positivas son dominantes (cuando son mayores que las negativas), el modelo generará crecimiento exponencial a una tasa que varilará con el tiempo.

Las retroalimentaciones negativas que pueden balancear el potencial crecimiento de la población y del capital están contenidas básicamente en los sectores: agrícola, de recursos, y contaminación del modelo en la forma de consideraciones de los límites físicos del sistema. Estos límites están representados dinámicamente, y pueden ser aumentados o disminuidos dependiendo de lo que suceda en el modelo. El modelo incorpora las siguientes consideraciones acerca de estos límites:

- 1.- La cantidad de tierra potencialmente cultivable que puede ser desarrollada en cultivada por medio de su ministros agrícolas es finita y cuando esta tierra cultivable disminuya el costo marginal del desarrollo de la tierra medido en términos de capital y energía se incrementará.
- 2.- Hay un límite para la cantidad de alimentos que pueda ser producidos en cada hectárea cultivada por año. Se puede aproximar a este límite por medio de inver-

sión en suministros agrícolas tales como fertilizantes, pesticidas y tractores, también alejar de este límite al decrecerse la producción de la tierra por contaminación y por degradación ecológica del suelo.

- 3.- La existencia de recursos naturales no renovables en la tierra es finita. El límite absoluto de disponibilidad de recursos es la cantidad total de recursos existentes en la corteza terrestre. Sin embargo el costo de extracción y explotación será mayor en la medida en que los recursos se vayan agotando.
- 4.- Hay un límite en el cual el medio ambiente puede asimilar a los contaminantes, este puede aumentar o disminuir en función de la toxicidad de los materiales.

Estos límites proveen retroalimentaciones negativas para el crecimiento de la población y el capital. Estos mecanismos de retroalimentación social están incorporados en el modelo general implícitamente y están distribuidas en los cinco modelos que representan a los cinco sectores que son incorporados al modelo general.

1.5.7 EVALUACION DE LA SENSIBILIDAD DEL MODELO. - UTILIDAD Y EXPERIMENTACION.

Numerosas simulaciones del modelo del sistema con diferentes valores de los parámetros, indican el rango de comportamiento que puede exhibir el modelo y su sensibilidad a esos cambios. A este proceso se lo denomina "experimentación".

Es importante estudiar cuales son los elementos del sistema que influyen más profundamente en su comportamiento, para ejercer sobre ellos las acciones de control convenientes. Para esto es necesario observar los cambios cualitativos del comportamiento del modelo, y no tanto los cuantitativos. Ya que podrán existir, por ejemplo, variaciones que provoquen que la población en México en lugar de llegar a 120 millones aproximadamente en el año 2000 llegue hasta 140 millones o más; sin embargo, su rápido crecimiento exponencial no habrá variado en forma substancial. En cambio se pueden hacer pequeños cambios que provoquen que la población se mantenga en un valor estacionario. A estos parámetros se les deberá poner mayor atención en su estimación.

Existen puntos, generalmente en la intersección de muchas curvas positivas y negativas, donde un pequeño cambio en los valores numéricos puede cambiar la dominancia relativa de las curvas. Esto provocará que la tendencia del sistema completo crezca o declina.

Un concepto importante al analizar un modelo dinámico, es localizar estos puntos, porque ellos indican relaciones en las cuales se debe profundizar en su investigación para entender mejor el sistema. Y a su vez, estos puntos también indican las variables del sistema donde nuevas políticas pueden ser efectivas para alterar su comportamiento.

Para juzgar la utilidad del modelo es preciso basarse en las

siguientes condiciones:

- 1.- Cada suposición del modelo deberá ser consistente con medidas directas u observaciones del sistema real. Ninguna suposición o parámetro sin significado en el mundo real deberá ser incluida.
- 2.- Cuando el modelo simule el período histórico, el comportamiento de cada variable debe ser similar al que muestra en la realidad. Cuando el sistema sea simulado en el futuro, cada variable deberá seguir un comportamiento razonable dentro de un rango de valores aceptable.
- 3.- El modelo deberá ser suficientemente simple para que las razones de su comportamiento puedan ser comprendidas y sean generalmente principios que se puedan aplicar al sistema real.

1.5.8 LIMITES FISICOS DEL MODELO

Existe un grupo de valores en ciertos parámetros del modelo que son de particular importancia, debido a que el comportamiento del modelo es sensible a sus valores y porque sus estimaciones reflejan directamente el comportamiento ecológico o tecnológico del modelo. Estos son los valores que expresan los límites físicos en el modelo. Al intentar asignar valores límites a los parámetros que son relevantes con los recursos del país, se deberá tener en consideración lo siguiente:

- 1.- Tierra potencialmente cultivable - 30.06 millones de hectáreas - o sea un 40% más de lo que se cultiva - actualmente.
- 2.- Producción máxima por hectárea - 6000 kilogramos de vegetal equivalente/hectárea - año - ó 2.5 veces el promedio de producción del país en 1970.
- 3.- Recursos naturales no renovables (cantidad total explotable) - 27 mil millones de unidades de recurso - o sea 10 veces más de lo extraído hasta 1970.
- 4.- Tasa de asimilación de la contaminación persistente -- (por año) - 25 veces la cantidad de contaminación asimilada por los ecosistemas en 1970.

Nuestra justificación de estos valores y las pruebas de valores posibles son presentados en la sección de la descripción de las ecuaciones de cada sector. Creemos que los valores asignados representan una posición optimista desde el punto de vista tanto ecológico como tecnológico.

2.1 INTRODUCCION

El intento en el presente estudio es el de establecer la relación existente entre ciertos parámetros tales como la esperanza de vida, los nacimientos por año, las muertes por año, la fertilidad, la industrialización, etc. y que permite que la población se desarrolle como lo ha estado haciendo en los últimos años: exponencial. Manejando estas variables dinámicamente se puede simular su comportamiento a través del tiempo con la ayuda de la computadora y se podrá comprobar entonces si el modelo creado cumple con el desarrollo que ha tenido la población en un tiempo determinado, y si esto se logra, este modelo será capaz de mostrar tendencias de crecimiento para la población en los años futuros. Más aún, estaremos en la posibilidad de crear políticas artificiales de control de dicho crecimiento, modificando simplemente las constantes que intervengan en el modelo.

Estudios de este tipo han sido ya realizados por investigadores e instituciones reconocidas mundialmente, y todos ellos responden a la inquietud e incertidumbre de nuestra situación en el futuro. En México poco a poco nos hacemos conscientes de esta situación, así lo indican artículos publicados recientemente: "En 1980, de una población compuesta por 73 millones de habitantes, 40 millones vivirán en las ciudades" (1), "8,000 niños nacen al día en México (2), "Ya hay una mayor conciencia del problema demográfico en la pareja mexicana dicen . . ." (3), ¿Qué provoca este au-

mento exponencial de la población mundial y por tanto la mexicana? Los servicios para conservar la salud han aumentado desde la Revolución Industrial, las tasas de mortalidad han descendido notablemente, y las tasas de natalidad han aumentado considerablemente, - el promedio de vida del ser humano debido al cambio en las tasas, - es mayor cada vez. En México, "La mayoría de quienes será padres de familia en el año 2000 ya nacieron" (4).

Un profesor de la Universidad Nacional Autónoma de México afirma:

"Especial atención merece el área metropolitana de la Ciudad de México, tanto porque en ella vivimos, cuanto porque es una de las zonas urbanas con más rápida expansión en el mundo. Si México con en su conjunto ostenta el primer lugar de la tierra por su crecimiento demográfico del 3.5% anual, su zona metropolitana capital - reborda cualquier competencia pues casi lo duplica con el 5.7% - anual! Esto quiere decir que su población se duplica cada 12 años - y con ella, si se quiere mantener solamente el nivel de vida actual, - se tendrían que duplicar a su vez, el área que actualmente ocupa, - el ancho de sus calles; el servicio de transportes y viaductos; sus escuelas, bibliotecas, centros de servicio social, parques, servicio de agua y de energía eléctrica. ¡Todos ellos duplicados en el lapso de dos períodos presidenciales!" (5.)

Realmente nos parece que el crecimiento de la población - tanto en México como en el mundo es un hecho que se tiene que -

tomar en cuenta, y hay que tratar de frenarlo, ya que va en juego el destino de las próximas generaciones.

2.2 CONCEPTOS UTILIZADOS

Para poder determinar un modelo dinámico, en este caso el de la población, habrá que definir primero un objetivo, posteriormente el planteamiento del problema, su medición, el análisis de datos y la elaboración del modelo que lo simule. Para finalizar, habrá que sacar conclusiones aplicables a dicho sistema analizado.

Para alcanzar el objetivo mencionado se necesitan ciertos - conceptos básicos que son con los que se trabajará y los que definirán las variables que afectan a la población.

2.2.1 CRECIMIENTO EXPONENCIAL

Algo que ha caracterizado a las poblaciones de los diferentes países en vías de desarrollo, como lo es México, es el alto crecimiento exponencial. Esto lo podemos observar claramente en la figura 2.1 donde se ha graficado la población de México contra el tiempo comenzando en 1900 y terminando en el año de 1970 según datos de Nacional Financiera. Se puede ver claramente que si quisiéramos simular este comportamiento bastaría con una ecuación exponencial del tipo:

$$POBT = (POBTI) \text{EXP} (TC) (T)$$

donde POBT es la población total, POBTI es la población inicial en 1900, (13.6 millones), TC es la tasa de crecimiento y T es el número de años después de 1900.

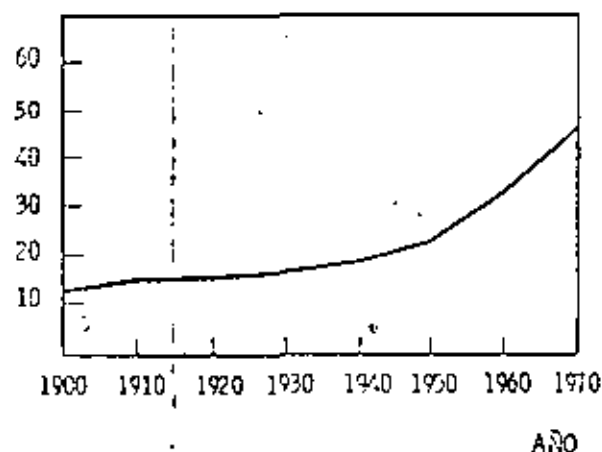


FIGURA # 2.1.- Gráfica de la Población de México.

Esta ecuación exponencial es bastante aproximada, pero si solamente nuestro modelo fuera esta ecuación exponencial, no sabríamos nada de las causas de dicho crecimiento, cosa que se pretende conocer aquí.

2.2.2. TASA DE CRECIMIENTO

Podemos empezar analizando la tasa de crecimiento, que

queda definida como la tasa de natalidad menos la tasa de mortalidad; es obvio que para que exista un crecimiento, la tasa de natalidad debe ser mayor a la tasa de mortalidad.

Es importante señalar que el crecimiento de la población está regulado únicamente por dos factores, los nacimientos y las muertes, su influencia queda aclarada en la figura 2.2. Se observa que los nacimientos aumentan la población y las muertes la disminuyen; cuando una variable se aumenta y disminuye por efecto de otras dos se dice que dicha variable es de nivel, y de ahora en adelante conoceremos a la población como una variable de nivel.

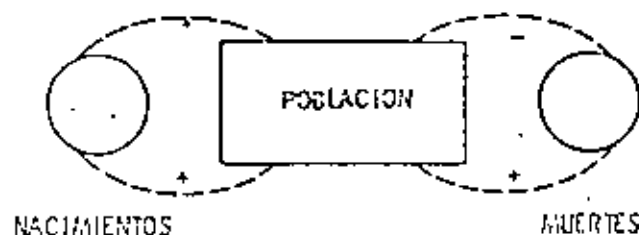


FIGURA # 2.2.- Esquema Causal de la Población.

2.2.3 SUBNIVELES DE POBLACION

Ahora bien, nuestro interés no es tan solo cuantificar cuantos somos, sino encontrar las razones del crecimiento, dado lo cual desglosaremos la variable población en 15 subniveles cada uno de ellos agrupando a la población en rangos de edad.

Las razones por las que se escogió un modelo con 15 subniveles son las siguientes:

a) Teniendo una estructura de 15 niveles para estudiar a la población, se puede establecer más fácilmente la probabilidad de vida de cada nivel, ya que dicha probabilidad es distinta en un niño que en un adulto.

b) Aprovechando la distribución en niveles se puede primero identificar a aquellos grupos de edad en los que se encuentran las mujeres fértiles. Posteriormente se le asigna a cada grupo una probabilidad de fecundidad, de una manera más exacta.

c) Es posible obtener también la población económicamente activa del país como una sumatoria de aquellos niveles de población que incluyan el rango de edad entre los 15 y los 65 años. En el capítulo 3 se explica esta sumatoria en más detalle.

Observando las figuras 2.3 y 2.4 se puede interpretar más fácilmente esta estructura de 15 niveles, en la figura 2.3 se muestra la pirámide de la población de México, en el eje de las abscisas se tiene el porcentaje de población total que cada rango de edad o nivel tiene; en el eje de las ordenadas están dichos niveles. Como se ve,

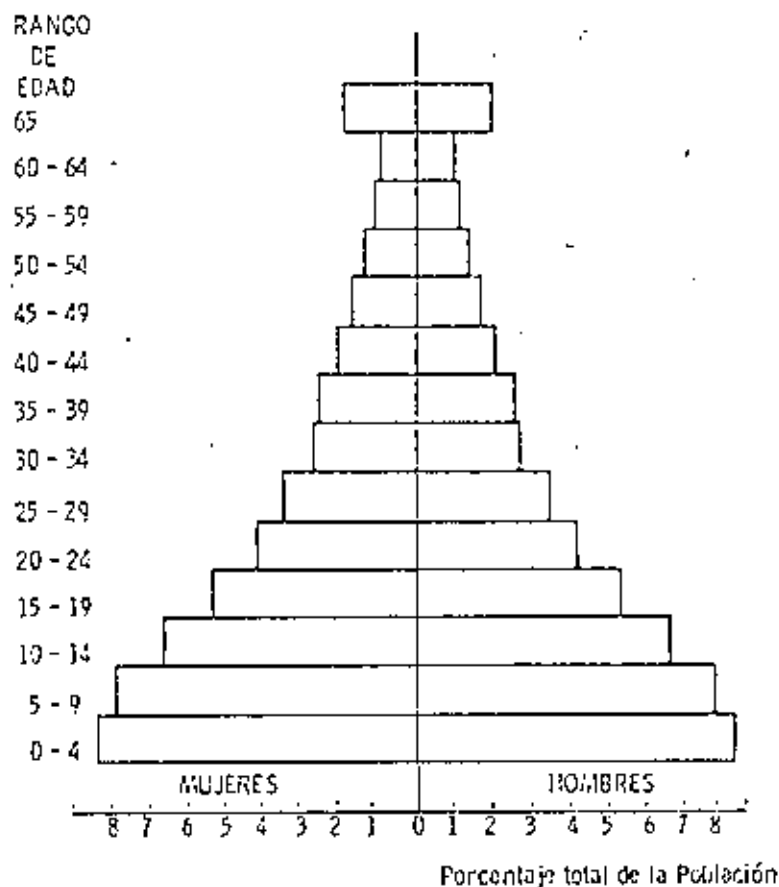


FIGURA 2.3.- Pirámide de la Población de México en 1970 por rangos de edad.

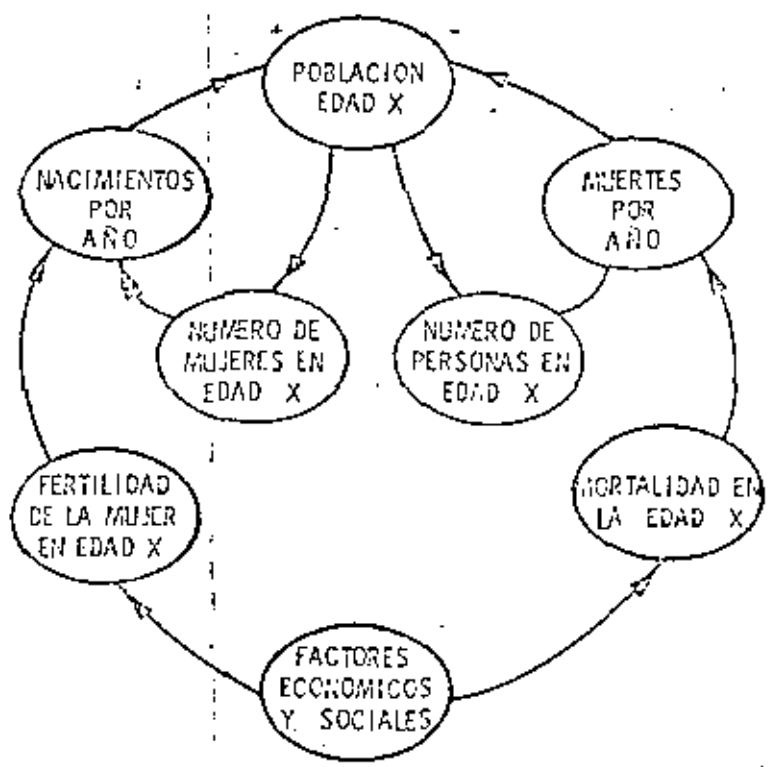


FIGURA 2.4.- Esquema causal de la Población dividida en niveles por rangos de edad.

debido a que la tasa de natalidad es bastante alta se crea una pirámide en forma de triángulo con una base muy ancha.

La estructura en edades de la población es un resultado de los pasados nacimientos y muertes de personas, y es causa al mismo tiempo de los próximos nacimientos y muertes.

2.2.4 FERTILIDAD, NATALIDAD Y MORTALIDAD

El número de nacimientos en cualquier año es función de dos cosas: del promedio de fertilidad de cada mujer, en etapa reproductiva (de los 15 a los 45 años aproximadamente) y del total de mujeres en dicho período.

Una pirámide de población como la de México implica que en 15 años, más mujeres alcanzarán la etapa de la pubertad que mujeres que lleguen a su menopausia. Esto quiere decir que aunque la fertilidad disminuyese, el número de mujeres totales en la etapa reproductiva haría que la tasa de natalidad siguiera aumentando por muchos años más. (6).

Podemos ahora tratar de encontrar aquellos determinantes que afectan los nacimientos y las muertes.

Existe desde luego el determinante demográfico que en el caso de los nacimientos está constituido por el número de mujeres en cada subnivel; en el caso de las muertes, es simplemente el número de personas en dichos niveles.

Cada determinante demográfico está afectado por determinan-

tes externos tales como la fertilidad y la mortalidad, y éstos son -- los que engloban o reflejan todas las influencias socio-económicas que afectan las tasas de vida.

La mortalidad es la probabilidad de cada persona en un nivel dado de morir.

En la figura 2.5 y 2.6 se muestra el esquema de lo explicado anteriormente.

¿Cuáles son los factores externos que afectan la fertilidad y la mortalidad?

Estos pueden ser biológicos, sociales y económicos y a su vez pueden ser voluntarios o involuntarios, y aquellos factores de control que pueden usarse para modificarlos.

En la fertilidad intervienen factores voluntarios como lo -- son la fertilidad deseada, que significa que una pareja tendrá hijos sólo cuando esta lo decida.

El factor involuntario que afecta la fertilidad es la limita- -- ción misma de la mujer de tener un máximo de hijos durante su -- período reproductivo.

El control impuesto sobre la fertilidad está dado por casa- -- mientos tardíos, abortos y anticonceptivos, actuando los controles -- siempre y cuando éste se necesite y se haya presupuestado para lo -- lograrlo.

En el caso de la mortalidad, el factor voluntario no tendría -- significado, ya que posiblemente sería cero y no se aplicaría, --

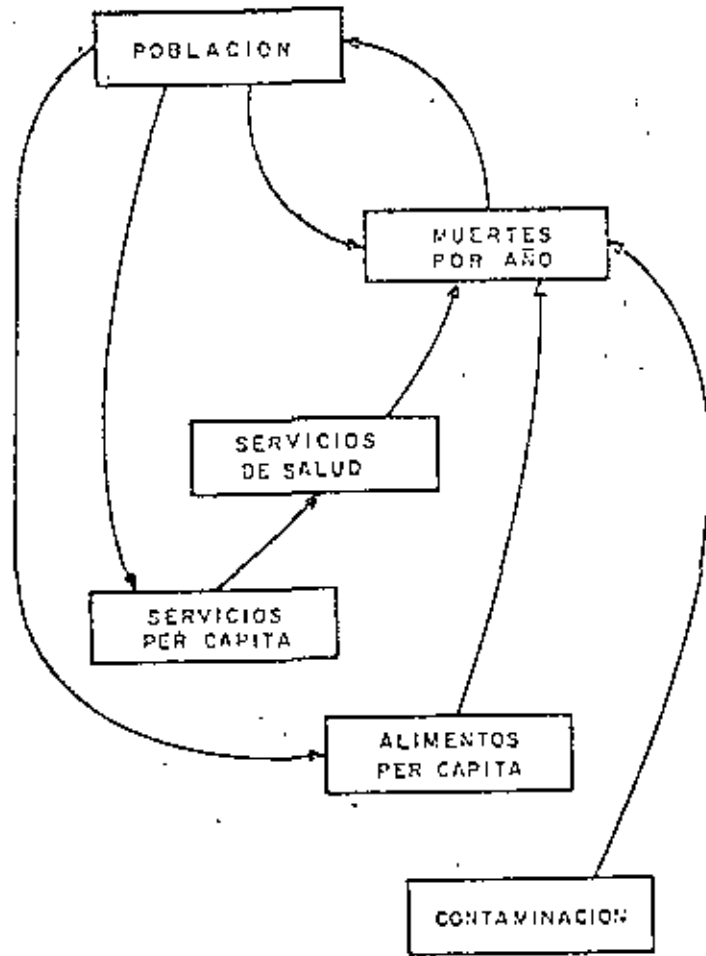


Figura # 2.5.- Influencia de la Mortalidad en el Modelo.

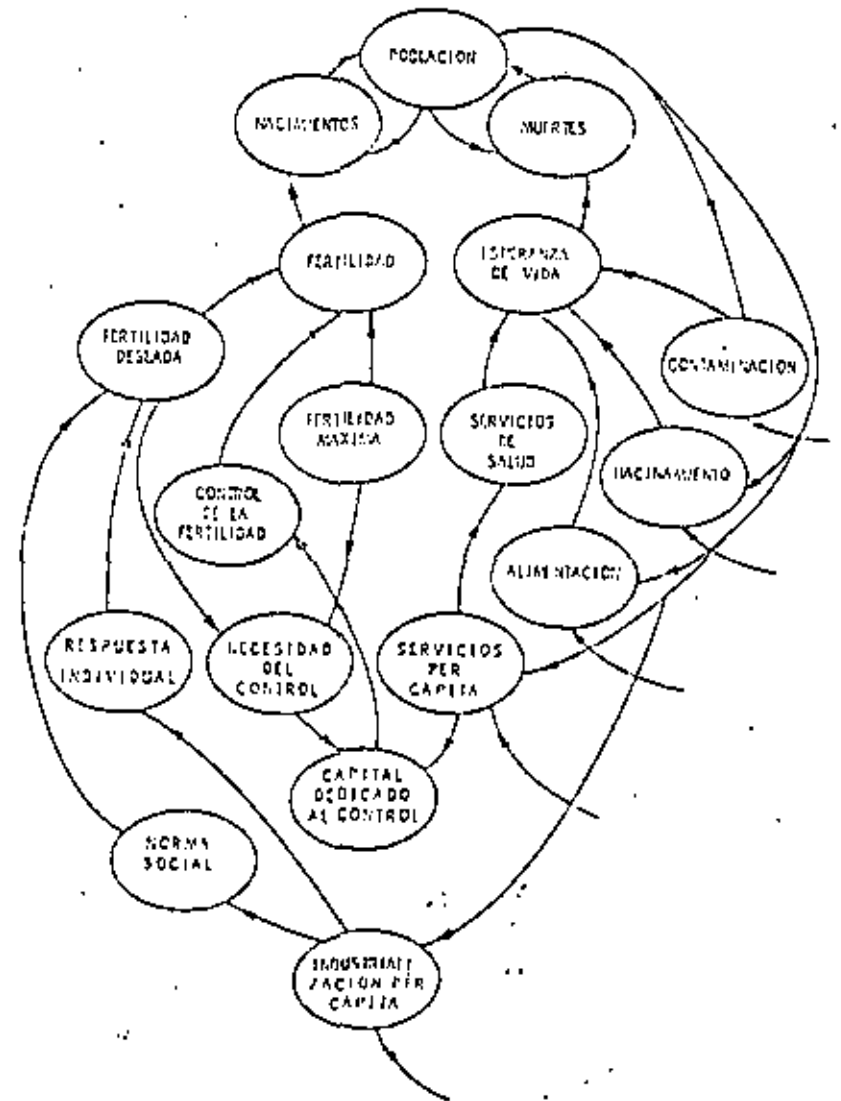


FIGURA # 2.6.- Influencia de la Esperanza de Vida y de la Fertilidad en el Modelo.

y los factores involuntarios serían aquellos como la contaminación, la falta de alimentos y la excesiva conglomeración de personas, en los distintos núcleos de población. Un control sobre la mortalidad lo constituyen los servicios dedicados al mejoramiento de la salud y a la preservación de ésta.

Un factor que afecta de manera determinante a la fertilidad y a la mortalidad es la industrialización, su efecto se deja sentir - en los demás factores externos que afectan a los nacimientos y las muertes. La industrialización, son los productos elaborados, las - medicinas, los alimentos conservados, los desechos industriales -- son contaminación, los empleos son creados por industrias nuevas, las comunicaciones son una industria, y vivimos en una sociedad de consumo "la población no puede crecer sin alimentos, la producción de alimentos aumenta con el crecimiento del capital, más - capital exige más recursos, los recursos desechados se convierten - en contaminación, la contaminación interfiere en el crecimiento de la población y de los alimentos" (7).

2.2.5 ESPERANZA DE VIDA

Finalmente, encontramos un concepto más que es el de la - esperanza de vida, es el promedio de vida de la población en general, y es la que junta los efectos externos que afectan a la mortalidad y al límite máximo de la fertilidad.

Cuatro factores afectarían entonces a la esperanza de vida, - que como ya se ha dicho son la contaminación, los servicios dedica

dos a la salud, los alimentos existentes y el hacinamiento (conglomeración de las personas en las ciudades), de su interrelación se - hablará en más detalle en la sección de Descripción de las Ecuaciones.

Fa/Ta 32

2.4.1. CORRIDA HISTORICA.-

La simulación mostrada en la figura 2.25, representa el comportamiento histórico cualitativo de las variables de población (P) Esperanza de Vida (E), Nacimientos por Año (N), Muertes por Año -

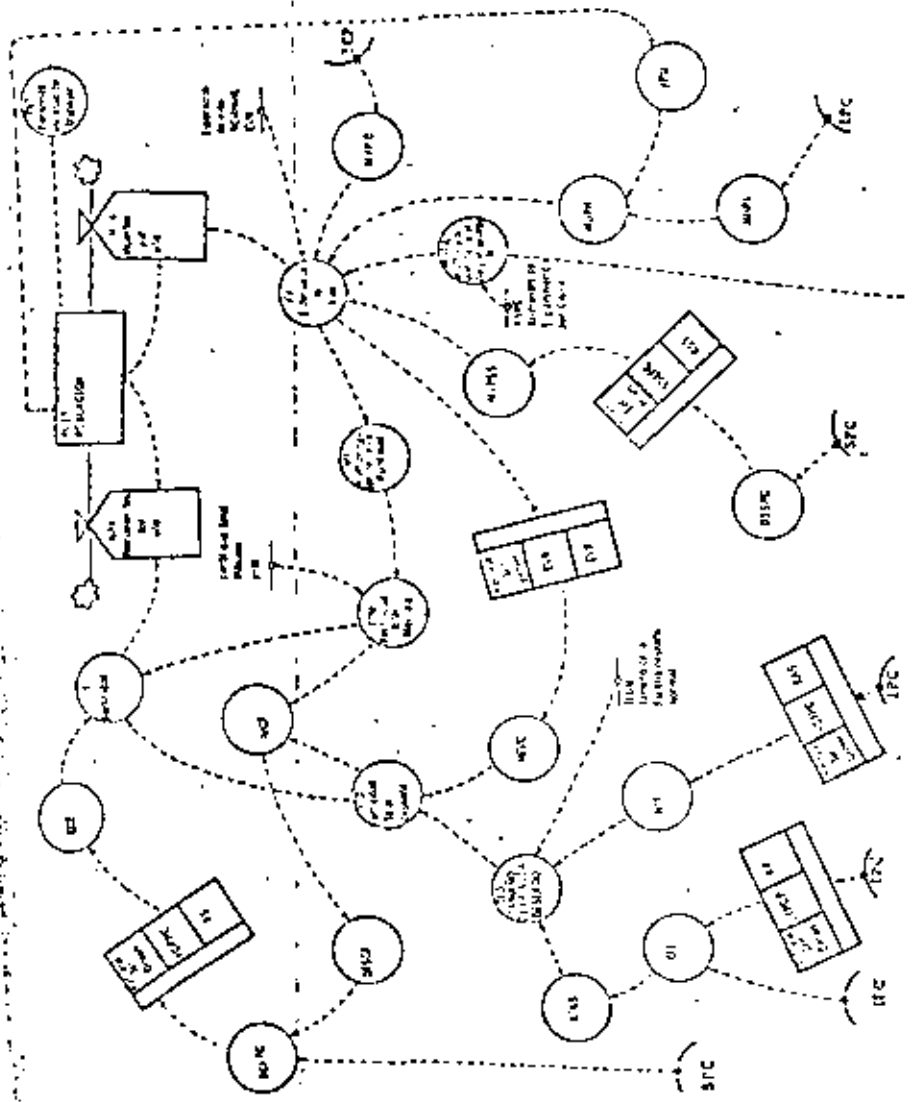


FIGURA 2.7 - DIAGRAMA DE FLUJO EN DINAMICO DEL SECTOR POBLACION.

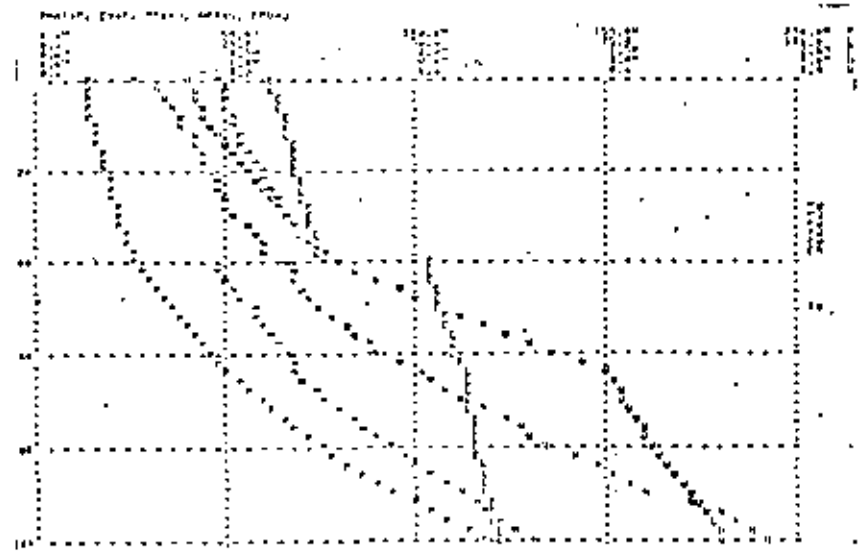


FIGURA # 2.25. - Corrida Histórica del Sector de Población.

POST	(P)	Población Total
EV	(E)	Esperanza de Vida
MPA	(M)	Muertes por Año
NPA	(N)	Nacimientos por Año
FPU	(U)	Fracción de Población Urbana

pesos/persona, 1900 pesos/persona y 230 kg-equivalentes vegetales/persona-año respectivamente, y corresponden a los valores que - estas variables tenían al principio del crecimiento tecnológico de México.

En estas condiciones las muertes por año y los nacimientos por año son muy semejantes, estos últimos un poco mayores, - provocando un crecimiento muy lento de la población hasta solo 22 millones en el año 2000. La Esperanza de Vida es mantenida en - 28 años, disminuida un poco por la contaminación. La urbanización sólo estaría representada por el 30% de los habitantes. Esto sería - un típico país no industrializado.

2.4.3. CORRIDA QUE MANTIENE LA INDUSTRIALIZACIÓN, LOS SERVICIOS Y LA ALIMENTACIÓN CONSTANTES Y A UN ALTO NIVEL.

8000 y 1000 pesos/persona-año y 850 kg-equivalente de vegetales/persona-año, unos valores que México está muy lejos de poseer, pero que nos dan idea de que el crecimiento se ve restringido por el alto nivel de vida. La Población apenas rebasa los 35 millones, la - esperanza de vida es altísima (de 75 años), los nacimientos y las - muertes por año son mantenidas a bajos niveles. (Figura 2.27).

2.4.4. CORRIDA SEMEJANTE A LA 2.4.2

La diferencia que existe es que hay un impulso en la influencia de los servicios de salud en la esperanza de vida, y según

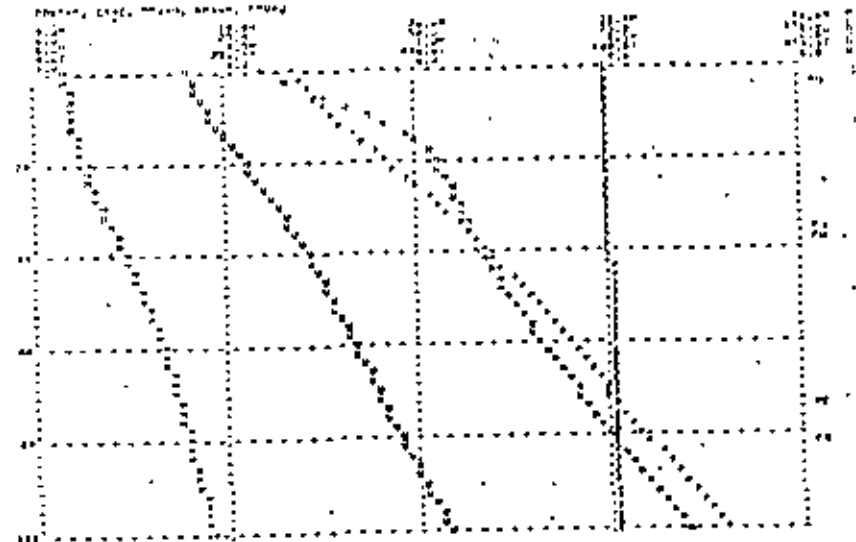


FIGURA # 2.27.- Industrialización, Servicios y Alimentación per - Cápita constantes y a un valor alto.

POBT	(P)	Población Total
EV	(E)	Esperanza de Vida
NPA	(N)	Nacimientos por Año
MPA	(M)	Muertes por Año
UPU	(U)	Urbanización de Población Urbana

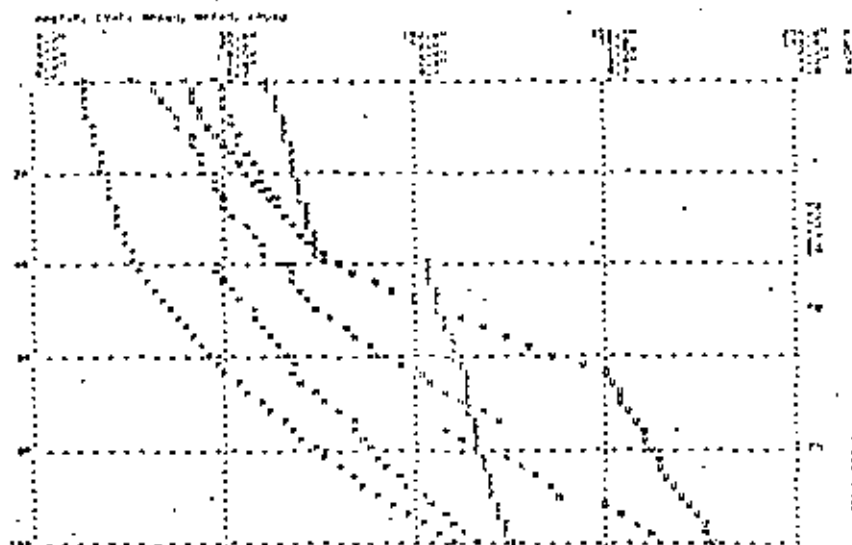


FIGURA # 2.29.- Perfecto Control de la Natalidad.

POBT	(P)	Población Total
EV	(E)	Esperanza de Vida
MPA	(M)	Muertes por Año
NPA	(N)	Nacimientos por Año
FPU	(U)	Fracción de Población Urbana

3.1 INTRODUCCION

No tiene sentido estudiar los recursos de México -ni sus necesidades tampoco- si no se conoce de antemano el marco económico en el que este país se desarrolla.

La cantidad y el tipo de bienes, servicios y alimentos disponibles a un individuo influyen poderosamente en su educación, - sus valores, su salud, el tamaño de su familia y su estilo de vida. Cada una de estas características personales influirán en el conjunto de bienes y servicios, así como en las inversiones, que él preferirá en el futuro. Nuestro objetivo en el sector de inversión de capital fué el de proporcionar los componentes básicos de un modelo - que pudiera analizar la tendencia del acceso de la población a bienes materiales, servicios y alimentos.

Los economistas han aventajado a todos los demás científicos del área social en la generación y en el análisis de teorías formales, pero han considerado casi exclusivamente problemas a corto plazo. A partir de que nuestro modelo involucra el fenómeno económico que se desarrolla en períodos de treinta a cien años o más, la mayoría de los modelos económicos comunes fueron de poca utilidad en la elaboración del sector Inversión de capital. Sin embargo, existen ciertos patrones en la interrelación entre los servicios, la producción industrial, el consumo de alimentos, la inversión, el comercio exterior y el consumo material en México. Nuestro propósito - en este capítulo es analizar dichos patrones y describir el conjunto-

de interrelaciones que los reproducen en el modelo.

En la siguiente sección de este capítulo presentamos algunos estudios sobre la composición del Producto Nacional Bruto, los cuales ilustrarán los patrones del comportamiento histórico que hemos utilizado en la elaboración del modelo del sector de inversión de capital. La descripción de dichos patrones es seguida por una discusión de los conceptos y definiciones que fueron empleados para formular el modelo.

En la sección 3.5 se describe cada una de las ecuaciones en DYNAMO utilizadas en el modelo; y finalmente, el capítulo cierra con algunas corridas de simulación del sector de inversión de capital auxiliado por valores exógenos para población, capital dedicado a obtener recursos, empleos agrícolas y exportaciones no industriales.

3.2 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO

El índice económico más utilizado para representar la actividad productiva de un país es el Producto Nacional Bruto (PNB), definido como el valor monetario de todos los bienes y servicios producidos por un país en un año.

Otro de los conceptos más importantes en la economía es el "Producto per Cápita", que se define como "la razón del PNB de una nación a su población", un índice muy representativo del nivel de vida de un país. El incremento del producto per cápita es un valor clave para definir el grado de desarrollo que adquiere un país a lo largo del tiempo.

3.2.1 COMPOSICIÓN DEL PRODUCTO NACIONAL BRUTO.

Para fines de contabilidad internacional, el Producto Nacional Bruto (PNB) se ha subdividido en varias categorías. El esquema más utilizado para subdividirlo está basado en la Clasificación Industrial Internacional (ISIC). En la figura 3.1 se listan las nueve categorías mayores de la ISIC junto con las nueve subdivisiones mayores de la tercera categoría, manufacturas (1). El Banco de México se basa en esta clasificación para separar el Producto Interno Bruto de México según el tipo de actividad económica (2).

CODIGO	CLASIFICACION Y DESCRIPCION
1	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.
2	Explotación de minas y canteras.
3	Manufacturas
3.1	Productos alimenticios, bebidas y tabaco.
3.2	Fabricación de textiles, prendas de vestir y productos de cuero.
3.3	Productos de madera y fabricación de muebles.
3.4	Fabricación de papel, imprenta y editorial.
3.5	Fabricación de productos químicos, de caucho, de plástico y derivados del petróleo y del carbón.
3.6	Fabricación de productos de minerales no metálicos.
3.7	Industrias metálicas básicas.
3.8	Fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo.
3.9	Otras industrias de manufacturas.
4	Electricidad, gas y agua.
5	Construcción.
6	Comercio, restaurantes y hoteles.
7	Transportes, almacenaje y comunicaciones.
8	Servicios de crédito, seguros y fianzas.
9	Servicios personales, sociales y para la comunidad.

Figura 3.1 Clasificación Industrial Internacional.

Los economistas han encontrado ciertas similitudes en las diferentes categorías de la ISIC con respecto al comportamiento de las economías de diferentes países a través del tiempo. Un estudio realizado por Chenery y Taylor (3) divide el PIB en tres secciones: producción primaria, industria y servicios. En dicho estudio se consideran los productos agrícolas, mineros, forestales y pesqueros dentro del Sector Primario; los productos manufacturados, los de la industria de la construcción y otros productos materiales dentro del Sector Industrial; y dentro del Sector de Servicios, los productos bancarios, seguros, salud pública, educación y otros productos intangibles.

Peter Temin (4) separa el PIB en una forma similar al estudio realizado por Chenery y Taylor, pero incluyendo los productos de la Minería dentro del Sector Industrial en lugar de considerarlos dentro del Sector Primario.

En ambos estudios se encontró un patrón de evolución común para todos los países analizados: mientras el PIB per cápita de un país crece, la fracción del PIB derivada del Sector Primario disminuye, la fracción del producto a partir del sector de servicios aumenta lentamente y la fracción derivada del sector industrial aumenta rápidamente.

La mayoría de las sociedades humanas presentan un grupo de prioridades común: primero, sustento fisiológico; después confort físico; y finalmente, una realización intelectual o espiritual.

Mientras la nutrición no alcance el nivel de supervivencia, existirá un interés mínimo en vivienda o educación. Una vez que el sector agrícola ha crecido lo suficiente para satisfacer las necesidades alimenticias básicas, se podrá poner más atención en el vestido, la vivienda y otras necesidades para confort físico. Con las necesidades físicas alcanzadas a través de la expansión del sector industrial, se podrá proceder a incrementar los servicios.

3.3 CONCEPTOS Y DEFINICIONES

A partir de que se desarrolló un modelo dinámico, no fue suficiente observar los patrones históricos de la magnitud y composición del Producto Nacional; se tuvo que entender además el funcionamiento del sistema productivo bajo estos patrones. Se analizó el desarrollo económico de varios países para poder formular ciertas tendencias a seguir en el desarrollo futuro de México. Para el presente siglo bastó con estudiar su comportamiento histórico, pero como el modelo involucra un período mayor, fue necesario basar su desarrollo económico en patrones de evolución mundiales, basados éstos en un conjunto de países tipo. A continuación se describen los conceptos fundamentales y las definiciones que se encontraron útiles para modelar la operación del sistema productivo en México.

3.3.1 CLASIFICACION DEL CAPITAL Y DEL PRODUCTO.

Para nuestro estudio fue importante dividir el PNB en grupos de actividades económicas que tuvieran efectos similares en los otros sectores del modelo global: contaminación, recursos no renovables y población.

En el modelo general el criterio utilizado para separar el PNB fue el grado en que una actividad económica utiliza recursos no renovables y genera contaminación persistente (definido en los capítulos 5 y 6). En base a esto, identificamos cuatro categorías del

producto:

1. - Servicios, la componente intangible del PNB, está compuesto por las actividades que promueven la salud, educación, cultura, etc. de la población. La utilización del capital de servicios para producir cualquier tipo de servicios se puede considerar que no consume recursos ni genera contaminación persistente (las manufacturas del capital de servicios es un proceso industrial).
2. - La producción agrícola es la parte del PNB compuesta por aquellas actividades requeridas para producir, procesar y distribuir alimentos. La utilización del capital agrícola para producir alimentos no consume recursos no renovables, pero puede generar contaminación persistente. Esto se debe a que la producción de productos químicos agrícolas y equipo está considerada en el modelo como parte de la producción industrial; sin embargo, al utilizar estos productos en el sector agrícola pueden causar un deterioro significativo en el aire, el agua y los recursos del suelo.
3. - La producción de recursos no renovables es la componente del PNB compuesta por las actividades necesarias para localizar, extraer, procesar y distribuir mi-

nerales y combustibles. El capital requerido para obtener recursos es considerado como una parte del capital industrial.

4. - La producción industrial está compuesta por todos los tipos de bienes manufacturados. La utilización del capital industrial para producir industrialización consume recursos y además genera contaminación persistente.

Los cuatro categorías no son perfectamente distintas una de la otra. Por ejemplo, cualquier tipo de bien de capital que constituya una infraestructura social, como una carretera, contribuye a cada una de las cuatro categorías. Sin embargo, la mayoría de los tipos de producción y la mayoría de las actividades pueden ser relacionadas a una de las tres categorías de capital, (industrial, de servicios y agrícola).

A partir de que el proceso de construcción de edificios para vivienda, educación o salud puede causar alguna contaminación, la construcción es tratada como parte del capital industrial. Pero la contaminación — así como el consumo de recursos no renovables — será poco significativa una vez que estos edificios pasen a formar parte del capital de servicios. En forma similar, la operación de una planta de pesticidas consume recursos, por lo tanto, la planta es catalogada como parte del capital industrial. Los materiales persistentes

tes (definidos en el capítulo 6) introducidos en el medio ambiente a través de la fabricación de pesticidas están clasificados como contaminantes industriales. Los pesticidas una vez elaborados, pasan a formar parte del capital agrícola y cuando este capital es utilizado para la producción de alimentos, los pesticidas introducidos en el ecosistema son clasificados como contaminantes agrícolas.

Mientras que el nivel de recursos no renovables es calculado en un sector independiente en el modelo general, el capital dedicado a obtener recursos (pozos petroleros, equipo minero, fundidos) es definido como una parte del capital industrial. Entonces, cada una de las nueve divisiones económicas mayores de la ISIC -- (figura 3.1) está asociada con un nivel de capital particular en el modelo. El sector agrícola provee la mayoría de la producción de la primera división de la ISIC; quedando consideradas de la segunda división a la quinta dentro del capital industrial y las últimas cuatro divisiones dentro del capital de servicios.

3.3.2 EL COMERCIO EXTERIOR

Quizás la parte de la Economía más difícil de modelar sea el comercio exterior, tanto por las distintas políticas que se siguen, como por las grandes diferencias comerciales de un país a otro.

En el modelo existen tres tipos de exportaciones: industriales, de alimentos y de recursos no renovables. Las exportaciones de servicios son consideradas dentro de las exportaciones industriales, siendo obtenidas estas últimas a partir del nivel de industrialización

alcanzado por el país. Las exportaciones de alimentos y de recursos no renovables se analizarán en detalle en los capítulos 4 y 5 respectivamente.

Ya que es muy difícil poder cuantificar las importaciones para cada sector económico debido a que en gran parte éstas son producto de diferentes políticas gubernamentales, el modelo utiliza las importaciones totales, independientemente del tipo que se trate. La posibilidad y la necesidad de importar dependerán en el modelo del nivel de industrialización alcanzado por la sociedad.

A partir de que las inversiones en los diferentes sectores económicos dependen de la industrialización, el pago de las importaciones se efectuará por medio del capital industrial, siendo éste incrementado por el conjunto de exportaciones.

Aunque los préstamos externos dependen en parte de políticas gubernamentales, están directamente relacionados con un déficit en la balanza de mercancías y servicios; siendo ésta la diferencia entre las exportaciones y las importaciones. Entonces, los préstamos externos en el modelo representan un mecanismo económico estabilizador cuando las importaciones superan a las exportaciones.

3.3.3 FLUJOS BASICOS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO EN MEXICO.

Una vez definida la división del producto y el funcionamiento del comercio exterior, es posible construir el diagrama de flujo de los bienes y servicios involucrados en el proceso de producción mostrado-

en la figura 3.2

Los tres tipos de capital (de servicios, agrícola e industrial) en la figura 3.2 representan los suministros acumulados de maquinaria y equipo que pueden ser utilizados para producir bienes y servicios. Estos niveles de capital, con la ayuda de la tierra y de los recursos naturales no renovables, pueden originar tres tipos de producción: agrícola, la cual es un flujo de comestibles; servicios, un flujo de servicios sociales o personales que son Intangibles; e Industrial, un flujo que convierte los recursos en bienes materiales.

Se definieron dos usos para el producto del proceso productivo en el modelo: consumo e Inversión. Todo tipo de producto que desaparezca en el lapso de un año a partir de su generación, a menos que sea explotado, es considerado como consumido. En el modelo se consideran tres tipos de Inversión: por concepto de préstamos del exterior, por exportaciones y por la parte de la producción industrial que no es consumida. El pago de las Importaciones y de los préstamos externos constituye una disminución de la Inversión en los niveles de capital.

A partir de esto y de las estadísticas de Nacional Financiera (5), se consideró para el flujo del proceso productivo en México lo siguiente:

- a) La producción de servicios es totalmente consumida por la población, ya que las exportaciones de servicios son poco significativas.
- b) De la producción agrícola, una parte es consumida y otra exportada. Considerando, sin embargo, que parte del consumo agrícola

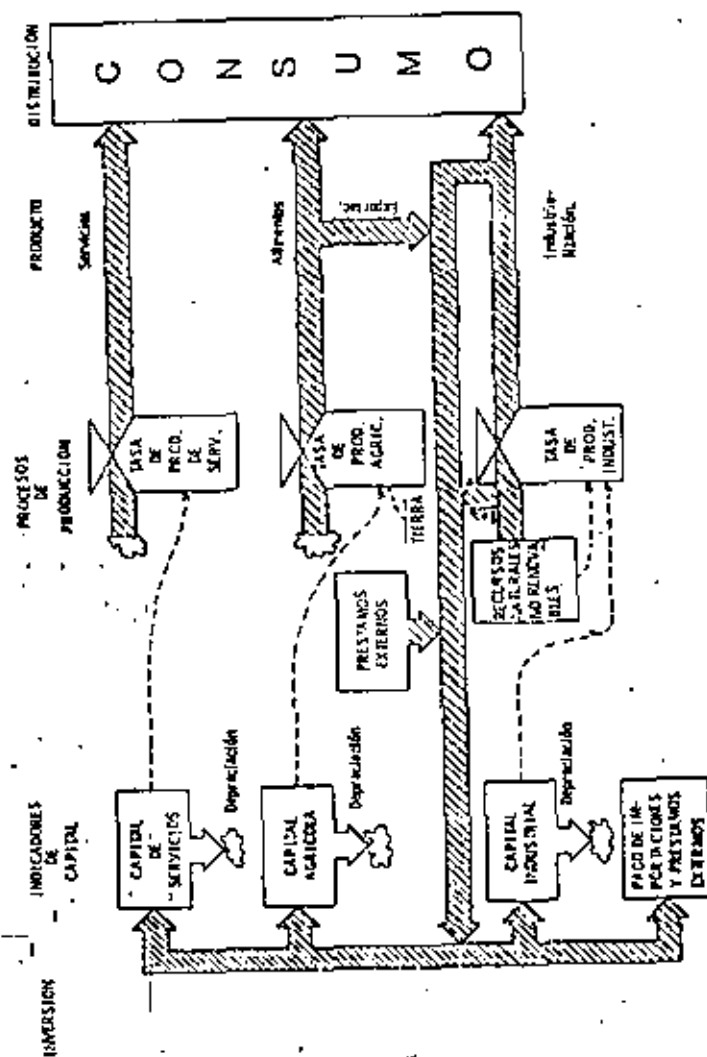


FIGURA 3.2.- Diagrama de flujo del proceso productivo en México.

interno es de importación.

c) Los recursos no renovables que son extraídos y no son consumidos por la producción industrial del país son exportados.

d) Los bienes materiales comprendidos en la producción industrial pueden ser consumidos o invertidos en los sectores agrícola, servicios o industrial. El tipo de inversión dependerá de la función que desempeñen dichos bienes, por ejemplo, un aeroplano podría ser clasificado como una inversión en el capital de servicios, Industrial o agrícola si fuese utilizado para viajes de placer, transporte de componentes electrónicos o fumigación de cosechas, respectivamente. Un ejemplo de producción industrial dedicada al consumo es el caso de las bombillas eléctricas.

Si la industria produce lavadoras, éstas se convierten en una inversión en el capital de servicios; si son tractores representarán una inversión en el capital agrícola; y si son excavadoras o hornos la inversión será en el capital Industrial.

3.3.4 MEDICION DEL CAPITAL Y DEL PRODUCTO.

Dado que el modelo es altamente interdependiente, fué necesario definir alguna medida común para las diferentes formas del capital y del producto. A fin de ser congruente con las definiciones de los cuatro sectores descritos anteriormente, fué conveniente utilizar una medida que reflejará el contenido material de un producto y su capacidad de generar contaminación. Además, fué necesario emplear una medida que permitiera la comparación con las estadísticas financieras usadas por los econo-

mistas. Los precios de mercado por sí mismos no es una medida apropiada para nuestros propósitos, ya que el precio de un producto puede variar aún en el caso de que su contenido material y su potencial contaminante permanezcan constantes. Decidimos escoger el "peso" como la medida a utilizar en el modelo, sujetándolo a las siguientes condiciones:

- 1.- Un peso es una unidad material, no una unidad monetaria. Un peso de capital en el modelo es la unidad promedio de capital que podría haber sido comprada con un peso en 1970. A consecuencia de esta definición, el sector de inversión de capital del modelo está directamente relacionado con las estadísticas del capital y la producción en México solamente en el año de 1970. Los préstamos externos se miden en función de esta unidad de capital (pesos).
- 2.- Dadas las razones adecuadas de capital-producto, un peso de producción industrial o servicios es una unidad-compuesta por el conjunto promedio de bienes materiales o servicios recibidos por un peso en México en 1970. La producción agrícola y la de recursos no renovables son medidas en kilogramos de vegetal equivalente y en unidades de recursos, respectivamente. Sin embargo, las exportaciones, independientemente del tipo de que se

traten, son medidas en pesos. Entonces, no existe una relación directa en el modelo entre la producción y el Producto Nacional Bruto.

- 3.- Un peso de capital representa la misma suma de capital físico en cualquier momento durante la simulación. Aún cuando los precios, la inflación y la devaluación estuviesen representados en el modelo, la valuación de un peso para cada unidad de capital no variaría a través del tiempo.

3.3.5 USO DE LA INDUSTRIALIZACION EN LUGAR DEL PNB.

Numerosos estudios han revelado que en la mayoría de los países los incrementos en el PNB per cápita están correlacionados con decrementos en el consumo de recursos, cambios en las preferencias alimenticias, incrementos en la generación de contaminación, incrementos en el consumo de energía y cambios en los valores de otros factores económicos y sociales importantes. Sin embargo, la insuficiencia del PNB per cápita como una medida del cambio social es ilustrada perfectamente por varios países exportadores de petróleo, donde no se observa la relación histórica típica entre el PNB per cápita y la producción industrial per cápita. Mientras que su PNB per cápita es comparable con el de países desarrollados, su producción industrial per cápita es muy baja. Además sus estadísticas sociales (por ejemplo, tasa bruta de natalidad, analfabetismo y mortalidad) y sus formas insti-

tucionales son características de naciones mucho más pobres. En base a esto, nosotros concluimos que la producción industrial per cápita es superior al PNB per cápita como un índice de los cambios en las instituciones, la tecnología, y los valores personales que causan las tendencias seculares correlacionadas a menudo con el PNB per cápita.

Chenery y Taylor (3) han demostrado que es posible obtener el promedio de la producción industrial per cápita que ha correspondido históricamente a cualquier PNB per cápita. Esta correspondencia histórica, para el caso de México, es encontrada fácilmente a partir de estadísticas nacionales como las de Nacional Financiera (5). Entonces, la relación empírica de cualquier factor, como la fertilidad, con el PNB per cápita puede ser convertida en una función de la producción industrial per cápita. Esta conversión fue empleada a lo largo del modelo y para facilitar la nomenclatura, se la denominó industrialización a la producción industrial.

Aunque es posible ponderar y sumar los cuatro componentes del producto en el modelo — servicios (pesos de 1970 por año), industrialización (pesos de 1970 por año), alimentos (kilogramos de vegetal equivalente) y recursos (unidades de recurso por año) — para obtener una medida del Producto Nacional Bruto, este proceso no parece ser de utilidad para entender las causas y consecuencias del crecimiento de la población y de la producción a largo plazo.

3.3.6 EL DESEMPLEO EN EL MODELO

60

Aparentemente siempre ha habido desempleo en México. El capital industrial, de servicios y agrícola nunca ha podido proveer empleos de tiempo completo a toda la fuerza de trabajo. Entonces, es posible asumir que las restricciones de la fuerza de trabajo no limitarán la producción total que puede ser obtenida por los diferentes tipos de capital durante los próximos cien años. A consecuencia de esto, las funciones de producción en el modelo no son directamente dependientes del empleo. La razón de la población total al producto influirá en la composición del mismo. Esta relación es incluida en el modelo.

Es probable que una caída severa de la población creara escasez en la fuerza de trabajo y entonces disminuiría la eficiencia del capital industrial. Por esta razón, existe un sector de trabajo en el modelo que afecta su comportamiento sólo si la población decrece más rápido que la base del capital industrial. Este efecto del trabajo será descrito más tarde en este capítulo.

A causa de las implicaciones sociales del desempleo, consideramos que su exclusión como parte interactiva es una de las simplificaciones menos satisfactorias del modelo. Aunque no es probable que la inclusión de una fuerza de trabajo explícita y de una representación de las causas y consecuencias del desempleo cambien los modos básicos de comportamiento del modelo, estas adiciones lo harían mucho más relevante para estudios de bienestar social y estabilidad política. Se espera que el desempleo en México — el cual ya es un inmenso

6

problema el día de hoy — empeore durante las próximas décadas. Por lo tanto, sería de utilidad extender el modelo para incluir los mecanismos causales en los cuales el desempleo está involucrado.

3.3.7 DEPRECIACION DEL CAPITAL

A medida que el capital industrial es utilizado para la producción, su productividad decrece gradualmente. Los edificios se deterioran y el equipo se gasta. En el cálculo del activo de una empresa, los contadores reconocen esta pérdida en la eficiencia productiva mediante la sustracción de una depreciación anual al valor de cada capital de la empresa. Un método computacional para determinar la magnitud de la depreciación consiste en deducir cada año un cierto porcentaje, relacionado con el tiempo de vida del capital, del balance del capital restante. El resultado es una disminución exponencial en el valor calculado de cada unidad de capital. En la figura 3.3 se muestran las relaciones que existen entre el valor inicial (precio de adquisición) de una unidad de capital, su tiempo de vida esperado y el valor asignado a la unidad de capital a través del tiempo. Para comparación, se muestra también en la figura 3.3 el valor a través del tiempo de una unidad de capital que no se deprecia hasta que es descartada al final de su tiempo de vida productivo.

En la mayoría de los casos la productividad del capital se deteriora a través del uso. Además, parte del capital es desechado prematuramente mientras otra parte es utilizada más tiempo del período de uso característico de artículos de su clase. Luego, el método para cal

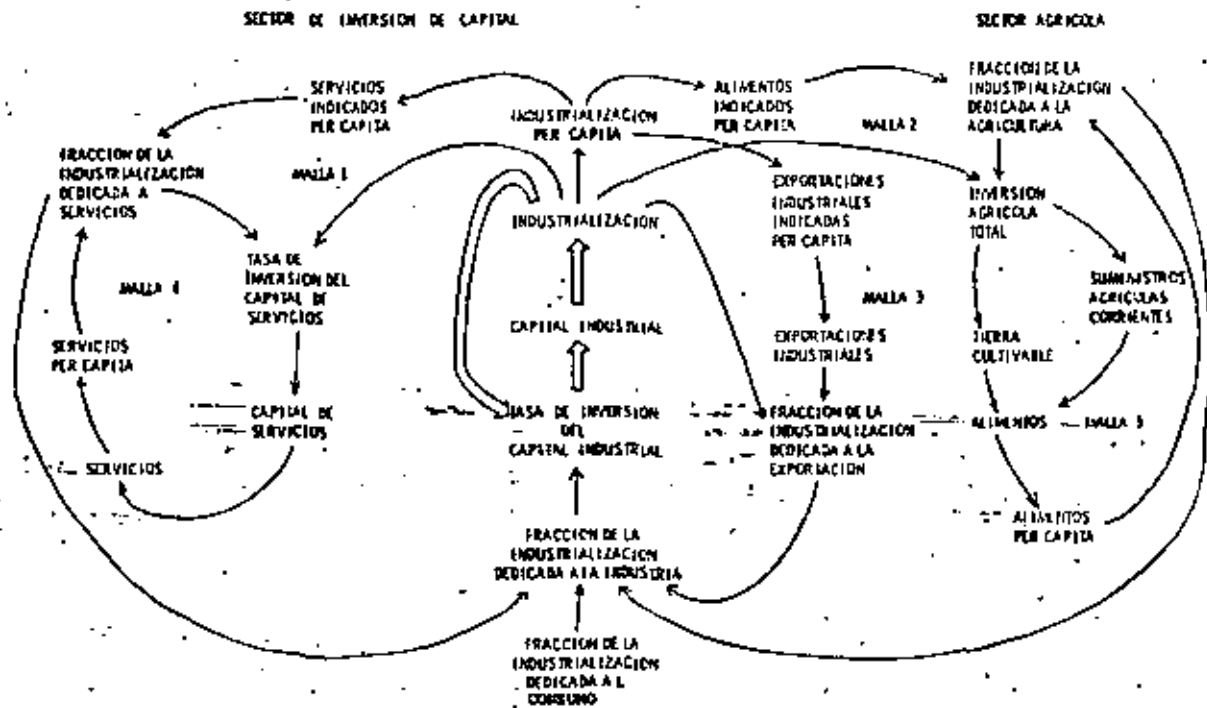
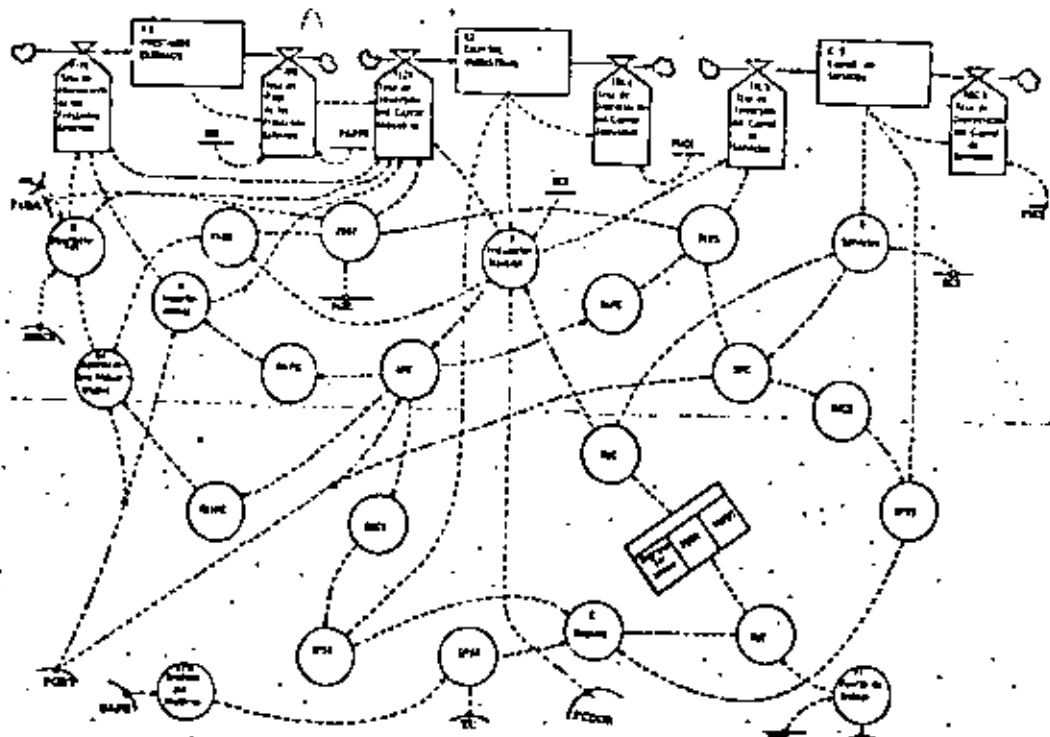


FIGURA #3.4.- Mecanismo de Asignación que permite reproducir en el modelo cualquier patron de desarrollo específico.

FIGURA 3.5.- MECANISMO DE FLUJO EN EL SECTOR DE INVERSION DE CAPITAL.



3.6 SIMULACIONES

El Sector de Inversión de Capital puede ser simulado en forma independiente del modelo global si se le provee de los valores exógenos para la población total POBT, la fracción del capital dedicada a obtener recursos FCDOR, la fracción de la industrialización dedicada a la agricultura FIDA, la población en edad de trabajar PBT, las exportaciones de alimentos XA, las exportaciones de recursos — no renovables XRNR, la fracción restante de recursos FRRNR, la tierra cultivable TC y los suministros agrícolas por hectárea SAPH. Para las simulaciones descritas en esta sección, estas variables fueron especificadas como funciones del tiempo; en las corridas del modelo completo, estas variables fueron determinadas en forma endógena por los otros sectores del modelo. Las ecuaciones utilizadas para generar las diferentes corridas de simulación presentadas en esta sección, se encuentran enlistadas en el apéndice 3.A al final de este capítulo.

3.6.1 CORRIDA HISTORICA

Para esta simulación se establecieron valores para las variables exógenas de tal manera que la población total POBT siguiera sus valores históricos, creciendo de 13.6 millones en 1900 a 62 millones en 1970, la fracción de capital dedicada a obtener recursos — FCDOR se mantuvo constante a 0.05 y la fracción de la industrialización dedicada a la agricultura FIDA se conservó a 0.10. A la tie-

rra cultivable TC, los suministros agrícolas por hectárea SAPH — las exportaciones no industriales (XA y XRNR) y la fracción restante de recursos FRRNR se les asignó los mismos valores a través del tiempo que se obtuvieron en la corrida histórica del modelo completo. La tierra cultivable crece de 5.4 millones en 1900 a 17 millones en 1970 mientras que los suministros agrícolas por hectárea se elevan de 160 a 700 entre 1900 y 1970. Las Exportaciones de Alimentos XA se incrementan de 300 millones a más de 4 mil millones — mientras que las exportaciones de recursos no renovables XRNR crecen entre 1900 y 1970 de 490 millones a 6,600 millones.

La fracción restante de recursos cae de su valor original de 1.0 en 1900 al valor esperado de 0.9 en 1970 (para el modelo del sector de recursos no renovables se consideró que entre 1900 y 1970 se agotaron el 10% de los recursos existentes).

La población en edad de trabajar PET (personas entre los 15 y los 64 años de edad) se obtuvo como un porcentaje constante (52%) de la población total.

El comportamiento del sector de Inversión de Capital en respuesta a estas variables exógenas es mostrado en la corrida 3.1- (Figura 3.15). La Industrialización per cápita IPC y los servicios per cápita SPC sobrepasan ligeramente sus valores históricos para 1900 y 1970. IPC (1900) = 845 pesos por persona-año, IPC (1970) = 2 600 pesos por persona-año, SPC (1900) = 1 860 pesos por persona año y

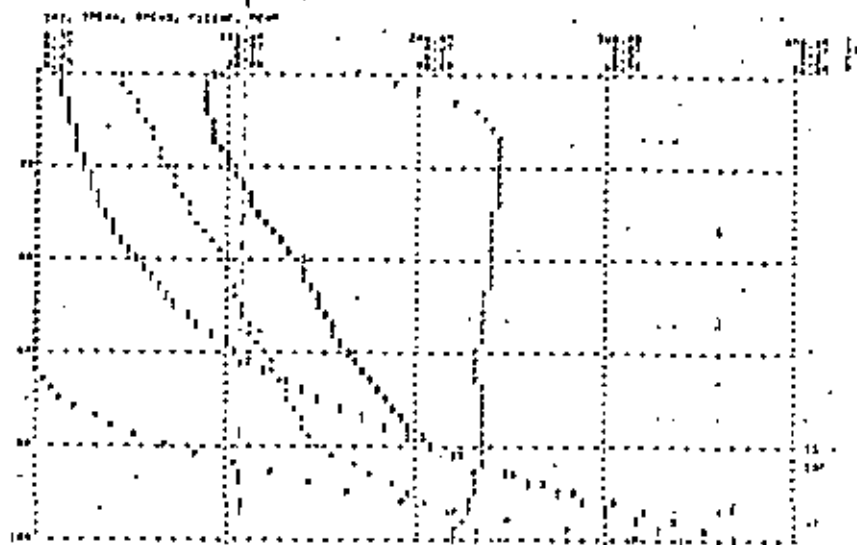


FIGURA # 3.15. - Corrida 3.1: Corrida histórica del Sector de Inversión de Capital con variables exógenas.

I	(I)	Industrialización
IPC	(*)	Industrialización per Cápita
SPC	(S)	Servicios Per Cápita
FIDS	(F)	Fracción de la Industrialización dedicada a Servicios.
PE	(P)	Préstamos Externos

SPC (1970) = 3700 pesos por persona-año. La fracción de la Industrialización dedicada a servicios varía ligeramente alrededor de 0.12, implicando que los servicios indicados per cápita SPC son un poco mayores que IPC. Los préstamos externos PE crecen a partir de 1962, alcanzando un valor de casi 3 mil millones de pesos en 1970. El crecimiento resultante de la malla de retroalimentación positiva es claramente evidente.

Cabe recordar que este tipo de modelos son imprecisos y con fines meramente cualitativos, por lo que un valor aproximado-obtenido a través de un comportamiento apegado a la realidad es el resultado buscado.

3.6.2 PRUEBAS DE SENSITIVIDAD.

El determinante principal del comportamiento del Sector de Inversión de Capital es la tasa de crecimiento engendrada en la malla de retroalimentación positiva que liga el capital industrial, la industrialización y la tasa de inversión del capital industrial. Las corridas 3.2 (Figura 3.16) y 3.3 (Figura 3.17) ilustran el comportamiento del sector cuando se altera favorablemente la malla de retroalimentación positiva. Para obtener la corrida 3.2 se cambió el promedio de vida del capital industrial PVC_I de 14 a 21 años. El resultado es un incremento substancial en la tasa de crecimiento del sector. En lugar de alcanzar 2 600 pesos por persona-año en 1970, IPC ahora alcanza casi 5 300 pesos por persona-año en 1970.

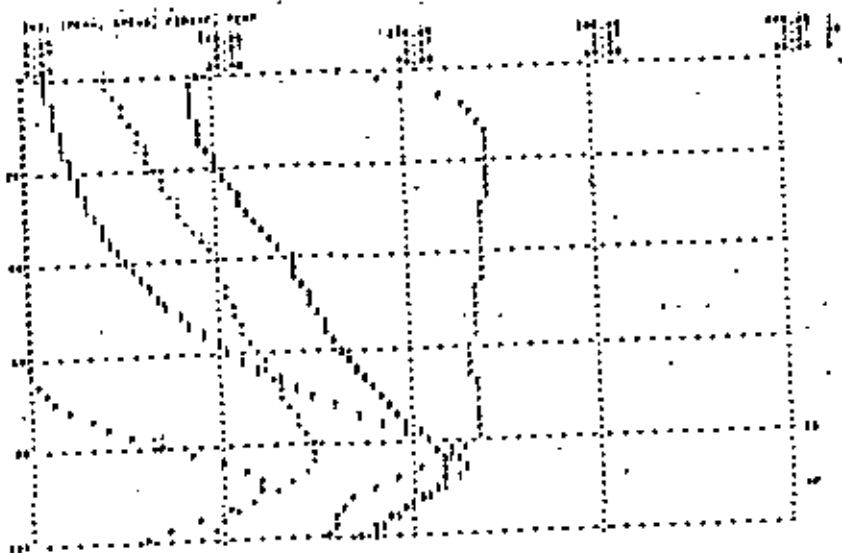


FIGURA # 3.16.- Corrida 3.2: Comportamiento del Sector de Inversión de Capital cuando el promedio de vida del Capital Industrial se incrementa de 14 a 21 años.

- I (I) Industrialización
- IPC (I) Industrialización per Cápita
- SPC (S) Servicios per Cápita
- FIDS (F) Fracción de la Industrialización dedicada a servicios.

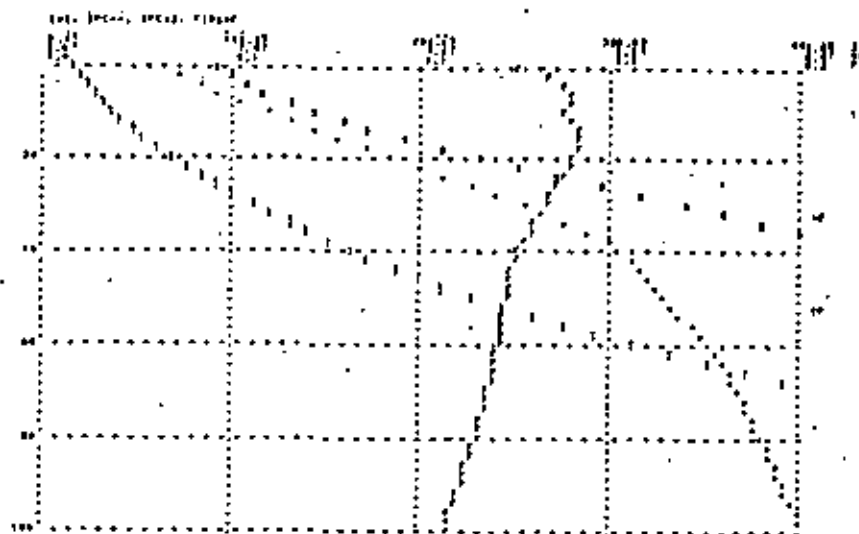


FIGURA # 3.17.- Corrida 3.3: Comportamiento del Sector de Inversión de Capital cuando la razón capital-Industrialización se disminuye de 3 a 2 años.

()



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**DINAMICA DE SISTEMAS
(FORRESTER)**

MIGRACION URBANA-RURAL EN MEXICO

Men I ARMANDO RIEMANN GONZALEZ

Mayo, 1981

ORIGEN DE LA POBLACION URBANA.

El presente documento ha sido elaborado con el fin de ilustrar la aplicación de la "Dinámica de Sistemas" en campos que, si bien han sido estudiados con otras herramientas, no poseen la flexibilidad ni las características para analizar, a través de un modelo, los mecanismos de comportamiento del mundo real en períodos de tiempo relativamente largos.

El caso específico que aquí se trata, pretende mostrar los mecanismos que dan origen al rápido crecimiento de las áreas urbanas en contraste con las áreas rurales. Para esto se han descrito, en forma breve, los antecedentes que establecen el marco de estudio y que dan origen a un modelo causal que explica, en forma agregada, los mecanismos del crecimiento urbano. Se ilustran asimismo, los sectores que intervienen en un modelo de dos áreas, y que han sido utilizados para elaborar un modelo dinámico desarrollado por el autor.

Se ha estimado que la densidad de población de los grupos primitivos, ya sean prehistóricos o modernos no excedía de una persona por Km^2 . Desde luego estas poblaciones eran y aun son, pequeños en número, limitándose a una familia completa de 20 a 25 miembros, su actividad: cazadores o pescadores. En estos grupos nómadas la población varía en el tiempo según la escasez o abundancia de animales de caza, el clima y su fertilidad de acuerdo a la etapa histórica de su cultura.

Se puede afirmar que la baja densidad de estos grupos primitivos ha sido un medio natural de preservación de la especie, ya que al evitar el contacto con grupos ajenos se evita el contagio de enfermedades epidémicas.

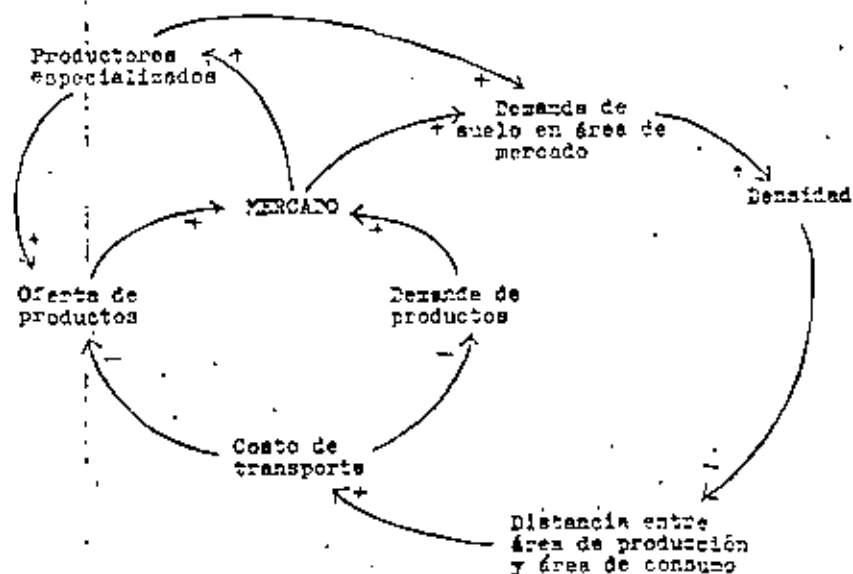
El desarrollo de técnicas y procesos agrícolas genero necesariamente la sedentarización y como consecuencia la búsqueda de tierras fértiles y seguras. El resultado es el agrupamiento de la población como medio de defensa ante fenómenos naturales tales como incendios o inundaciones, así como posibles ataques de otros grupos en competencia por una misma área. La característica principal de estas sociedades agrícolas, es la domesticación de plantas tales como el trigo, el maíz y ciertas leguminosas. El impacto de la introducción de estas técnicas en la historia de la humanidad no tiene precedentes, no es sino hasta la implementación de máquinas, fertilizantes e insecticidas, en este siglo, cuando se ven modificadas substancialmente las técnicas de producción agrícola.

Para el caso que nos ocupa, el problema radica en definir la transición de las sociedades puramente agrícolas a las sociedades urbanas, ya que no basta la definición de 10 mil hab. y mas, ya que no tiene fundamento científico.

El incremento de densidad en las zonas habitadas por comunidades agrícolas acentúa la diferenciación de las actividades, por ejemplo, la persona que hace arados para su consumo podrá hacerlos para otras personas siempre y cuando exista la demanda o sea, el mercado. Por lo tanto, la diferenciación de actividades

des, tendrá como límite el tamaño del mercado (según lo demostró Adam Smith). El tamaño del mercado quedará definido por los costos del transporte (y por las fronteras políticas). Por lo que, al optimizar las distancias entre las áreas de producción y las de consumo se crea el MERCADO como lugar físico de trueque de mercancías. La existencia de estos lugares de trueque desarrolla, a su vez, la especialización de oficios.

Es así como surge una población con mayor densidad que aquellas con actividades agrícolas.



CRECIMIENTO DIFERENCIAL ENTRE LA POBLACION URBANA Y RURAL.

Inevitablemente es el desarrollo industrial el concepto que inclina la balanza a favor de un crecimiento más rápido en las áreas de mayor concentración de la población. El ejemplo clásico es el caso de Londres, que a partir de las economías de escala que experimenta la industria textil al introducir una maquinaria más eficiente, escenta el desequilibrio económico entre las áreas rurales y las áreas urbanas.

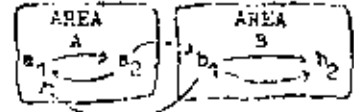
Sin embargo, esto es solo el inicio de un proceso complejo de interacciones entre los sectores que componen cada una de estas áreas. Para ilustrar este tipo de interacciones podemos citar el desarrollo de la industria de fármacos, la que al aplicar nuevas drogas y antibióticos, especialmente en la población de cero años, ha traído como consecuencia un abatimiento de la tasa de mortalidad infantil mundial, consecuentemente, el crecimiento global de la población hace presión en la demanda de bienes y servicios de salud, específicamente en aquellas áreas en las que no existe la concentración de la oferta de ellos, típicamente en el área rural. La consecuencia de esto es un desbalance del sistema y la aparición de fuerzas que tienden a equilibrarlo, en este caso un flujo migratorio del área con menor concentración de servicios de salud hacia la que posee una mayor oferta de ellos.

Lo anterior puede ser ilustrado en un modelo causal muy simple:

(Ver página siguiente)

UN MODELO DINAMICO DE SIMULACION MIGRATORIA RURAL-URBANA.

El planteamiento de un modelo de esta naturaleza se implica el análisis de los sectores que influyen en el proceso migratorio, para lo cual debén ser consideradas tanto las interacciones que ocurran dentro de cada una de las áreas como aquellas que puedan presentarse entre ambas. De ellas se generará



una "atracción" de la población de una área para migrar a la otra.

Veamos ahora como podría plantearse un modelo causal que contenga el concepto de "atracción" para migrar y que involucre las interrelaciones de varios sectores de dos áreas, en este caso el área urbana y la rural, representadas por la actividad predominante respectiva. (Ver diagrama causal en página siguiente).

En éste modelo el atractivo para migrar está determinado por la relación que puede existir entre el desempleo, los servicios y el ingreso per capita de las dos áreas. Al incrementarse el atractivo por una, dos o las tres relaciones indicadas, se incrementará el flujo migratorio de una área a la otra, así la población de una de ellas crecerá más rápida. Al aumentar la población, la oferta de empleos aumentará y así mismo la relación oferta/demanda de población empleada. Si la oferta de empleos aumenta, el número de desempleados consecuentemente se incrementará.

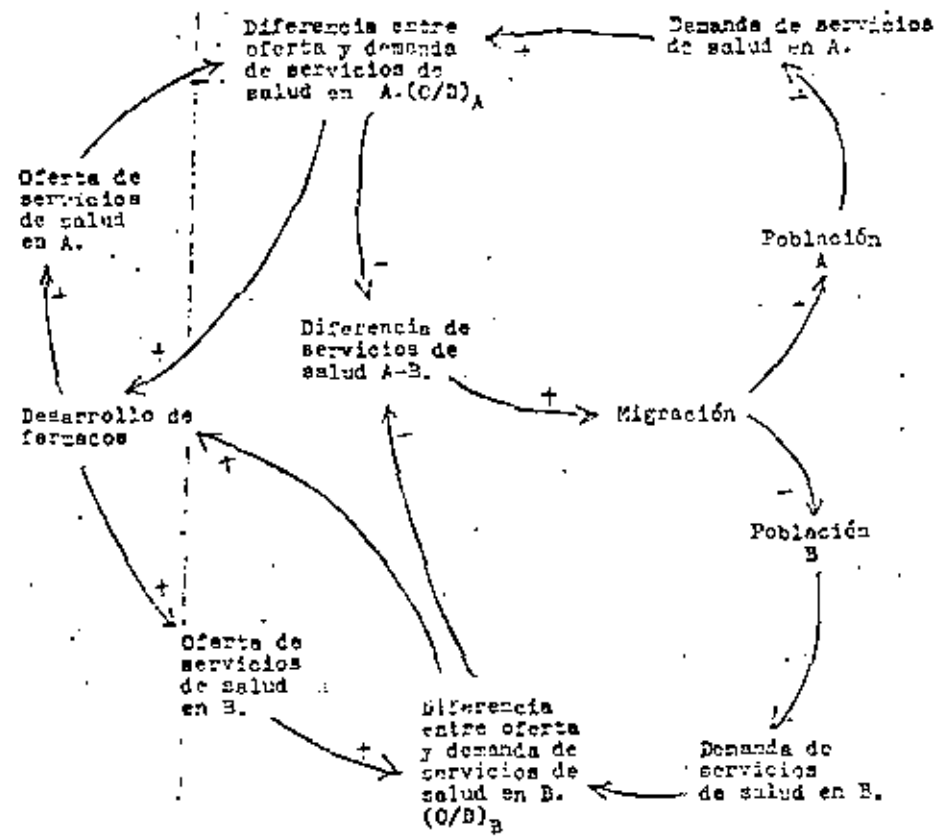
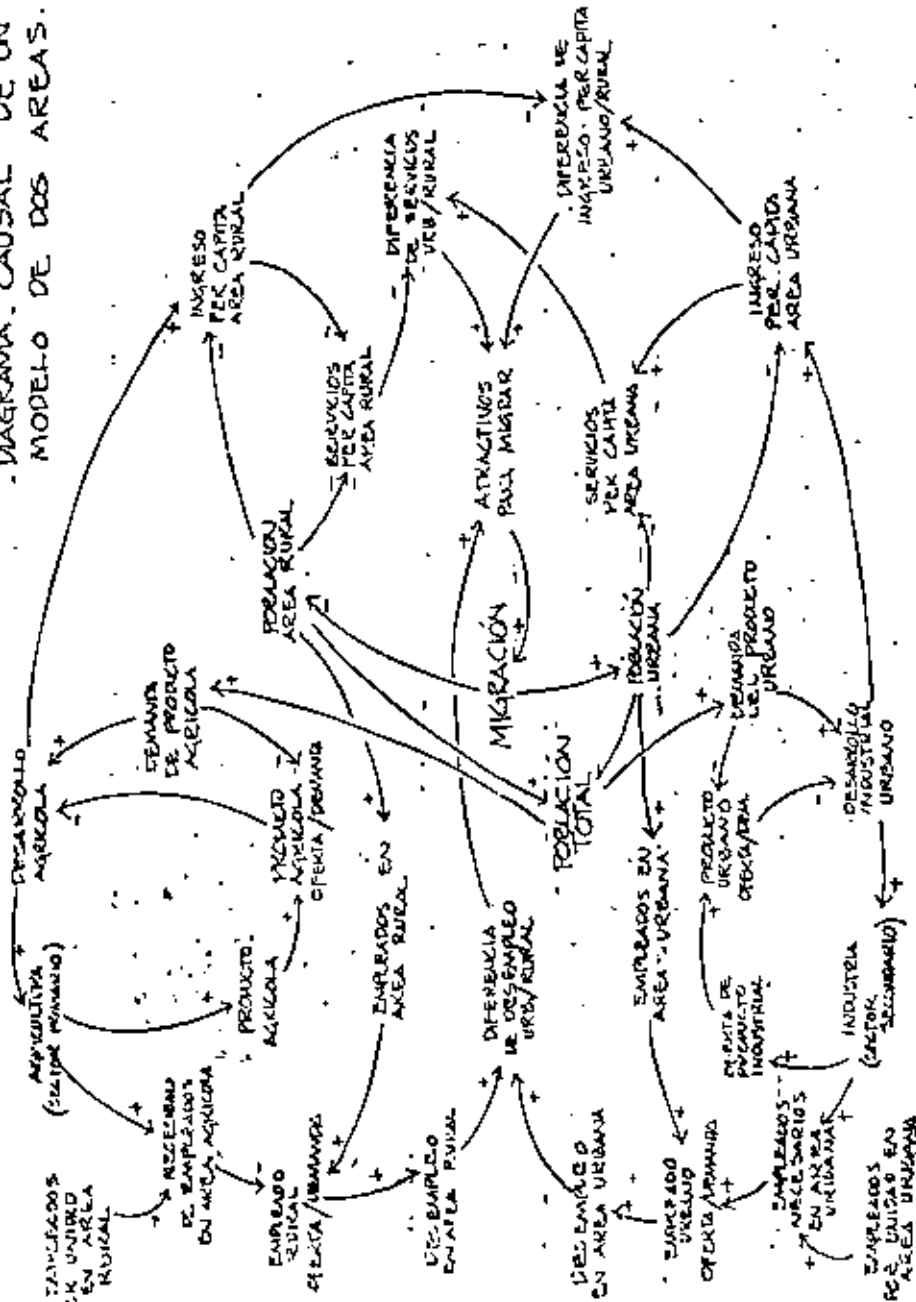


DIAGRAMA CAUSAL DE UN MODELO DE DOS AREAS.



Al comparar la relación anterior entre las dos áreas, se generará un valor que representará el atractivo para migrar. Este valor podrá ser negativo, y en este caso, el flujo migratorio se producirá de manera inversa a lo supuesto. (De hecho, esta es una de las bondades del sistema dinámico, en la que debido a los parámetros y políticas que gobiernan el modelo, el resultado pudiera ser contra - intuitivo en un momento del tiempo simulado).

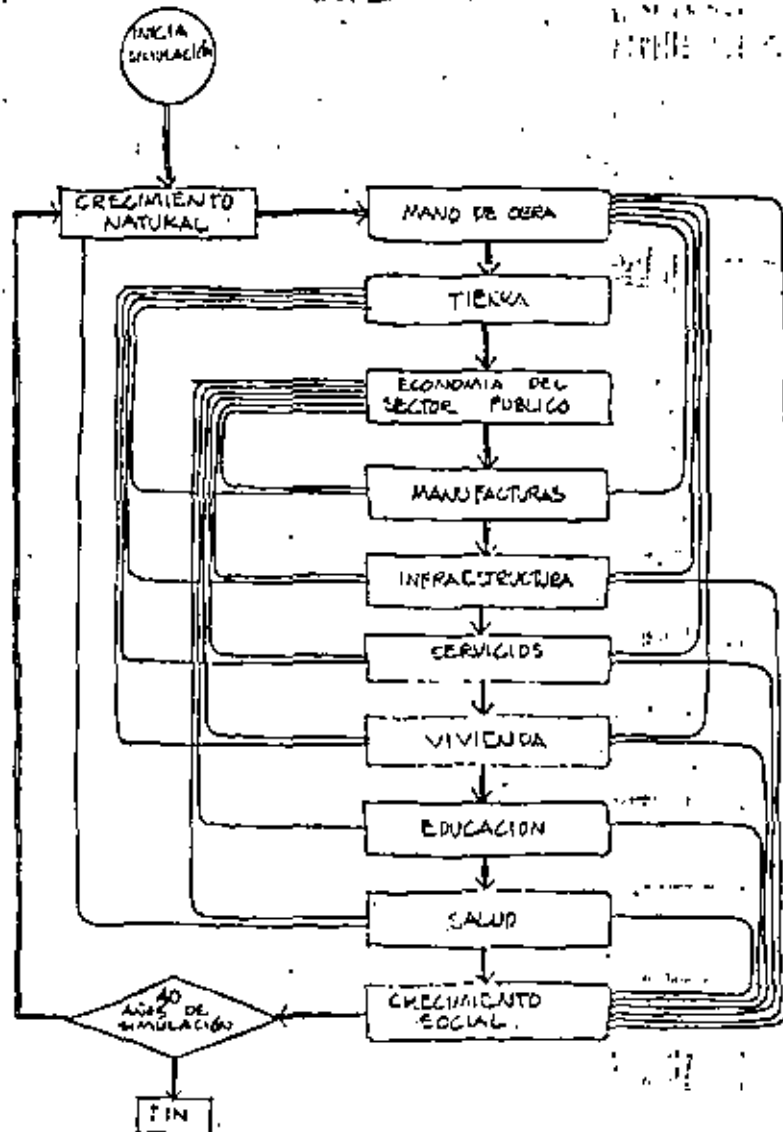
Análogamente se puede analizar el resto del modelo causal aquí presentado, tanto para el caso de la oferta de servicios urbanos como para la interrelación que involucra el ingreso.

SECTORES INVOLUCRADOS EN LA FORMULACION DEL MODELO EN EL SISTEMA DINAMICO.

Desde luego el elemento sobre el cual gira el modelo es el sector de la población y, en este caso, desagregada por quinquenios de edades para ambas áreas. Para facilidad de trabajo se ha dividido en dos partes: la que calcula el crecimiento natural y la que calcula el crecimiento social. Sin embargo, ya que el crecimiento social esta condicionado a las interrelaciones que se dan en otros sectores, estos deben procesarse antes.

Los sectores que condicionan el crecimiento social considerados en este modelo son: 1) LA MANO DE OBRA, representado por la P.E.A.; 2) LA TIERRA, representado por el numero de Has. disponibles en ambas areas; 3) LA ECONOMIA DEL SECTOR PUBLICO, representado por las inversiones del gobierno en los dos sectores; 4) LA INDUSTRIA DE MANUFACTURAS, representado por el numero de empresas productoras de bienes de consumo; 5) LA INFRAESTRUCTURA, representado por los Km. de carreteras asfaltadas;

DIAGRAMA SECUENCIAL E INTERACCIONES ENTRE SECTORES.



6) el sector de SERVICIOS, cuyo indicador considerado fue el equipamiento (un agregado de los servicios municipales para la comunidad); 7) el sector VIVIENDA, cuyo indicador fue el número de viviendas; y, 8) el sector SALUD representado por el número de médicos en servicio. De las interrelaciones que se dan en estos sectores, se establece el atractivo para migrar, que es la parte fundamental de aquel sector de la población que calcula el crecimiento social. (Ver diagrama secuencial e interrelaciones entre sectores).

Una de las ventajas que poseen los modelos dinámicos es la simulación a largo plazo con diferentes parámetros; por lo tanto, la prueba de políticas de desarrollo o control en uno o varios sectores es factible solo con la modificación de uno o algunos de los parámetros que abren o cierran el flujo, a o desde, cada uno de los niveles involucrados en los sectores.

En el presente caso se plantea un grupo de políticas: a) de índole demográfica, a través de un plan de control del crecimiento natural de la población; su objetivo se enfoca a reducir el desempleo y a aumentar el bienestar familiar, como medio se plantea la educación de la población femenina para ayudar a la planificación familiar; b) de índole económica, a través de un plan de distribución del producto del área urbana para el desarrollo del área rural, específicamente la industria, infraestructura, salud y educación. El objetivo es el desarrollo de una economía básica en el área rural y la disminución del desempleo; c) de índole social, a través de un plan de educación que aumente el número de años de educación obligatoria de 6 a 9. Como objetivo se pretende el aumento de la educación de la población en general y la reducción del desempleo.

El resultado final de la aplicación de dichas políticas fue el aumento de bienestar en la población rural al disminuir el desempleo; el establecimiento de una equidad de empleo, educación e ingreso y, como último logro, la reducción en la migración rural - urbana.

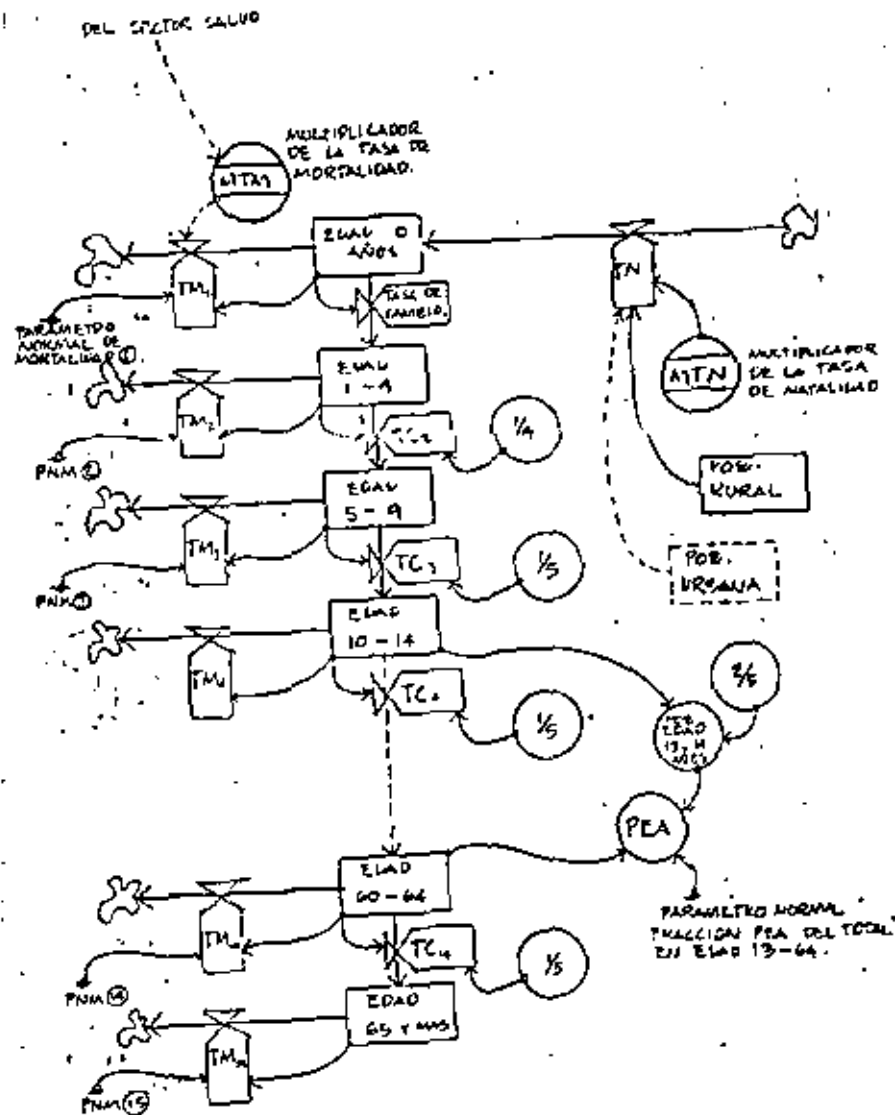
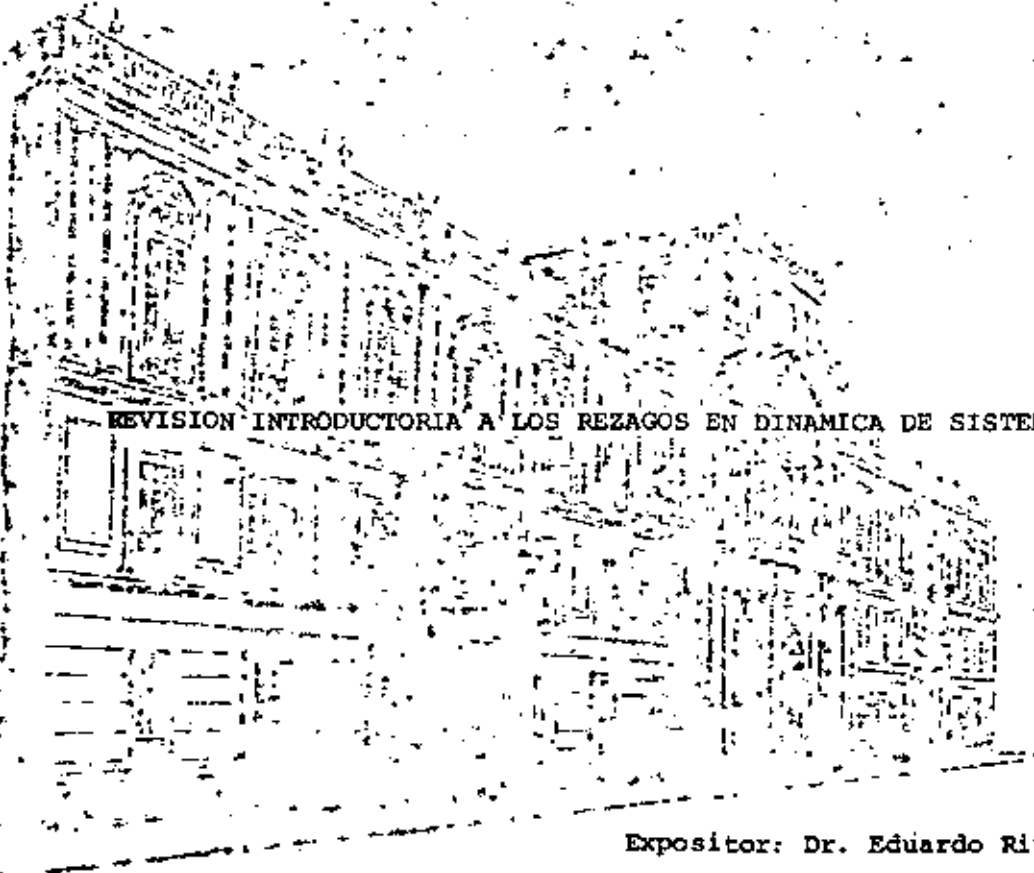


DIAGRAMA DYNAMO PARA SIMULAR EL CRECIMIENTO NATURAL DE LA POBLACION



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

DINAMICA DE SISTEMAS (FORRESTER)



REVISION INTRODUCTORIA A LOS REZAGOS EN DINAMICA DE SISTEMAS

Expositor: Dr. Eduardo Rivera P.

Mayo, 1981

REVISION INTRODUCTORIA A LOS REZAGOS

EN DINAMICA DE SISTEMAS*

Por

Dr. Eduardo Rivera P.

Investigador en

Fundación Javier Barros Sierra, A. C.

Centro de Investigación Prospectiva

El presente es un resumen y adaptación del trabajo "Review of Delays in Dynamic System Simulation Models"; presentado por el autor al Congreso INFORMATICA 76, Bled, Yugoslavia, 1976.

1. INTRODUCCION

La Dinámica de Sistemas fue creada por el Prof. Jay W. Forrester (1) (2), al principio como una transposición de técnicas de modelar en ingeniería eléctrica que fueron simplificadas e integradas dentro de un sistema de simulación entendido como la unión entre un lenguaje de modelación y el conjunto de recursos informáticos necesarios para simular sistemas en el tiempo y hacer su análisis.

En este sentido los trabajos del Prof. Forrester pueden ser considerados como pioneros no solamente en su rama de especialidad, la ingeniería eléctrica, sino en la rama de la informática y de las matemáticas aplicadas que constituyen la simulación de modelos matemáticos. La ingeniosidad con que el Prof. Forrester pudo simplificar los diferentes elementos que pueden constituir un sistema asignando las categorías conceptuales y símbolos, lo que permite manejar diagramas de flujo que en aquella época de aparición (1959) constituían toda una novedad y dieron origen a los múltiples y muy diversos trabajos en simulación. Esos trabajos desarrollados en el Tecnológico de Massachusetts pronto vieron sus aplicaciones más importantes en las nacientes ciencias de la administración y de la economía, ya que al contrario de la ingeniería eléctrica y de las ciencias físicas en general,

la dificultad principal no consistía en simular entendido como encontrar un conjunto de métodos de aproximación que pudieran resolver un conjunto de ecuaciones dinámicas planteadas por el problema; en efecto, en las ciencias de la administración y socioeconómicas en general el problema principal es de conceptualizar un sistema, es decir, encontrar un modelo en el cual poder expresar fácilmente la problemática y que esta forma de expresión, que es lo que constituye el lenguaje de modelado tenga una transposición directa en términos de un lenguaje informático o directamente entendible por la computadora.

El éxito obtenido por el lenguaje de estas ideas de Forrester se le conoce como Dynamo, actualmente distribuido en su versión original por Pughs Roberts y Asociados en la ciudad de Cambridge, Massachussets, Estados Unidos, para diferentes modelos de computadora e inclusive microcomputadora, o bien por un sistema traducible a Fortran 4 desarrollado en la Universidad de Bradford, en el grupo de dinámica de sistemas en Gran Bretaña; también se ha desarrollado en la Universidad de Notre Dame (DYNAM), un programa que adopta exactamente la misma sintaxis que Dynamo y es un intérprete sumamente eficaz para las máquinas que también manejan Fortran 4. Existen también otra serie de lenguajes derivados o que se pretenden asemejar a Dynamo pero que introducen variantes sumamente importantes con respecto a la metodología propuesta por la Dinámica de Sistemas. De hecho, la dinámica

de Sistemas se basa en una concepción totalmente evolucionista y continua, es decir, de cambios diferenciales en el tiempo para describir el comportamiento de los fenómenos de ninguna manera dentro de la metodología estricta es posible introducir cambios discretos o bruscos. Existe dentro de las ciencias de la informática toda una rama de la simulación que se ha desarrollado a partir de una concepción de cambio discreto en el funcionamiento de los sistemas, por esto entendemos que a partir de un momento en el tiempo existe un conjunto de reglas que permiten pasar a calcular otro punto en el tiempo sin poder de ninguna manera inferir en puntos intermedios. Cada uno de estos puntos importantes en el tiempo puede a su vez estar condicionado por un conjunto de fenómenos que en el caso de los lenguajes discretos no es importante describir; sino solamente el evento que ocurrió y cómo este evento es transformado en el tiempo. No nos ocuparemos de los lenguajes discretos en esta revisión. El éxito principal de la dinámica de sistemas es fundamentalmente la simplicidad con que pueden ser abordados problemas relativamente complejos y la principal muestra es que es el único lenguaje de simulación, e inclusive si se le ve desde el punto de vista de programación tomando en cuenta su soporte informático, que ha subsistido por más de 20 años. Nos hemos referido a usos muy interesantes en las ciencias económicas y sociales y particularmente en la administración, sin embargo actualmente se han desarrollado

modelos sumamente interesantes dentro del área tecnológica y ecológica que han puesto de nuevo en relevancia la importancia de las ideas de la Dinámica de Sistemas. La Dinámica de Sistemas abrió una categoría de modelos descritos como un conjunto de ecuaciones continuas no simultáneas y no necesariamente lineales.

En el tema que nos ocupa actualmente que es el de los rezagos o funciones que permitan una transferencia en el tiempo entre las entradas y las salidas que guarda una relación con el flujo de entrada, ha sido contemplado ya en otros lenguajes derivados de Dynamo (3) como son en particular Colts (4) y Madash (5). Sin embargo, los modelos que usan el concepto rico de rezagos se les encuentra muy raramente en la literatura, y podemos preguntarnos por qué. Esta sorpresa a nuestra manera de ver no es debida a que en la mayoría de los sistemas reales no exista esa transferencia de información o ese fenómeno de transporte y transformación de los procesos de flujos materiales que no se lleva de manera instantánea y que podemos interpretar como rezago. Esto refleja el entendimiento de estos conceptos por la mayoría de los usuarios de la Dinámica de Sistemas ha llevado a que en la mayoría de los casos se evite su uso o su uso sea sumamente confuso. Hemos visto en algunos trabajos que funciones que han sido ya concebidas como rezagos se vuelven a resimular en términos de sus elementos o lo componen por falta del haber entendido el principio del

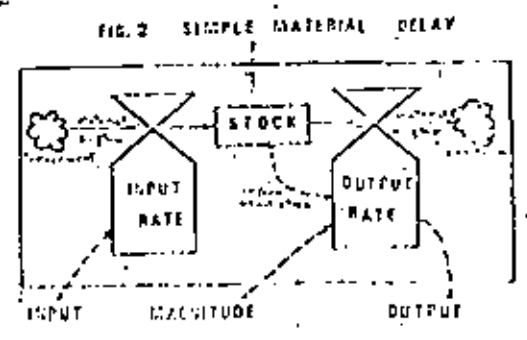
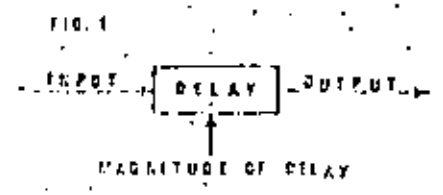
rezago. También hemos observado en el caso de algunos trabajos fundamentalmente de estudiantes que se ha tratado de utilizar a los rezagos (delay) en una manera poco ortodoxa, es decir, cambiando las etapas de simulación hasta obtener lo que podríamos llamar retardos puros (time-lag). Nos pareció entonces muy importante introducir y hacer una revisión de este concepto tan importante como es el de los rezagos.

2. EL REZAGO MATERIAL SIMPLE

Recalcaremos la definición que hemos mencionado antes, entendamos como rezago al proceso de transmisión de información o al proceso de transporte y transformación de un flujo material o de información, que no se lleva a cabo instantáneamente.

De manera simple es conveniente empezar a entender el concepto y el funcionamiento de las funciones de rezago, presentando a la función de primer orden de rezago material del lenguaje Dynamo (first order delay); esta función ya ha sido adoptada también por otros lenguajes de simulación. Este rezago concierne principalmente a flujos materiales (como el dióxido, el número de automóviles, el número de toneladas de una cierta producción, etc.) es decir, son flujos de objetos que no pueden ser creados ni desaparecerse en una función de transferencia temporal, como es el

rezago, es decir, guardan el principio fundamental de que "todo lo que entró durante un lapso de tiempo tendrá que salir en otro lapso de tiempo aunque los lapsos de tiempo no sean iguales, pero, es decir, no hubo creación ni desaparición al interior del rezago. Además, los flujos materiales nos permiten perfectamente visualizar que estamos tratando en última instancia con stocks o almacenes que dentro de la función rezago de alguna manera se están acumulando o se están desacumulando. Y estos stocks son debido principalmente al fenómeno de transporte o al fenómeno de transformación; transporte, porque en un momento dado en un modelo necesitamos hacer referencia explícita a que el flujo material pasó un cierto tiempo en ser transportado antes de poder ser utilizado en otra variable, o bien porque los elementos que compusieron este flujo material no solamente pueden haber sido transformados en términos de su naturaleza, sino que además ese proceso de transformación se llegó durante un cierto tiempo y siguiendo ciertas normas de proceso. La función específica del rezago es devolver a todo el flujo de entrada durante un cierto lapso en la salida. De esta manera es posible concebir perfectamente al rezago como una caja cerrada (black-box) en el que existe una entrada, que son el flujo material, y existe una salida, que es el flujo de salida después del rezago y eventualmente una tercer variable que influye en el rezago mismo que por así decirlo es una especie de válvula de control y que llamaremos magnitud del rezago, (ver Figura 1).



El principio del rezago material simple es muy sencillo, todas las unidades materiales en la entrada deben de salir en la salida un tiempo después, pero lo que es muy importante es que la tasa de salida, es decir, el número de unidades que están saliendo por unidad de tiempo no es necesariamente la misma tasa de entrada, es decir, el número de unidades de flujo material entre unidad de tiempo que de salida; en otras palabras, no existe en los rezagos un mecanismo de memorización de cuál era la tasa con la que entró un tiempo antes, y por lo tanto de ninguna manera se comporta como un retraso. Cuando nosotros hablamos de "un cierto tiempo" del rezago, estamos significando únicamente al "tiempo promedio" en que una unidad del flujo material permanece en la caja negra que hemos llamado rezago. Vamos a llamar "magnitud del rezago" a este tiempo promedio que desgraciadamente en la literatura se le conoce con el nombre de constante del rezago (constant of the delay) (3). Pero, bien sabemos que esta magnitud del rezago puede ser variada en el tiempo por lo que hemos preferido darle otro nombre en español que no entre en contradicción con el concepto que todo mundo tiene de constante, aunque comprendemos que tal acepción proviene del hecho de que en aquella época la mayoría de los parámetros de un modelo se lo llamaban constantes, aunque en realidad no tuvieran que permanecer su valor fijo en el tiempo (lo que es la definición de una constante).

Habíamos dicho que podríamos visualizar al rezago como una caja negra, pero tal manejo implica un conocimiento perfecto de qué es lo que anda pasando a su interior, si no su uso sería simplemente incorrecto, misterioso o absurdo. La primera cosa que tenemos que considerar es que tanto en el flujo de entrada como el flujo de salida no son primariamente y de manera necesaria flujos materiales en el estricto sentido, sino información acerca de un flujo material que estamos modelando. Esta idea admite posibilidad de transformación durante algún rezago, lo cual podemos representar en términos de un diagrama de Dinámica de Sistemas como se muestra en la Figura 2.

Del medio ambiente que corresponde a la entrada no existe o no debe existir, en términos del rezago ninguna restricción en cuanto al material de entrada (y esto puede corresponder a una limitación respecto a un flujo real), lo cual lo podemos nosotros visualizar a través de la siguiente ecuación de tasa para la entrada:

ENTRADA MATERIAL DE ENTRADA

Esta condición muy a menudo es olvidada, es decir, que el material de entrada va directamente al stock en un flujo continuo en el que la tasa de entrada no le pone ninguna restricción.

Las ecuaciones de tasa (rate) tienen como función el asignar a través de la forma en que como el flujo de entrada a la variable de nivel o stock entra; normalmente se hace a través de la multiplicación entre un parámetro externo que podemos llamar nosotros entrada, que multiplica al flujo material de entrada siendo este parámetro de entrada expresado en una unidad de entrada por tiempo. Si llamamos FOUT(t) a el flujo material de salida en el tiempo t, y FIN(t) a la función que representa al flujo material de entrada como función del tiempo t, a L(t) a la cantidad de material en el stock en el tiempo t, y a D(t) a la magnitud del rezago en el tiempo t, observamos a partir de la Figura 2 que la ecuación de variación del stock o nivel L es obviamente la siguiente:

$$\frac{dL(t)}{dt} = FIN(t) - FOUT(t) \quad (1)$$

Esto significa que, la ecuación de stock o de nivel (Ecuación 2) es la acumulación en el tiempo de la Ecuación 1, es decir, la integral entre el tiempo inicial y el tiempo en el cual estamos simulando.

$$L(t) = \int_{t_0}^t (FIN(t) - FOUT(t)) dt \quad (2)$$

De esta manera L es la acumulación del nivel de todo el flujo de entrada entre el tiempo inicial y el tiempo t considerado en la simulación menos el flujo de salida entre el tiempo t0 y t.

Nos faltaría hacer una estimación de la ecuación de la tasa de salida. La solución adoptada por la Dinámica de Sistemas y por el lenguaje Dynamo (Ecuación 3) es tratar de acabar al stock en un tiempo no constante de (t), ver Ecuación 3.

$$FOUT(t) = \frac{L(t)}{D(t)} \quad (3)$$

3. EL VALOR INICIAL DEL STOCK O NIVEL EN UN REZAGO SIMPLE

Un método de integración numérica es necesario para resolver la Ecuación 2 en una computadora digital, el método más simple es el método de Euler, que no es otra cosa que un método de Runge-kutta de primer orden; Dynamo hace la integración explícita usando este método aunque algunos otros lenguajes únicamente expresan que se va a hacer la integración (por ejemplo, usando la palabra INT, como son COT, o LADSH). En cualquier caso la solución de un integral por métodos de aproximación numérica necesita del valor inicial del integral, en este caso de L(0),

y ésta tiene que ser conocida para resolver la ecuación 2, sin embargo, tal valor de L en el tiempo θ en ningún momento lo hemos mostrado como un elemento adicional que el usuario, tendría que suministrarle a nuestra caja cerrada que se llama delay o rezago (ver Figura 2), por lo que se supone un valor inicial escrito de la manera siguiente (ver Ecuación 4):

$$L(0) = FIN(0) \times D(0) \dots\dots (4)$$

Donde $FIN(\theta)$ es el flujo de entrada en el tiempo inicial y $D(\theta)$ es la magnitud del rezago en el tiempo inicial.

La Ecuación 4 que puede parecer tan arbitraria como cualquier otro valor es debida al supuesto que se hace en el tiempo inicial de la simulación de que el sistema comenzó a simular cuando se estaba en un proceso de equilibrio dinámico o de flujo estacionario (steady state).

De hecho la condición de estado estacionario no significa otra cosa más que (ver Ecuación 5).

$$\frac{dL}{dt} = 0 \dots\dots (5)$$

Si el estado inicial del stock o nivel es el estado estacionario podemos deducir de la Ecuación 1 y la Ecuación 5 a la Ecuación 6.

$$FIN(0) = FOUT(0) \dots (6)$$

Pero despejando la Ecuación 3 para el tiempo $t=0$, tenemos la Ecuación 7,

$$L(0) = D(0) \times FOUT(0) \dots (7)$$

De esta manera podemos sustituir la Ecuación 6 en la Ecuación 7 y obtenemos la ecuación:

$$L(0) = D(0) \times FIN(0)$$

Que no es otra cosa más que la condición inicial N° 4 que habíamos mencionado antes.

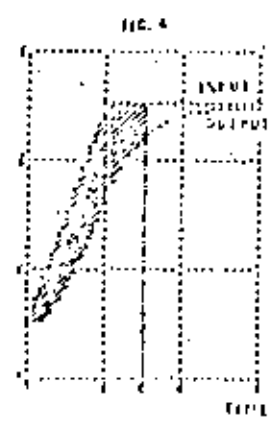
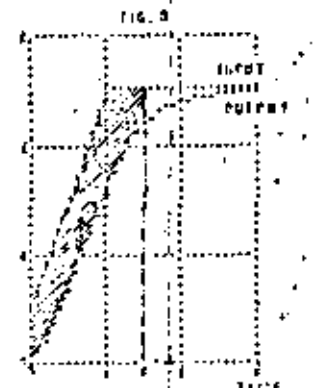
La hipótesis de la Ecuación 4 es verdadera si, y sólo si, estamos interesados en las variaciones de la entrada cuando el tiempo, inicial no representa un comienzo de actividades. Así, por ejemplo, si nosotros estamos modelando un rezago en el pago

de cuentas pendientes y si el tiempo inicial de pago para nuestros clientes fue la creación de nuestro negocio es claro que la hipótesis N° 4 es falsa, y deberíamos tener como condición inicial $L(\beta) = \beta$. En este caso, nosotros no podemos usar la función de rezago interna suministrada por el lenguaje Dynamo o su semejante, y nosotros debemos simular el rezago por medio de las ecuaciones diferenciales que hemos señalado anteriormente de manera explícita y que se traducen como veremos de manera rápida al lenguaje Dynamo.

Si la magnitud del rezago es constante y el stock o nivel es β en el tiempo inicial, como se aprecia en la Figura 3, entonces el stock o nivel es el área sombreada entre t_0 y t .

Si la magnitud del rezago es constante y nosotros estamos en el tiempo inicial bajo la hipótesis del estado estable (steady state), es decir, el nivel o stock comienza en el tiempo inicial con un valor igual a $\text{input}(\beta) \times D$. Entonces, el stock o nivel toma el valor del área sombreada que se muestra en la Figura 4.

En el lenguaje Dynamo un rezago material simple puede ser simulado de la siguiente manera.



$$\begin{aligned}
 & \text{FIN. KL} = \text{INPUT. K} \\
 \text{N} & \quad L = \text{FIN} + D \\
 \text{L} & \quad L.K = L.J + DT * (\text{FIN. JK} - \text{FOUT. JK}) \\
 \text{R} & \quad \text{FOUT. KL} = L.K / D.K \\
 \text{A} & \quad \text{OUTPUT. K} = \text{FOUT. JK}
 \end{aligned}$$

En la práctica la primera y última ecuaciones son eliminadas haciendo sustituciones y el cuerpo de un rezago material simple lo constituye en consecuencia las ecuaciones 2, 3 y 4.

4. LA MAGNITUD DEL REZAGO CONSTANTE

Tomaremos el caso más simple para entender lo que sucede con la magnitud del rezago, para ello tomamos el caso en que tal magnitud toma un valor constante arbitrario. Estudiaremos aquí la respuesta a un pulso de entrada instantáneo. Por un pulso entendemos que el valor a la entrada es igual a δ para todos los tiempos excepto para un sólo instante, obviamente en un sistema discretizado para fines de cálculo el valor más pequeño que puede tomar un instante en este caso un pulso, es igual al intervalo de cálculo más pequeño, pensando en que el lenguaje Dynamo tal paso de cálculo es igual a la constante de integración del método de Euler, entonces el pulso adquiere un valor diferente de δ durante un tiempo igual a Dt . Tomando este pulso como entrada el nivel o stock comienza con un valor inicial igual a la magnitud del pulso. Si describimos la ecuación 2 y 4 nosotros obtenemos.

$$L(0) = N_0$$

$$L(t) = \int_{t_0}^t (-\text{FOUT}(t)) dt, \quad \text{FOUT}(t) = \frac{L}{D}$$

Donde N_0 es la magnitud del pulso.

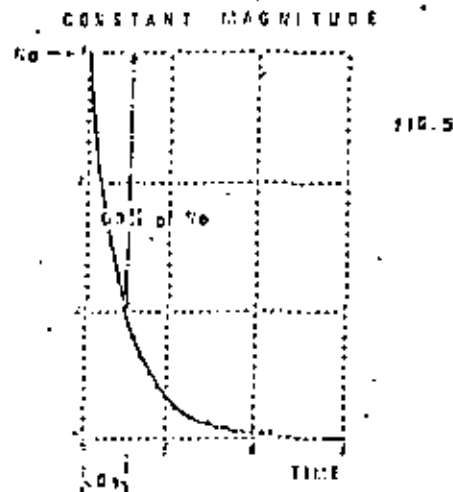
Resolviendo la ecuación de nivel nosotros encontramos que

$$L(t) = N_0 e^{-t/D}$$

y en la salida:

$$\text{FOUT}(t) = \frac{N_0}{D} e^{-t/D}$$

Observando esta última ecuación vemos porqué este tipo de rezago se llama también "rezago exponencial".



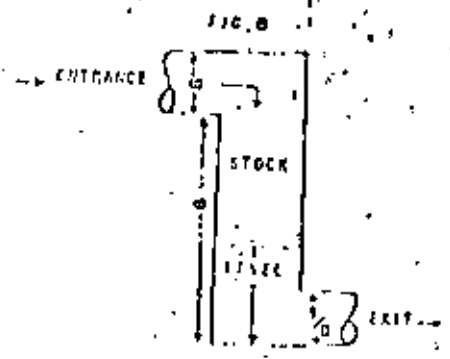
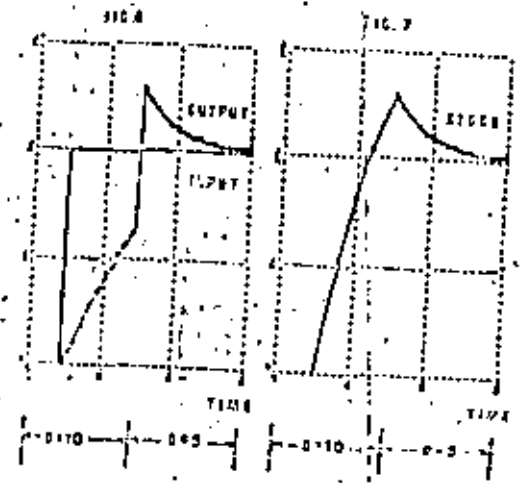
Como se puede observar en la Figura 5 después de un cierto tiempo D, la salida decrece en un 63% del valor que tenía en el tiempo inicial. Repitiendo este argumento esto significaría que en el tiempo 2D la salida habría disminuido en un .63x(1(0-63)+ +63-86%, de manera recurrente en un tiempo 3D alcanza un 95% del valor inicial.

Se ha demostrado (6) que la magnitud del rezago L es igual al tiempo promedio tomado por una unidad material del flujo en "atravesar" el rezago.

$$D = \int_0^{\infty} \frac{1}{L(0)} \cdot FOUT(t) \cdot t \cdot dt$$

5. LA MAGNITUD DE UN REZAGO MATERIAL VARIABLE

Otra característica importante de un rezago material es su comportamiento cuando la magnitud del rezago cambia. Reichenmann (7) sugiere observar la respuesta a una función escalera manteniendo constante durante todo este primer tiempo la magnitud del rezago D, y de momento cambiar bruscamente el valor de la magnitud de rezago y volvería a permanecer constante después de tal cambio brusco. Como se puede observar en las Figuras 6 y 7 en las que durante los primeros tiempos el valor de la magnitud del rezago tenía un valor 10 y a partir de ese tiempo tal magnitud se



redujo al valor de 5. Se observa un brusco cambio en la salida cuando tal valor sucede de manera igual (Figura 7) el tipo de crecimiento en el stock o nivel cambia radicalmente. Es claro que para el mismo nivel en el stock cuando la magnitud del rezago se reduce la salida se incrementa, pero cuando la salida se incrementa el nivel del stock decrece hasta alcanzar a largo plazo el estado estacionario.

Si tomáramos una analogía hidráulica, ésta nos puede ayudar a entender el fundamento anterior. Supondremos tener un recipiente o stock de infinita capacidad (ver Figura 8). A la entrada vamos a suponer que tenemos un tubo que es suficientemente grande como para permitir la entrada instantánea de toda el agua que nosotros querramos, es decir, no hay ninguna restricción a la entrada. La salida es entonces proporcional al nivel del stock y al tamaño del tubo de salida (podríamos hacer una analogía entre el tamaño del tubo de salida como el inverso de la magnitud del rezago, es decir, $1/D$). Es decir, para el mismo flujo de entrada si nosotros repentinamente incrementamos el tamaño de la salida y en consecuencia reducimos la magnitud del rezago entonces (si la presión es constante) se incrementa el flujo de salida y bruscamente se decrementa o decrece el nivel.

6. LA SELECCION DE LA MAGNITUD DE UN REZAGO

Como hemos visto antes, la magnitud de un rezago debe siempre ser positiva para que ésta tenga algún significado. La selección debe estar hecha respetando los valores unitarios del tiempo (ver Figura 9) ya que D está expresada en los unidades temporales en que está expresada el resto del sistema; de la ecuación 3 observamos.

$$D(t) = \frac{L(t)}{FOUR(t)} = \frac{\text{unidades materiales}}{\frac{\text{unidades materiales}}{\text{unidades temporales}}}$$

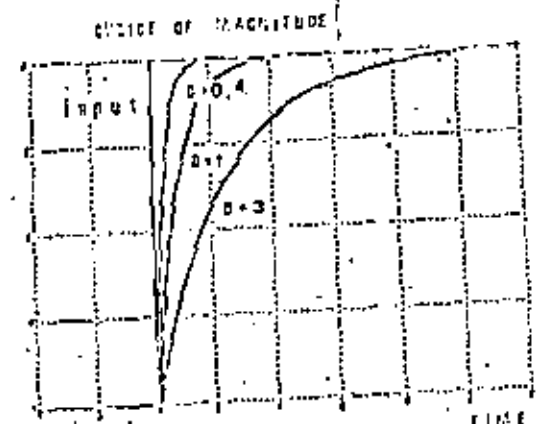


FIG 8

En cualquier caso la unidad temporal es independiente del paso de simulación o lo que es lo mismo del parámetro o constante del método de integración; sin embargo, hemos observado que en el método explícito de Euler como lo tomé Dynamo ha inducido frecuentemente a la confusión entre muchos de sus usuarios, especialmente estudiantes, debido a que el usuario debe de confrontar que, o bien hacer una prueba, de que la aproximación debida al método de integración no es suficientemente buena si usando un rezago, el valor más pequeño de D es menor o igual a $2 \cdot dt$ si por algún motivo, especialmente si la magnitud del rezago D es variable sucede que adquiere un valor inferior a $2 \cdot dt$ entonces debido a la manera de aproximación del método de integración algunas inestabilidades frecuentemente en forma de ruido pueden aparecer en la solución. En realidad el valor de la magnitud del rezago debería ser escogido totalmente independiente de la manera como se va a simular, es decir, si hay algo que cambiar deberá ser dt y de ninguna manera D . Debido a esta razón principalmente ciertos lenguajes como Colts y Lalesh (8) presentan otros métodos de integración y el sistema de simulación por computadora automáticamente escoge un valor adecuado para dt .

7. ANALISIS EN EL ESTADO TRANSITORIO DE UN REZAGO SIMPLE

El problema se complica aún más en el uso de un estado transitorio es decir:

$$\frac{dL}{dt} \neq 0$$

Suponiendo que la magnitud de un rezago es constante, y sustituyendo la ecuación 3 en la ecuación 1, podemos eliminar a la variable L obteniendo entonces:

$$D \cdot \frac{d F_{OUT}}{dt} + F_{OUT}(t) = F_{IN}(t) \quad (8)$$

La transformada de Laplace de la ecuación 8 es:

$$(D \cdot p + 1) \cdot F_{OUT}(p) = F_{IN}(p), \text{ entonces}$$

$$F_{OUT}(p) = \frac{F_{IN}(p)}{D \cdot p + 1} \quad (9)$$

La expresión 9 nos muestra que el rezago es análogo al valor de la función de transferencia para la transformada de Laplace, es decir:

$$\frac{1}{D \cdot p + 1}$$

Para remarcar aún más la importancia de esta función de transferencia nosotros tomamos la salida de un flujo material consistente en eventos independientes (es decir, dentro de un punto de agregación diferente que permite visualizar a los eventos, uno a uno y no como hemos mencionado anteriormente como un flujo continuo). Por ejemplo, una fábrica donde los mismos productos pueden ser considerados como independientes de las órdenes de los clientes, y hasta cierto punto reemplazables unos por otros, es decir, durante la fabricación no se le está etiquetando para qué cliente va a ser construida.

$FIN(t)$, es la suma de las órdenes de los clientes en el tiempo t .

$FOUT(t)$, es la suma de los productos de salida en el tiempo t , vamos a suponer que ésta es una variable al azar debido a la hipótesis de independencia.

$f(v)dv$ es la probabilidad de que la producción correspondiente a una orden tome un tiempo entre v y $v+dv$ en ser ejecutada.

$FOUT(t)$ va a ser la media o promedio de $FOUT$. En consecuencia,

$$\overline{FOUT}(t) = \int_0^t FIN(t-v) f(v) dv$$

Tomando la transformada de La Place en función anterior, tenemos:

$$\overline{FOUT}(p) = FIN(p) \cdot F(p)$$

Donde $F(p)$ es la transformada de Laplace de $f(v)$.

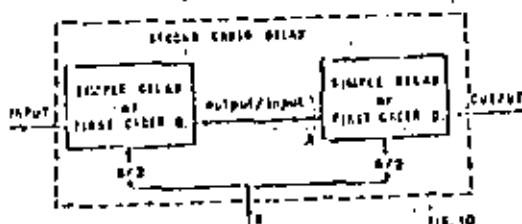
Nosotros podemos utilizar un rezago material si la función de transferencia es cercana al valor.

$$\frac{1}{1+pD}$$

8. EL ORDEN DE UN REZAGO

La idea del orden de un rezago es el de colocar en serie varios rezagos de tal manera que la salida de uno sea consecuencia de la entrada del segundo y de manera subsecuente para los demás rezagos. Cuando nosotros involucramos más de un rezago simple vamos a llamar a este rezago un rezago de orden superior. El orden de un rezago en consecuencia va a ser el número de rezagos simples que se han conectado uno después de otro. La magnitud total de este rezago de orden superior tal como lo simula el lenguaje Dynamo, se divide por el orden del rezago y este valor afecta a cada uno de los rezagos simples como se muestra

en la Figura 10. El lenguaje Dynamo ofrece únicamente como rezago de orden superior al rezago de orden número 3 que se le llama por medio del macro delay 3, o bien, d1inf 3.



Si suponemos un rezago de segundo orden como el de la figura 10 obtenemos las ecuaciones siguientes:

$$f_{out 2} = \frac{L_2}{D/2} \quad (f_{out 2} = \text{delay})$$

$$\frac{dL_2}{dt} = f_{in 2} - f_{out 2} \quad (L_2(0) = f_{in}(0) \times \frac{D}{2})$$

$$f_{in 2} = \frac{L_1}{D/2} \quad (L_1(0) = f_{in}(0) \times \frac{D}{2})$$

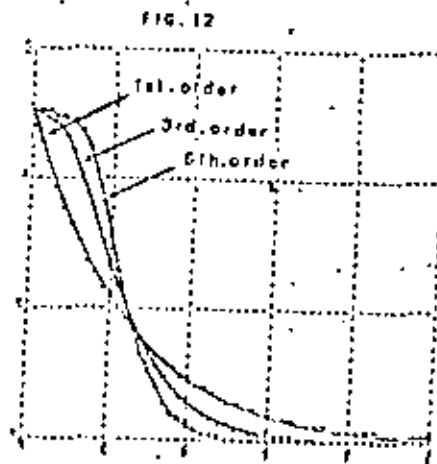
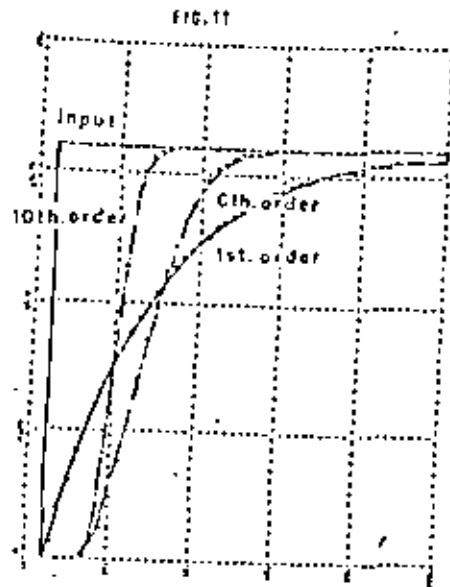
$$\frac{dL_1}{dt} = f_{in 1} - f_{in 2} \quad (f_{in 2} = f_{out 1})$$

Un análisis cualitativo de la respuesta a una función de entrada de tipo escalera nos permite fácilmente visualizar las diferencias entre un rezago de primer orden y los rezagos de orden superior, para ello ver Figura 11.

A partir de la Figura 11 observamos que a mayor es el orden de un rezago, más grande es la inercia de respuesta del rezago al cambio.

También encontramos una diferencia en la respuesta a un pulso instantáneo en el tiempo $D/2$ como se puede observar en la Figura 12.

A partir de aquí, nosotros podemos concluir que mientras más grande sea el orden del rezago mucho más se parece el rezago a un retraso puro. Esta última afirmación también puede ser probada matemáticamente utilizando a la función de transferencia



CHANGING
THE ORDER OF A DELAY

de la transformada de Laplace para un rezago de N-orden, tal función es igual a:

$$\frac{1}{\left(1 + p \frac{D}{n}\right)^n}, \text{ entonces para } n \rightarrow \infty, \frac{1}{\left(1 + p \frac{D}{n}\right)^n} \rightarrow \exp(-pD)$$

La transformada inversa de Laplace de $\exp(-pD)$ es la función de Delta de Dirac $F(p) = 1$ si t es igual a D , y $F(t) = 0$ en cualquier otro caso. Esto significa que un rezago de material de un orden infinito, es decir cuando N tiende a infinito no es otra cosa que un retraso puro en el sentido discreto de la palabra.

9. RETRAZOS Puros

Los retrasos puros (time lag) es definitivamente un concepto extraño a la modelación y simulación de sistemas continuos. En los mecanismos de simulación entre cosas discretas es muy necesario implementar este tipo de retrasos, para lo cual utiliza internamente los sistemas de simulación, mecanismos de discretización en forma de "colas", sin embargo, una desventaja de estos sistemas discretos, es que se tiene que fijar a priori el intervalo de tiempo, es decir, en ningún momento es posible cambiar

en variar tal intervalo de tiempo. Cuando estamos trabajando con sistemas continuos como vimos en el párrafo anterior, el retraso puro puede ser modulado perfectamente como un rezago de orden infinito, a menudo, en la práctica es que el sistema así lo requiere, es suficiente un rezago de tercero, quinto o quizá de décimo orden.

10. REZAGO DE INFORMACION O DE PERCEPCION

La teoría de la Dinámica de Sistemas nos dice que es imposible concebir un rezago debido a un stock o almacén de información. Más aún existe un rezago en la transmisión de información debido principalmente a la percepción de "un cierto valor" asignado a la información. Si tal es el caso, que la información cambia su valor en el tiempo, por ejemplo que este valor sea menos importante en el transcurso del tiempo. Nosotros estamos en general más interesados en el valor promedio de la información a través del tiempo, para lo cual nosotros podemos usar una función de transferencia que de manera exponencial nos alise la variación del valor de la información, si nosotros usamos una tal función de transferencia $f(v)$, como el peso en que nos representa la importancia de la información en el tiempo v , y si llamamos a D como la edad promedio de la información, nosotros podemos expresar a la función f de la manera siguiente:

$$f(v) = \frac{1}{D} \cdot e^{-v/D} \quad (10)$$

Si $FIN(t-v)$ es la cantidad de información en el tiempo $t-v$ y $FOUT(t)$ es el promedio de información de $FIN(t)$ nosotros tenemos que:

$$FOUT(t) = \int_0^t FIN(t-\sigma) \cdot f(\sigma) d\sigma$$

Si tomamos la transformada de Laplace de la función de la expresión anterior nosotros tenemos:

$$FOUT(p) = FIN(p) \cdot F(p), \text{ pero } F(p) = \frac{1}{1+p \cdot D}$$

entonces

$$FOUT(p) = \frac{FIN(p)}{1+p \cdot D}$$

Lo cual es equivalente a la ecuación diferencial.

$$D \cdot \frac{dFOUT}{dt} + FOUT(t) = FIN(t)$$

Y aquí tenemos que:

$$\frac{dFOUT}{dt} = \frac{1}{D} (FIN(t) - FOUT(t))$$

La ecuación 11, nos representa a un rezago de información. El valor inicial de $FOUT$ es necesariamente el valor máximo o pico de la información, entonces tenemos:

$$FOUT(0) = FIN(0) \dots (13)$$

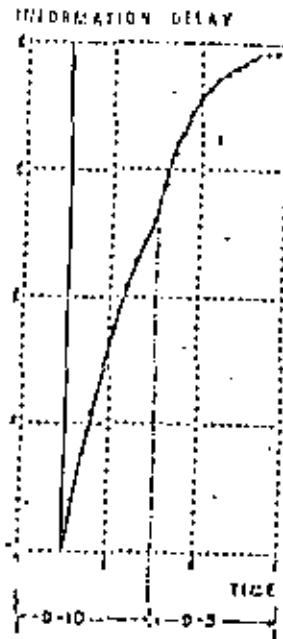


FIG. 13

Podemos remarcar que en el caso de un rezago de magnitud constante, la ecuación 8 del rezago material es la misma que la ecuación 12 de un rezago de información o percepción. Anotar que en el lenguaje Dynamo el rezago de información de primer orden se llama mediante la macro-función smooth, o bien mediante la macro-función Dlinf, y observar que la condición inicial N°11 y N° 13, son diferentes para todos los casos excepto cuando $D=1$.

Es claro que cuando la magnitud del rezago es variable las salidas para el rezago de información y para el rezago material son significativamente diferentes. Tomando el mismo ejemplo que en el párrafo N° 5, en el que trabajamos la magnitud variable de un rezago material, vamos a suponer ahora la misma función escalón y después de un cierto tiempo cambiamos bruscamente la magnitud del rezago de un valor de 10 a la mitad, a un valor de 5, observamos la salida en la Figura 13.

A partir de la Figura 13 podemos concluir de manera cualitativa que mientras más grande es la magnitud de un rezago más desajustado el alisamiento de la función será. Los mismos argumentos que hemos mencionado para los rezagos de tipo material pueden ser aplicados para los rezagos de información en particular concierne al orden del rezago y a la magnitud del rezago.

Como un ejemplo de rezago de percepción o de información podríamos citar a la información debida a la atractividad de una ciudad por la cercanía de un evento, por ejemplo, los juegos olímpicos pueden hacer aumentar la importancia relativa de una ciudad mientras más cerca se esté del valor de la fecha en que tal evento se realiza. El valor de la información obviamente decrece con el tiempo, y puede ser considerado un buen ejemplo de un rezago de información.

11. ENTRADAS PERIÓDICAS

Este caso de mandar periódicamente el mismo patrón de entrada presenta, a nuestra manera de ver, solamente un interés teórico. En el caso del estado estacionario nosotros observamos que la amplitud y de igual manera la fase y desplazamiento de una función sinusoidal, por ejemplo, a su entrada puede cambiar, y estos cambios no son lineales. A las personas interesadas en tal análisis de entradas periódicas, en particular en la función sinusoidal pueden consultar a las referencias (1) y (6).

12. CONCLUSIONES

Nosotros debemos sugerir siempre al usuario que cuando quiera utilizar rezagos tanto de tipo material como de tipo información los visualice de manera independiente bajo las condiciones de modelación que el sistema le imponga y pruebe un conjunto de hipótesis variando el tipo de rezago, es decir, si es de información o material, la magnitud del rezago y el orden del rezago (y eventualmente el valor inicial de tal rezago) de manera de estar más seguro de que se hizo una modelación correcta. En cualquier caso se deberían realizar un conjunto de casos hipotéticos en los valores límites que creemos pueda obtener a la entrada la función de rezago, principalmente chocando la magnitud

del rezago. Nosotros también recomendamos checar el valor inicial, el orden y el tipo de rezago.

REFERENCIAS

- (1) Forrester, J.W., 1961, *Industrial Dynamics*, M.I.T. Press.
- (2) Forrester, J.W., 1968, *Principles of Systems*, Wright-Allen Press.
- (3) Pugh, A.L., 1973, *DYNAMO II User's Manual*, M.I.T. Press.
- (4) Behrens, J.C.; Sorensen, P.E., 1976, C.O.L.T.S., *Continuous Long-Term Simulation*, Proceedings of the International Symposium "Simulation 75", Acta Press Zurich.
- (5) Rechenmann, F., Rivera, E., Uvieta, P., 1976, *A modelling language for the analysis of regional systems*, Proceedings of the International Symposium "Simulation 75", Acta Press Zurich.
- (6) Meadows, D.L., 1974, *Delays exercise and supplementary notes*, in study notes in system dynamics (H.R. Coolman), Wright-Allen Press.
- (7) Rechenmann, F., 1976, *Analyse et Modelisation descendants des systemes socio-economiques*, Doctoral thesis, E.N.S.I., Grenoble.
- (8) Rivera, E., 1976, *Interactive software for the simulation scenarios*, Informatica 76, Bled 4 - 9 October 76.

Fig. 2 MODELO SOCIO-ECONOMICO PARA LA FECUNDIDAD

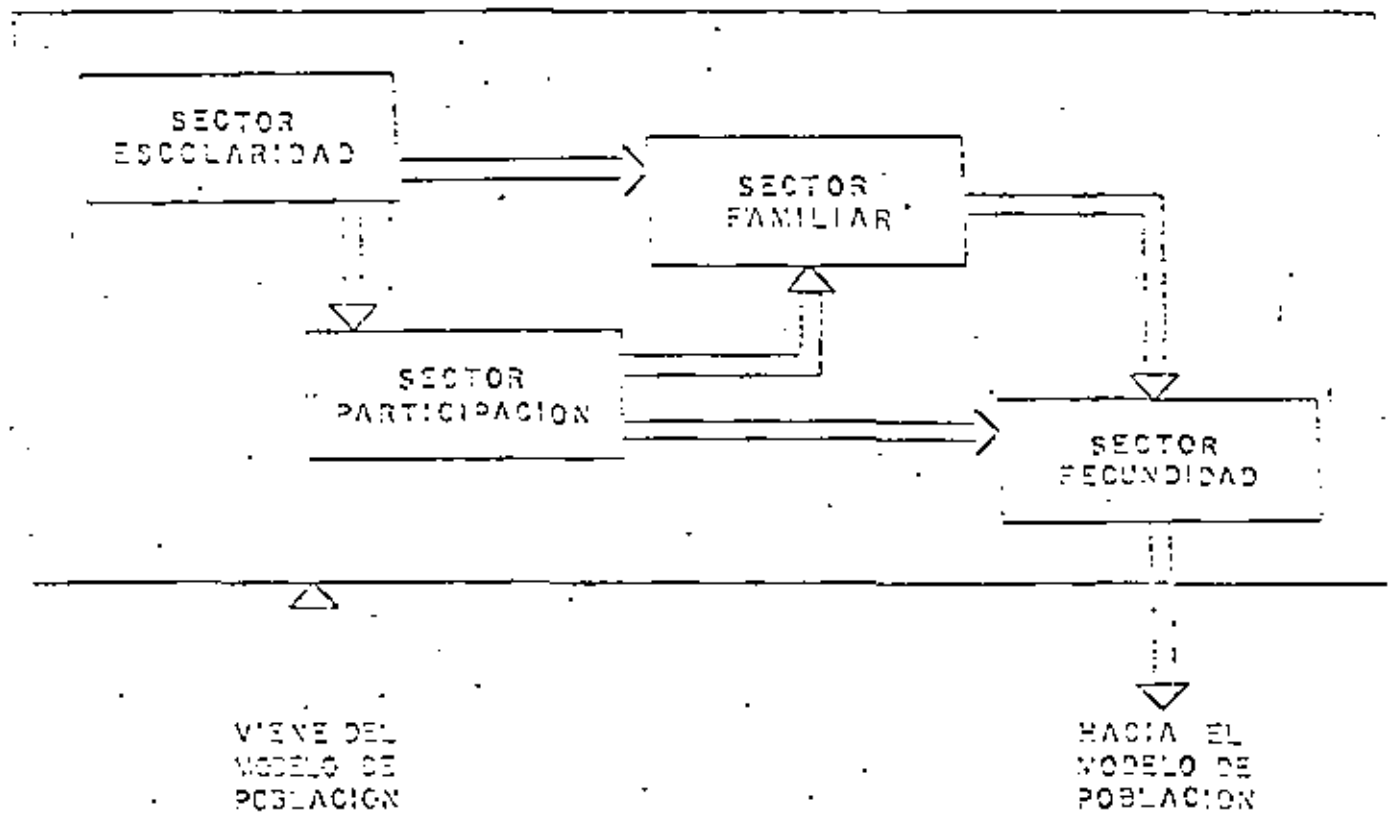
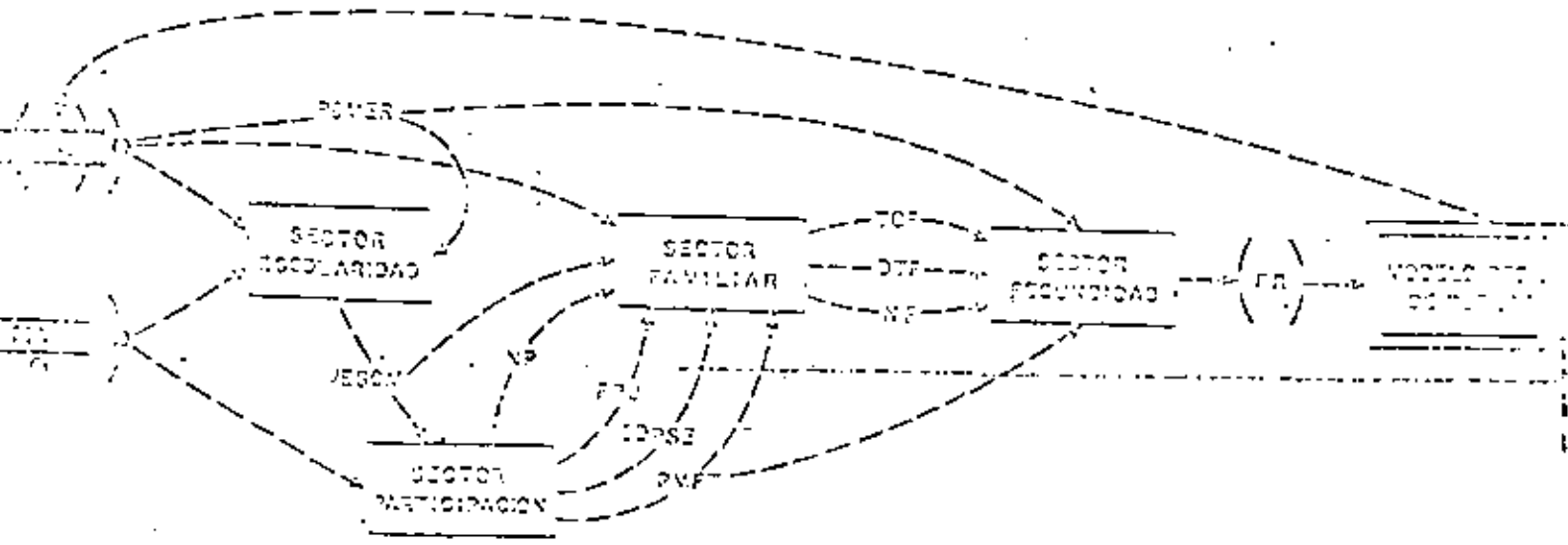


Fig. 3 MODELO SOCIO-ECONOMICO PARA LA FECUNDIDAD



SECTOR ESCOLARIDAD

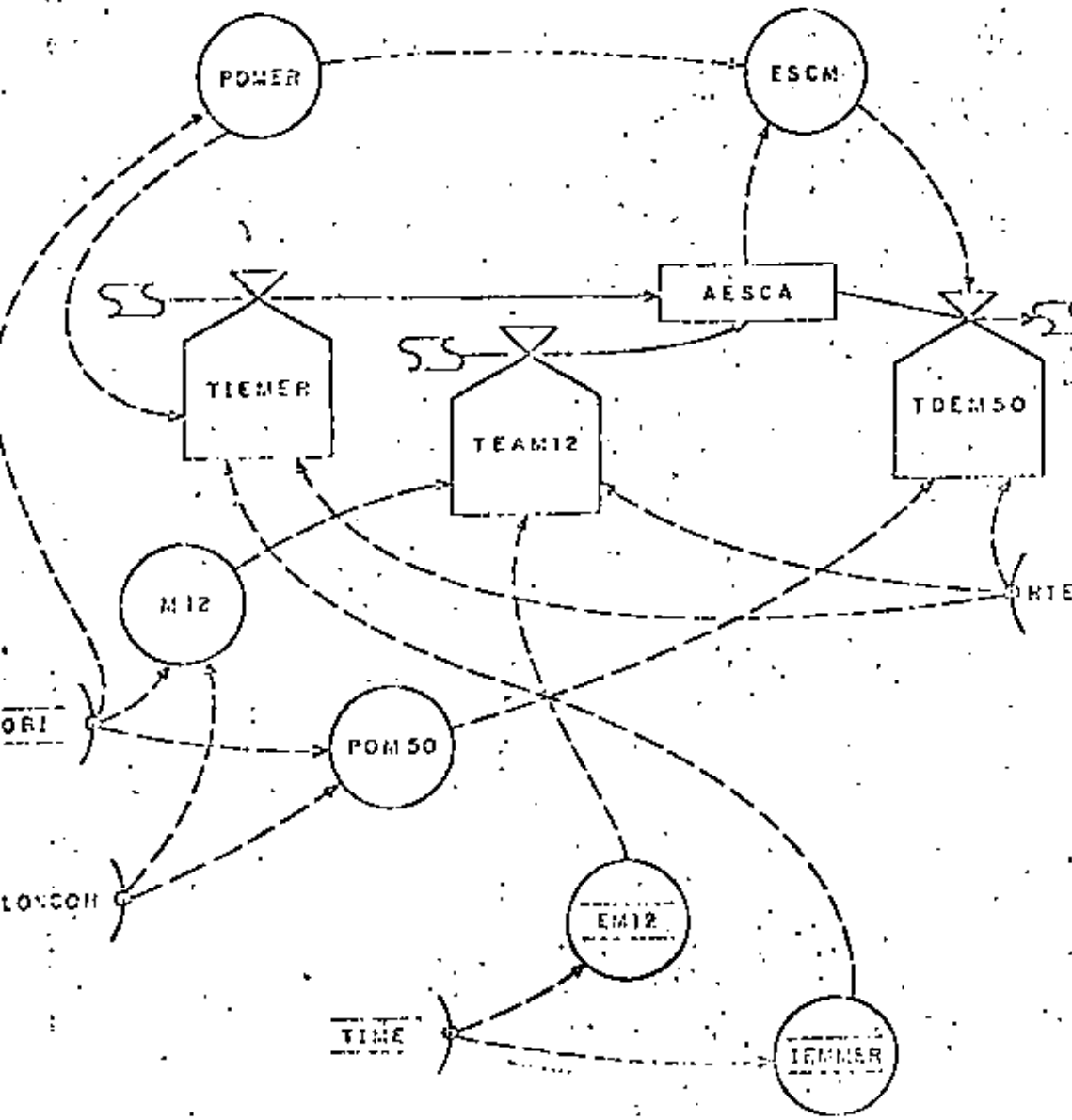
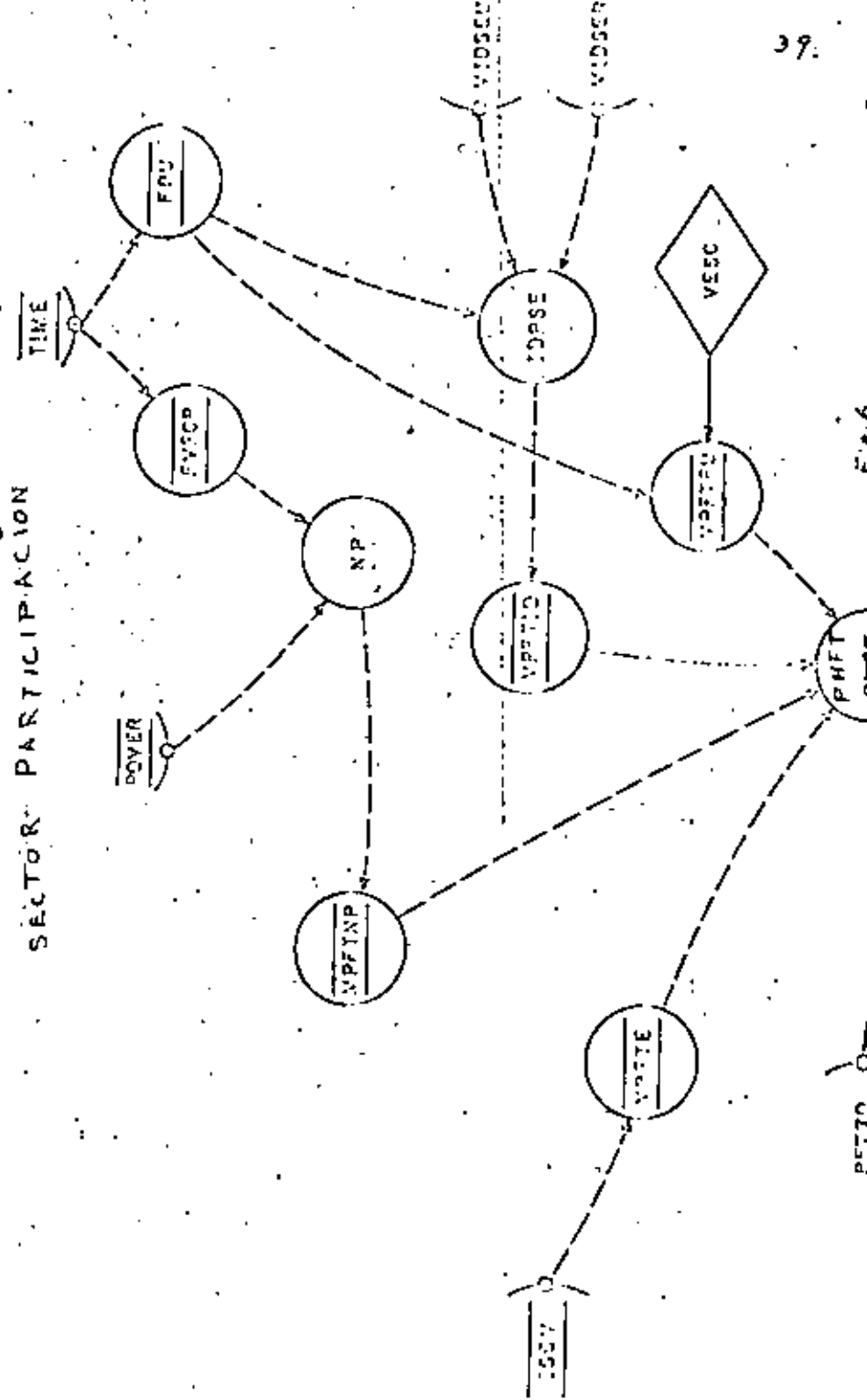


Fig. 5

SECTOR PARTICIPACION



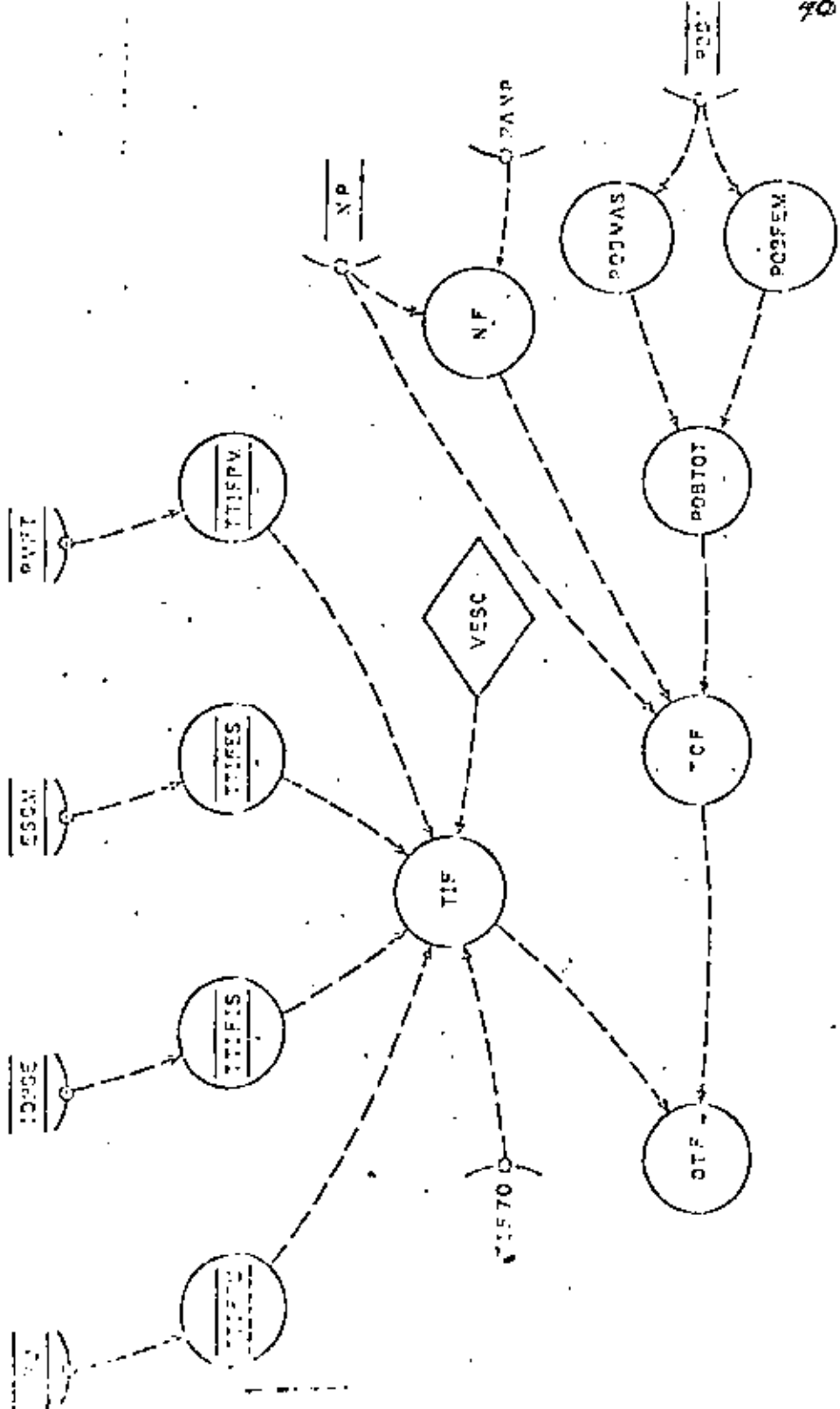
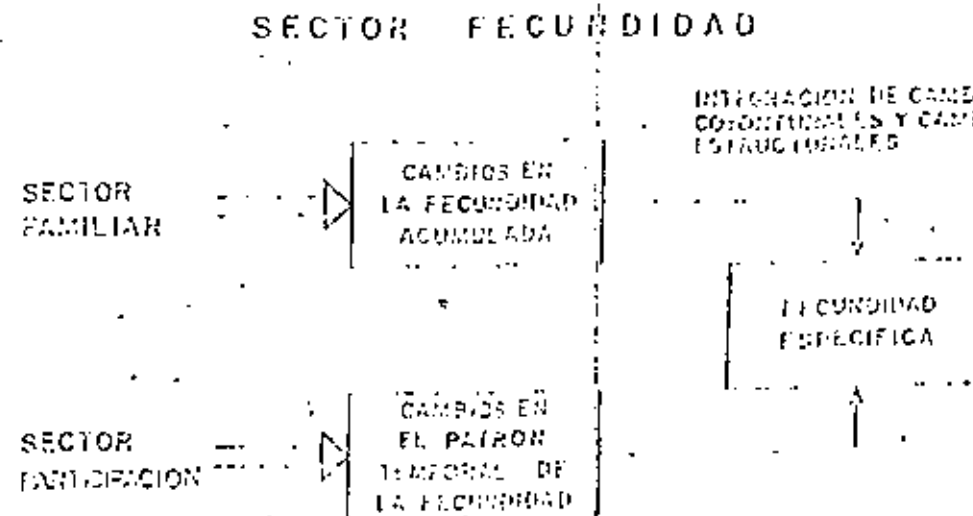
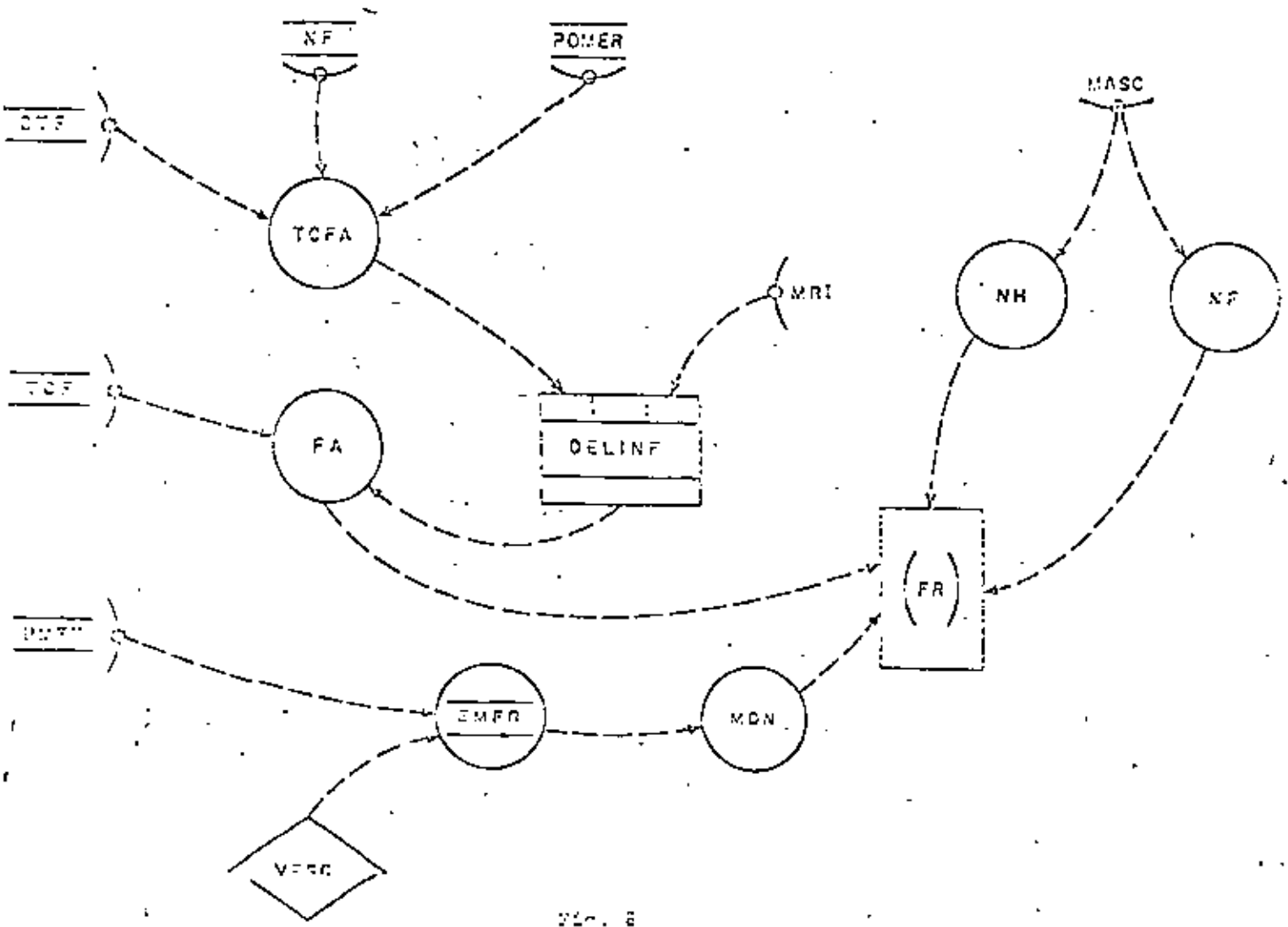


Fig. 7



SECTOR , FECUNDIDAD





**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

DINAMICA DE SISTEMAS (FORRESTER)

**MODELO CORPORATIVO DE SIMULACION DINAMICA
DE TELEFONOS DE MEXICO, S.A.**

Dr. Enrique Zepeda Bustos

Mayo, 1981

I N D I C E

	<u>PAG.</u>	
1.- METODOLOGIA	1	
2.- EL SISTEMA Y SU ENTORNO	3	
3.- EL MODELO Y SU ESTRUCTURA	5	
4.- DESCRIPCION DEL MODULO DEL SISTEMA DE LARGA DISTANCIA	8	
5.- USO DEL MODULO DEL SISTEMA L. D. COMO MODELO INDEPENDIENTE	18	
6.- ENSAMBLE Y VALIDACION DEL MODELO CORPORATIVO	29	
7.- GENERACION DE ESCENARIOS FUTUROS	52	
8.- CONCLUSIONES	58	
9.- BIBLIOGRAFIA	60	a

INTRODUCCION.

La creciente complejidad de la estructura organizacional de Teléfonos de México, S. A. y de sus procesos de toma de decisiones así como la naturaleza cambiante de su entorno tanto tecnológico como socioeconómico hacen de la planeación estratégica una función vital para la empresa. El acelerado desarrollo económico del país requiere no solo de una red telefónica extensa sino también de la variedad cada vez mayor de servicios telefónicos que pueden ser proporcionados debido al rápido avance tecnológico de las telecomunicaciones. La expansión de la red telefónica y su modernización implican la toma de la decisión correcta con respecto a los cambios tecnológicos a introducir y la adopción de políticas de crecimiento estable que garanticen la continuidad de un servicio telefónico confiable y adecuado a las necesidades del país. Los cursos de acción para lograr estas metas son múltiples y sus consecuencias futuras difíciles de prever y evaluar.

Para seleccionar la mejor alternativa o las políticas estratégicas más adecuada se requiere de un modelo que permita, bajo diferentes escenarios futuros del entorno, simular sus efectos sobre el desempeño de la empresa en áreas tales como: financiamiento de los planes de expansión, capacitación y desarrollo de personal especializado, introducción de nuevos servicios, etc. La magnitud y complejidad del sistema telefónico mexicano hacen del análisis y evaluación de políticas estratégicas un proceso difícil de realizar con modelos que no involucren un enfoque global del sistema.

1.- METODOLOGIA

1.- METODOLOGIA.

Con el propósito de resolver la problemática planteada anteriormente se utilizó la metodología de Dinámica de Sistemas para el desarrollo de un modelo de simulación dinámica que representa la estructura de los procesos de toma de decisiones involucrados en las diferentes áreas funcionales de Teléfonos de México. El modelo se desarrolló en forma modular - construyendo modelos dinámicos para cada una de las áreas funcionales las cuales fueron probadas y validadas independientemente para ser ensambladas posteriormente en un modelo global con lo cual la validación del modelo corporativo completo se facilitó significativamente.

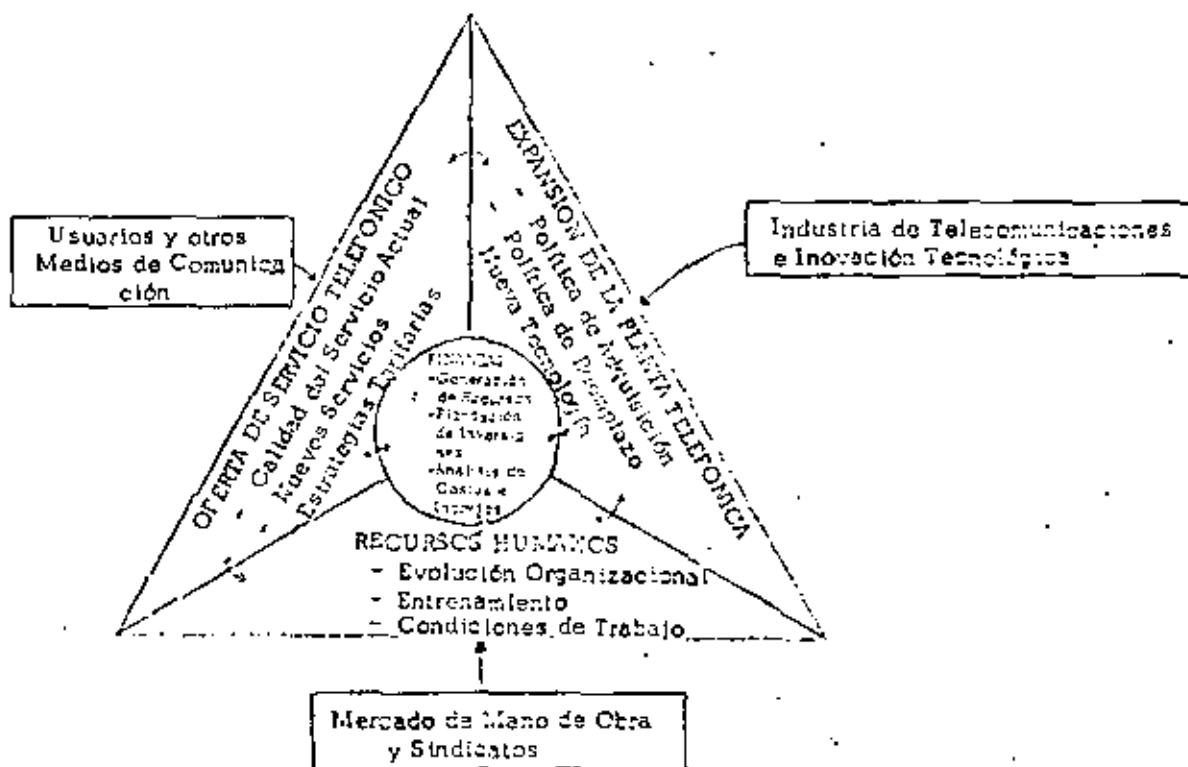
Una vez validado el modelo se utilizará para:

- i) Simular y analizar el desempeño general de TELMEX bajo diferentes escenarios futuros del entorno.
- ii) Simular y analizar los efectos de las políticas de crecimiento actuales.
- iii) Diseñar y probar políticas alternativas.
- iv) Evaluar y seleccionar opciones estratégicas.

2.- EL SISTEMA Y SU ENTORNO

2.- EL SISTEMA Y SU ENTORNO.

El sistema que se busca modelar para evaluar el impacto de las opciones estratégicas, es la corporación en su totalidad y se conceptualizó como sigue:

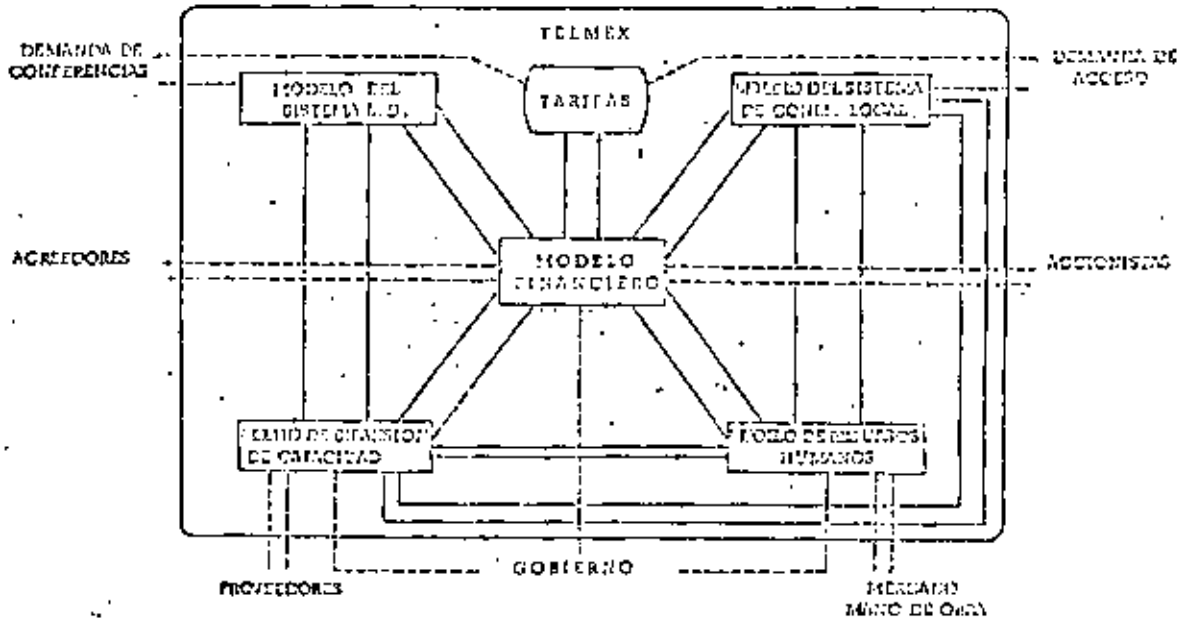


3.- EL MODELO Y SU ESTRUCTURA

5

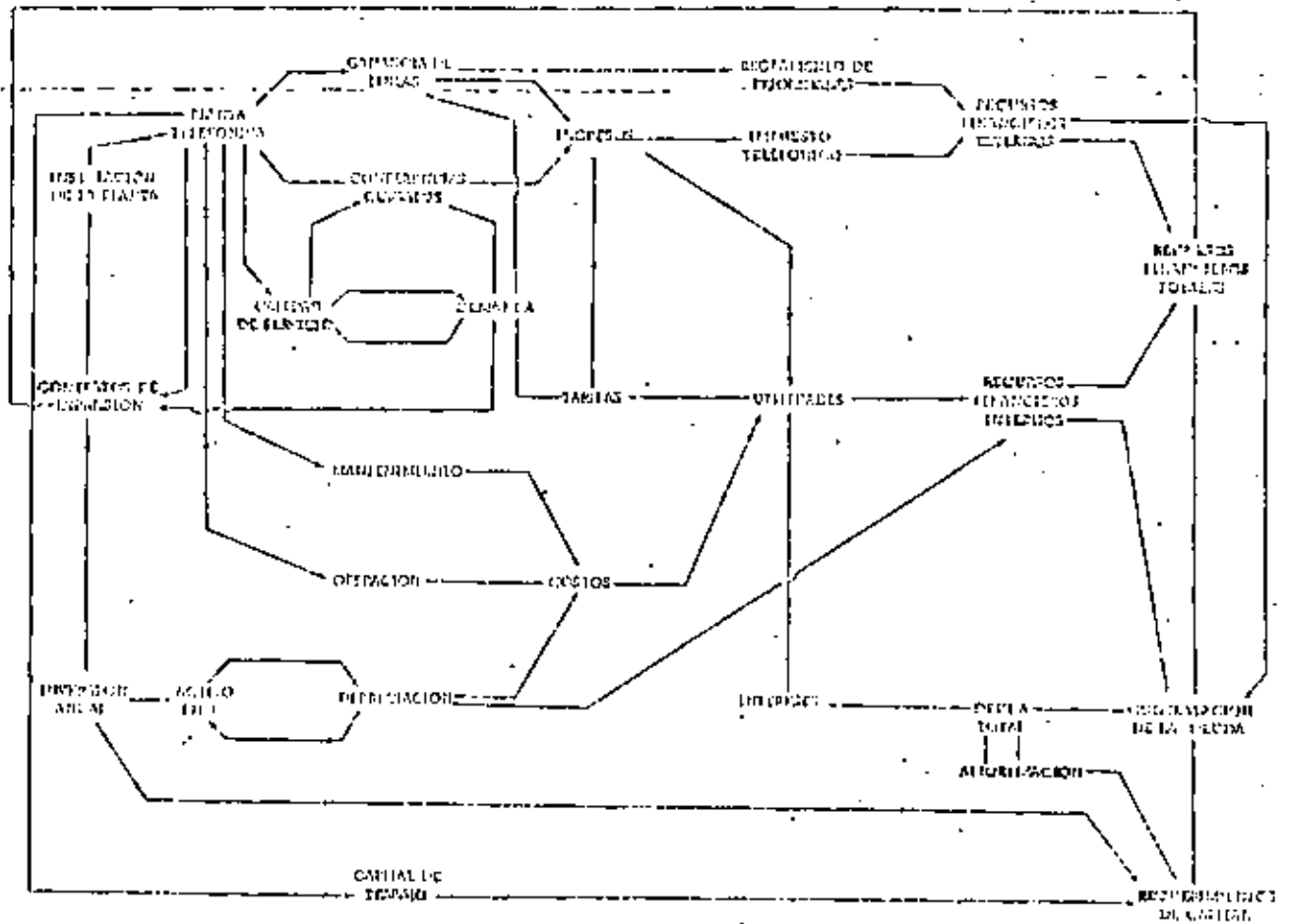
3.- EL MODELO Y SU ESTRUCTURA.

A partir de la conceptualización del sistema se desarrolló el modelo dinámico de planeación estratégica de TELMEX en forma modular. Los cinco módulos principales del sistema simulan los procesos de toma de decisiones que se desarrollan en las áreas funcionales representadas por los módulos:



El enfoque modular permite la evaluación y análisis de los efectos de políticas y decisiones estratégicas en cada una de las áreas funcionales de TELMEX.

La estructura general del modelo que se desarrolló está constituida por las interacciones causa-efecto entre las principales variables del sistema.



4.- DESCRIPCION DEL MODULO DEL SISTEMA DE LARGA DISTANCIA.

4.- DESCRIPCION DEL MODELO DEL SISTEMA DE LARGA DISTANCIA.

4.1.- OBJETIVOS.

Los objetivos principales del Modelo Dinámico del Sistema L.D. son:

- Simular la dinámica producida por el tráfico de conferencias de L.D. a través del sistema telefónico en un horizonte a largo plazo, tomando en consideración:
 - El comportamiento de los usuarios.
 - Las leyes que norman la interacción entre usuarios y sistema.
 - La política de adquisición de capacidad de equipo L.D.
- Analizar el comportamiento del sistema ante diferentes escenarios de demanda de tráfico.
- Proponer métodos alternativos de pronóstico de tráfico a Largo Plazo que sean capaces de filtrar las variaciones cíclicas y abatorias que se presentan.
- Proponer políticas de adquisición de capacidad lo suficientemente robustas - para responder en forma adecuada a la tendencia de crecimiento de la Demanda.
- Evaluar y seleccionar políticas de adquisición de planta L.D. como insumos - al Modelo JARDI.

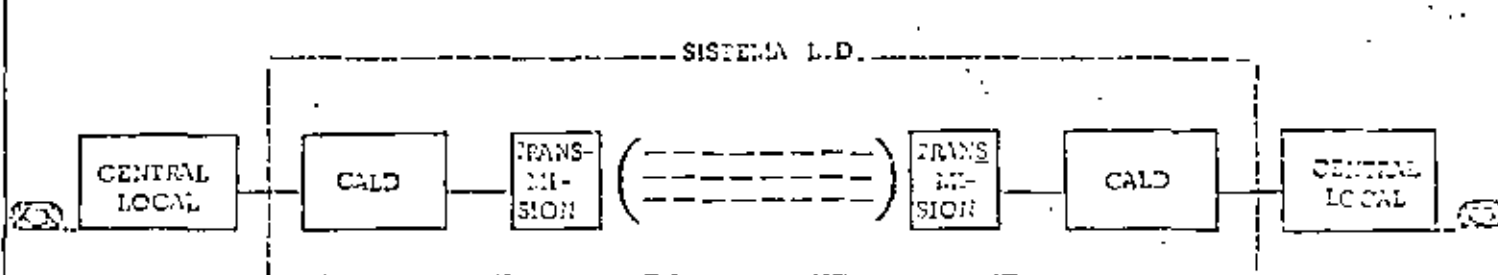
4.2.- METODOLOGIA.

Debido a la naturaleza dinámica del comportamiento de los tres principales sectores del sistema: 1) Usuarios, 2) Planta L.D. y 3) Política de Adquisición de Telmex y de sus interacciones se utilizó Dinámica de Sistemas para construir un modelo de simulación de las características principales del comportamiento del Sistema L.D. Esto permite:

- Determinar y analizar los efectos a corto, mediano y largo plazo tanto de cambios en el entorno como de decisiones que se tomen respecto a políticas de adquisición de planta, manejo de red y calidad de servicio.
- Seleccionar la política o políticas que produzcan los mejores resultados bajo el mayor número posible de escenarios futuros del entorno.

4.3. - CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA L.D.

La estructura básica del sistema L.D. propuesta para la construcción del modelo dinámico se conceptualizó como sigue:



Esta conceptualización permite observar el comportamiento de una llamada telefónica en cuanto a su probabilidad de éxito a lo largo de los pasos señalados en el diagrama.

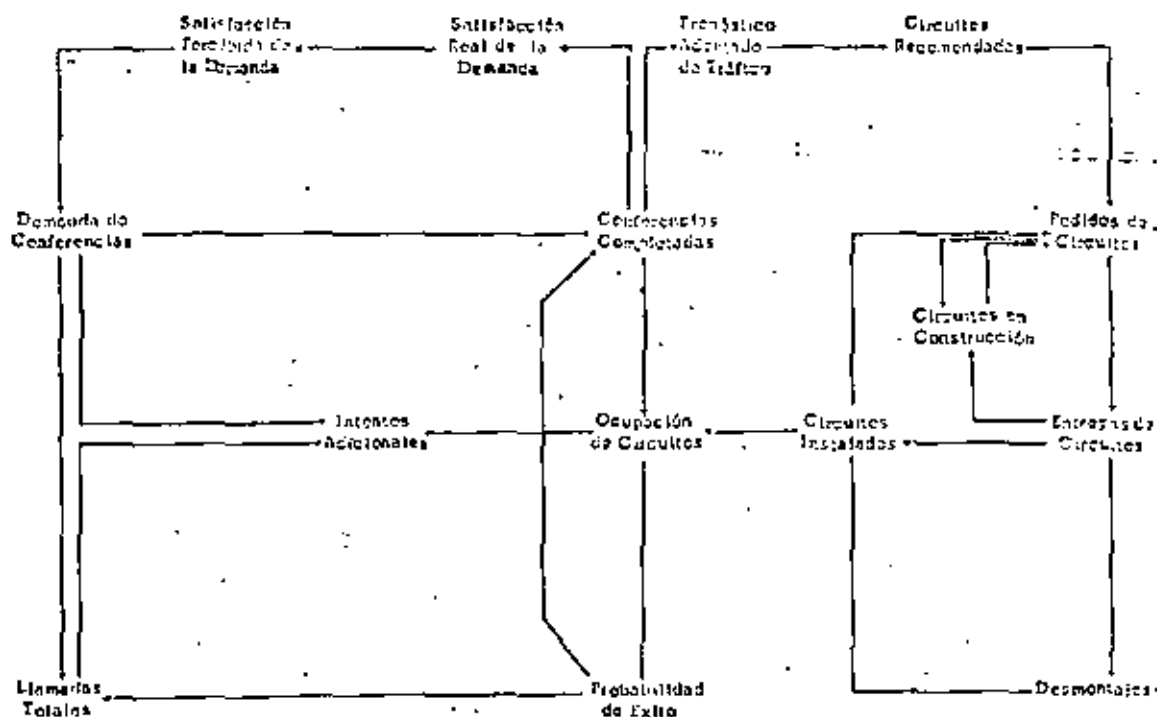
4.4. - ESTRUCTURA Y FUNCIONES DEL MODELO.

Con el fin de analizar el comportamiento del Sistema L.D. bajo la conceptualización propuesta, el modelo dinámico cuya estructura simplificada se presenta a continuación, tiene como funciones principales simular:

- Los efectos de la demanda de conferencias sobre la planta L.D.
- Reacción a corto plazo del usuario al congestionamiento de la red.
- Reacción a largo plazo del usuario al nivel percibido de satisfacción de la demanda.
- Respuesta del sistema a través de su política de adquisición.

ESTRUCTURA DEL MODELO DINAMICO

DEL SISTEMA L.D.



13

4.5.- SUPUESTOS.

La conceptualización del Sistema L.D. está basada en los siguientes supuestos:

Comportamiento de la Demanda de Conferencias: En este caso se supone que:

- La demanda de conferencias es igual o mayor a las conferencias completadas.
- La demanda de conferencias puede crecer tanto uniformemente como presentar variaciones cíclicas o aleatorias.

Comportamiento del Usuario. Los supuestos básicos en esta área son:

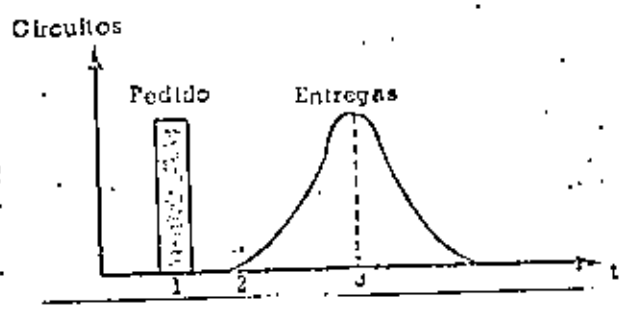
- Los usuarios tienen necesidades de comunicación a larga distancia que pueden ser cubiertas por medio de la utilización del servicio telefónico.
- Aquellos que buscan resolver parte de sus necesidades de comunicación a través del sistema telefónico, lo manifiestan por medio de llamadas al sistema.
- Los usuarios reaccionan al nivel de calidad de servicio al sistema telefónico. La reacción del usuario al funcionamiento correcto del sistema se manifiesta en intentar satisfacer más necesidades de comunicación a través del sistema telefónico.
- La reacción del usuario a la pérdida de llamadas depende de su percepción de las causas: 1) Causas Externas.- Cuando el usuario percibe que el número marcado está ocupado o no contesta; 2) Causas Internas.- Cuando el usuario percibe que el sistema falla.
- La percepción del usuario de que la pérdida de llamadas es causada por el sistema se incrementa a medida de que la calidad de servicio que percibe decrece.
- La reacción del usuario a la pérdida de llamadas pasa por las siguientes etapas:
 - Intentar la llamada inmediatamente
 - Diferir la llamada a otro período del día
 - Diferir la llamada a otro día
 - Cancelar la llamada
 - Intentar otra forma de comunicación ajena al sistema telefónico

15

Comportamiento del Sistema. - Con respecto al sistema se consideró que :

- Para simular el comportamiento del tráfico a través del sistema local se asignó una probabilidad de éxito constante a los pasos de conmutación local.
- La eficiencia del grupo de los circuitos de transmisión es afectado por la intensidad de tráfico y por su agrupación. Por lo tanto la probabilidad de que una llamada tenga acceso a un circuito se determinará en función del grado de ocupación de los circuitos en un momento dado generado por conferencias en curso o intentos adicionales y el número promedio de circuitos en cada vía.
- El grado de ocupación es determinado por la relación entre el tiempo que un circuito está siendo utilizado en intentos y conferencias durante un período dado y el tiempo total del período.
- La probabilidad de que un circuito individual no esté accesible para una llamada en un momento dado está por su grado de ocupación.
- La agrupación de circuitos por vía aumenta la probabilidad de que una llamada tenga acceso a un circuito en dicha vía. Por lo tanto reduce su probabilidad de pérdida. Para el cálculo de las probabilidades por grupo de circuitos se utilizó la fórmula de Erlang.
- La probabilidad global de éxito de una llamada está compuesta por las probabilidades de éxito parciales que la llamada tenga en los siguientes pasos:
 - Conmutación en la central local del abonado A.
 - Enlace disponible para acceder su central L.D.
 - Conmutación en su central L.D.
 - Circuitos disponibles para acceder la central L.D. del abonado B.
 - Enlaces disponibles entre la central L.D. y la central local del abonado B.
 - Conmutación en la central local del abonado B.
 - Abonado B. contesta la llamada.
- Las probabilidades de éxito parciales se consideran independientes entre sí. Esto implica que las probabilidades de éxito global son el producto de las probabilidades de éxito parciales.
- Una probabilidad de éxito baja genera intentos adicionales que aumentan el congestionamiento del sistema disminuyendo aún más las probabilidades de éxito.
- No todos los intentos adicionales causan ocupación en los circuitos, sino solo aquellos cuyos probabilidades indiquen que el circuito está libre al llegar una llamada a este paso.

Política de Admisión. - En este caso se supone que aunque los circuitos son pedidos una vez por año las entregas estarán distribuidas a lo largo del tiempo de la siguiente forma: (1)

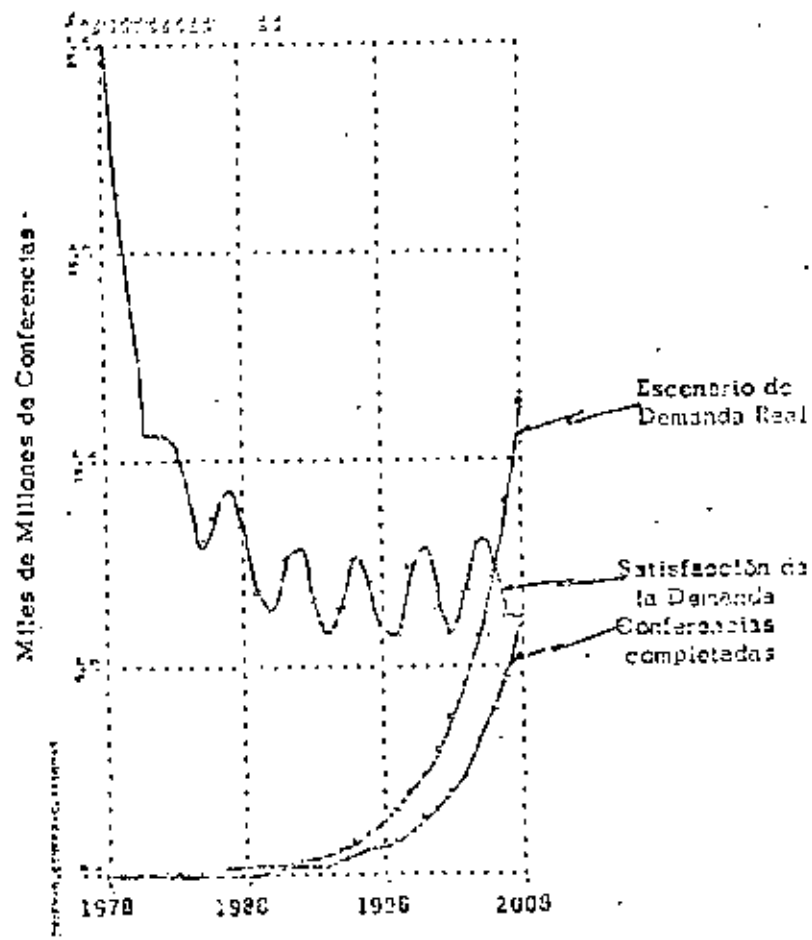


5.- USO DEL MODULO DEL SISTEMA L.D.
COMO MODELO INDEPENDIENTE.

5.- USO DEL MÓDULO DEL SISTEMA L.D. COMO MODELO INDEPENDIENTE.

El módulo del Sistema L.D. se utilizó para analizar los efectos de la política actual de adquisición de circuitos de Larga Distancia y para diseñar y probar políticas alternativas que permitan adecuar la evolución de la capacidad del sistema a la demanda real de conferencias. Para estos efectos se simuló el comportamiento del sistema durante un periodo de 30 años a partir de 1978 bajo un escenario de crecimiento exponencial de la demanda de conferencias y suponiendo un 80% de satisfacción de la demanda para ese año.

Como puede observarse en la gráfica que se presenta a continuación, la satisfacción de la demanda cae drásticamente de 80% en 1978, a 56% en 1988 para empezar a oscilar alrededor de 53% aproximadamente.

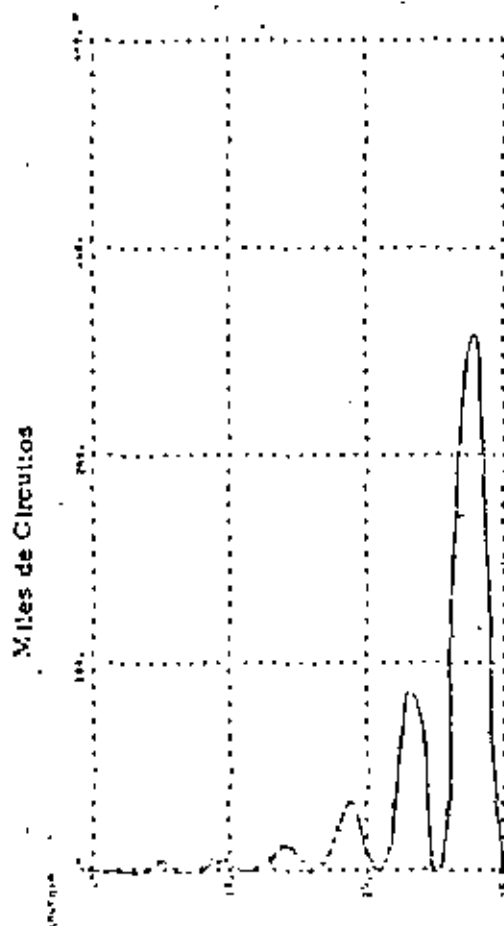


Este comportamiento es causado por dos características importantes de la política de adquisición de circuitos:

- (1) - Pronóstico de tráfico basado en conferencias cursadas, esto causa la caída de la satisfacción de la demanda ya que bajo condiciones de restricción de oferta el pronóstico de tráfico subestima la demanda real conduciendo a una instalación insuficiente de circuitos generando congestión en el sistema lo cual reduce el tráfico cursado y consecuentemente el pronóstico aún más congestión.
- (2) - Estructura básica de la política de adquisición basada en la fórmula general de ajuste proporcional de las discrepancias entre la capacidad instalada y el pronóstico de tráfico.

$$\left[\begin{array}{c} \text{PEDIDOS DE} \\ \text{CIRCUITOS} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{CIRCUITOS} \\ \text{RECOMENDADOS} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{CIRCUITOS} \\ \text{INSTALADOS} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{CIRCUITOS EN} \\ \text{CONSTRUCCIÓN} \end{array} \right]$$

Esto causa oscilaciones no solamente en la satisfacción de la demanda sino también en los pedidos anuales de circuitos como puede observarse en la siguiente gráfica:



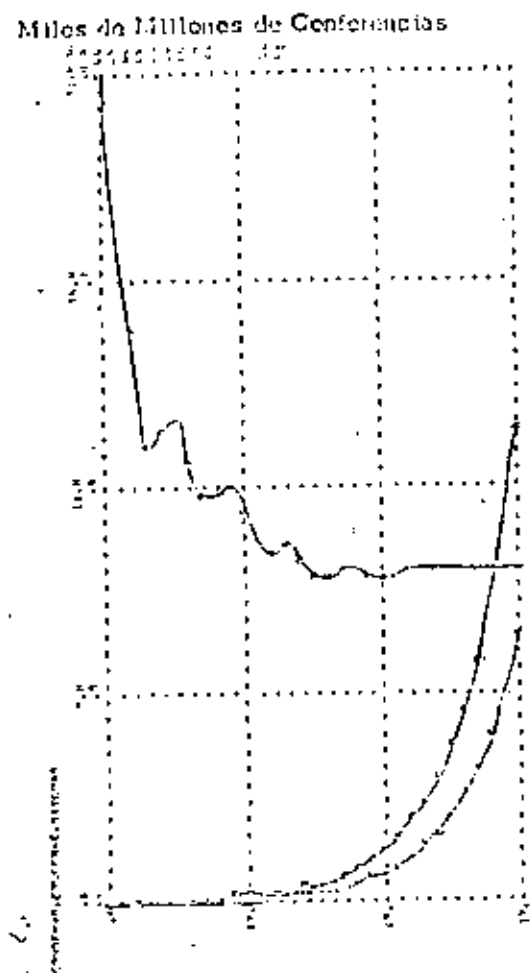
PEDIDOS ANUALES
DE CIRCUITOS. 22

Dado que el deterioro de la calidad de servicio en el sistema es causado principalmente por los efectos que sobre la capacidad de la planta tiene la política de adquisición se introdujeron cambios en su estructura con el propósito de incrementar la satisfacción de la demanda:

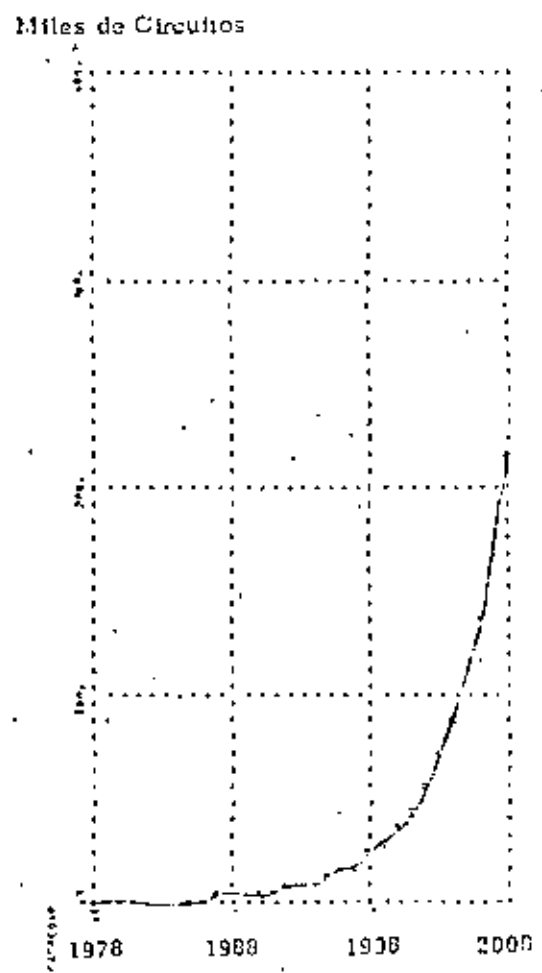
- Adecuación de los pedidos de circuitos a la tendencia general de la demanda. Esto se logra mediante el aumento de los pedidos en una cantidad de circuitos equivalente al crecimiento anual promedio del tráfico:

$$\left[\frac{\text{PEDIDOS DE}}{\text{CIRCUITOS}} \right] = \left[\frac{\text{CIRCUITOS}}{\text{RECOMENDADOS}} \right] - \left[\frac{\text{CIRCUITOS}}{\text{INSTALADOS}} \right] - \left[\frac{\text{CIRCUITOS EN}}{\text{CONSTRUCCIÓN}} \right] + \left[\frac{\text{CIRCUITOS EQUIVA-}}{\text{LIENTES AL CRECIMIENTO}} \right] + \left[\frac{\text{ANUAL PROMEDIO DEL}}{\text{TRÁFICO}} \right]$$

Esto produce un patrón estable de pedidos y elimina las oscilaciones de la satisfacción de la demanda y por consiguiente del sistema como puede observarse en las gráficas que se presentan a continuación. Sin embargo, la caída de la satisfacción de la demanda sigue presentándose debido a que la política no incluye ningún factor, la compensación que tome en cuenta la subestimación de la demanda real por el pronóstico de tráfico -- cursado.



Demanda de Conferencias (D)
Conferencias Consultadas (C)



Pedidos Anuales de Circuitos

- Introducción de un factor de seguridad variable dependiente del nivel de calidad de servicio. Esto tiene por objeto adecuar los pedidos de circuitos a la demanda de acuerdo a una variable susceptible de ser medida ya que la estimación de la demanda real siempre involucra errores significativos. El factor de seguridad propuesto es una función del nivel de cancelación:

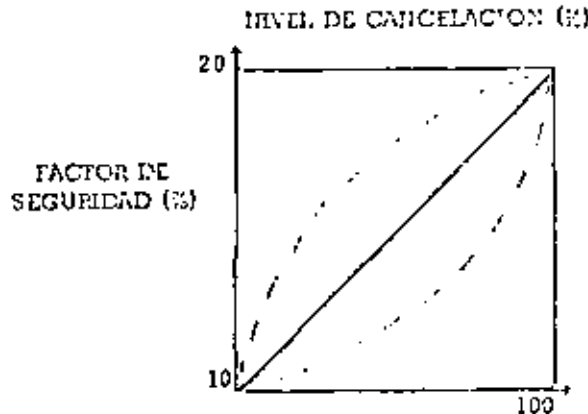
$$\boxed{\text{FACTOR DE SEGURIDAD}} = f \boxed{\text{NIVEL DE CANCELACION}}$$

donde:

$$\boxed{\text{NIVEL DE CANCELACION}} = \frac{\boxed{\text{LLAMADAS TOTALES}} - \boxed{\text{CONFERENCIAS COMPLETADAS}}}{\boxed{\text{LLAMADAS TOTALES}}}$$

25

La forma de la función usada para el factor de seguridad en esta prueba fue:



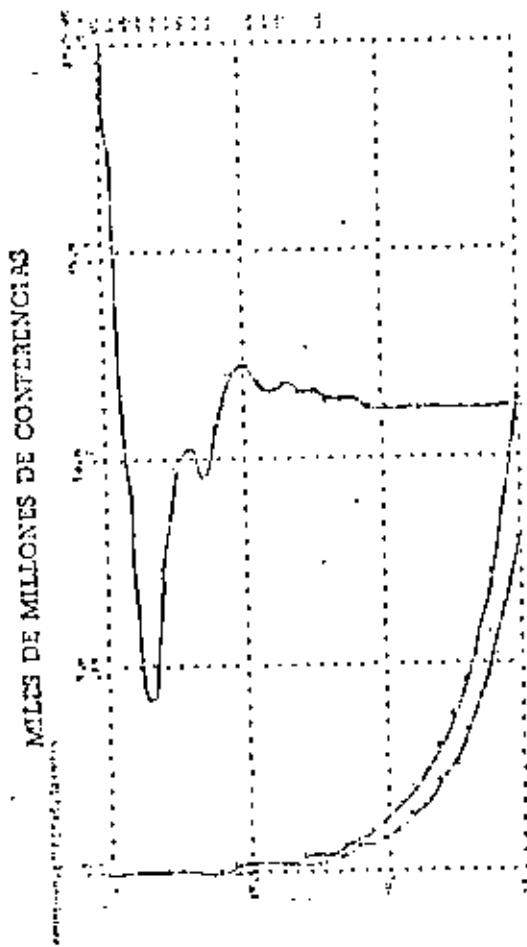
Sin embargo, es factible probar con el modelo otras formas de respuesta a la cancelación tales como los representados por las líneas punteadas.

La estructura propuesta para la política de adquisición es por lo tanto:

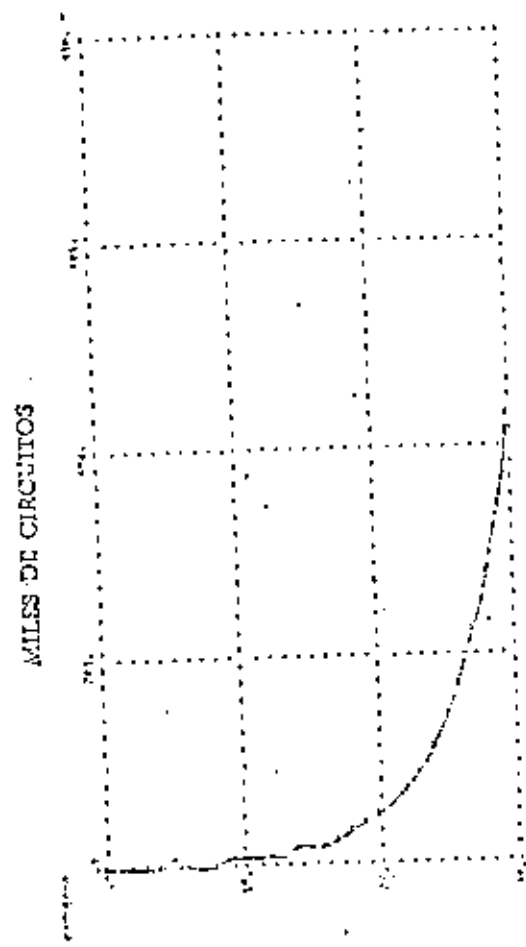
$$\boxed{\text{PEDIDO DE CIRCUITOS}} = \boxed{\text{FACTOR DE SEGURIDAD}} \cdot \boxed{\text{CIRCUITOS RECOMENDADOS}} - \boxed{\text{CIRCUITOS INSTALADOS}} - \boxed{\text{CIRCUITOS EN CONSTRUCCION}} + \boxed{\text{CIRCUITOS EQUIVALENTES AL CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO DEL TRAFICO}} + \boxed{\text{CIRCUITOS EQUIVALENTES AL CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO DEL TRAFICO}}$$

Como puede observarse en las gráficas que se presentan a continuación, el uso de esta política mantiene estable el patrón de pedidos anuales de circuitos y mejora considerablemente la satisfacción de la demanda a largo plazo. La caída en el nivel de satisfacción en los tres primeros años (1978-81) de período se debe a los programas de expansión ya comprometidos y por lo tanto no son susceptibles de modificarse.

POLITICA PROPUESTA



Demanda de Conferencias (D)
 Conferencias Completadas (C)
 Satisfacción de la Demanda (S)



Pedidos Anuales de Circuitos

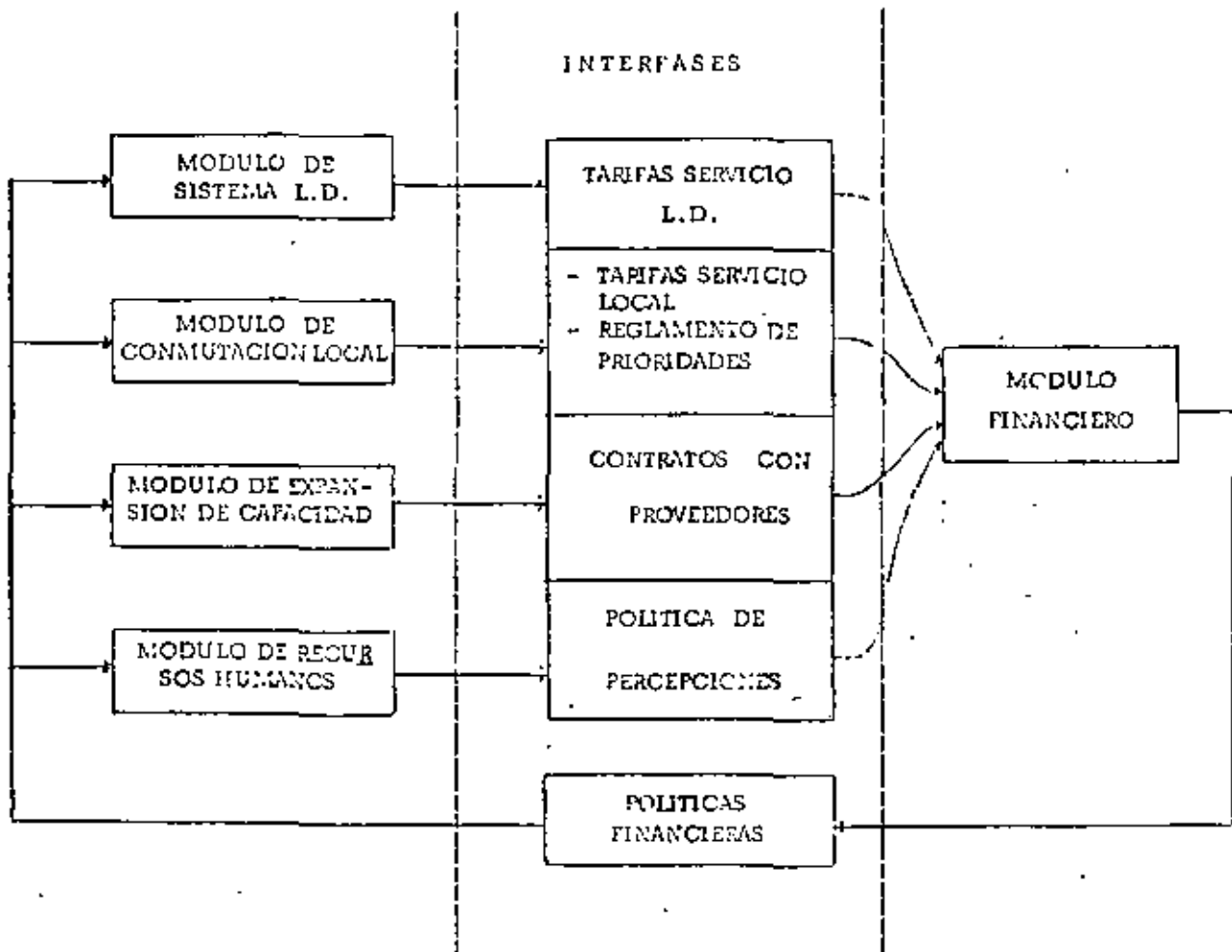
6.- ENSAMBLE Y VALIDACION DEL
 MODELO CORPORATIVO.

6.- ENSAMBLE Y VALIDACION DEL MODELO CORPORATIVO.

6.1.- ENSAMBLE.

Una vez que los módulos de cada una de las áreas funcionales fueron probados y validados independientemente se procedió a ensamblar el modelo corporativo mediante el uso de interfaces que traducen las unidades físicas generadas por los módulos de: Sistema L.D., Conmutación Local, Expansión de Capacidad y Recursos Humanos a unidades monetarias usadas en el módulo financiero así mismo se desarrolló una interfase que simula la retroalimentación financiera a los procesos de toma de decisiones representados en los otros módulos.

En el diagrama a continuación se muestra esquemáticamente esta estructura:



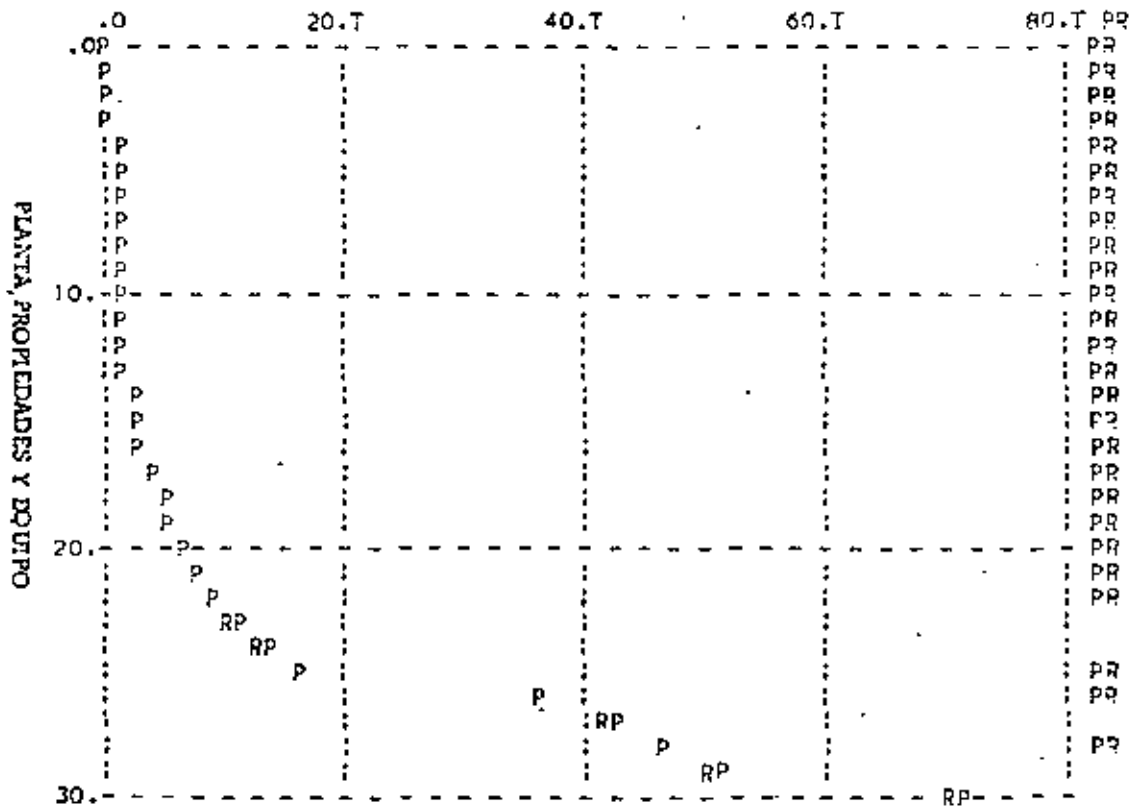
6.2.- VALIDACION.

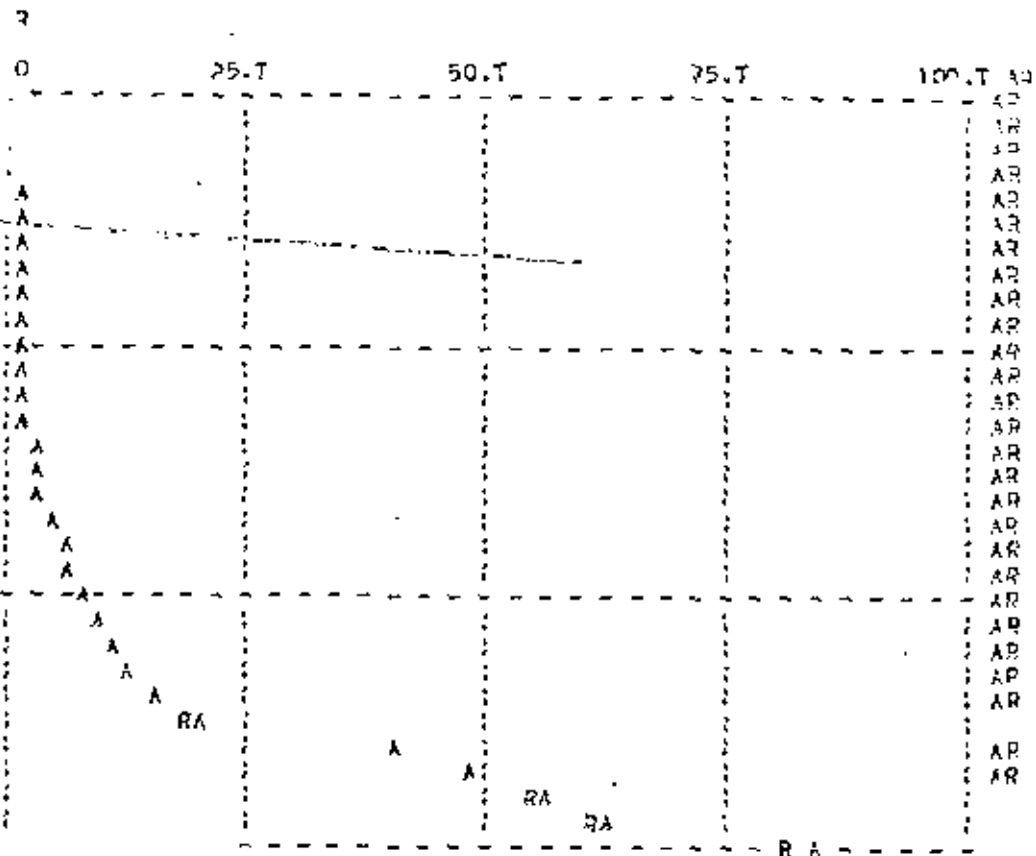
La validación del modelo completo se realizó comparando el comportamiento simulado de las principales variables del sistema con los datos históricos - correspondientes al período 1950-60.

Debido a que este proceso ya se había llevado a cabo para los modelos independientes la calibración paramétrica del modelo corporativo se simplificó enormemente.

Como puede observarse de las gráficas comparativas que se presentan a continuación, los resultados demuestran que el modelo constituye una base sólida de experimentación para probar, analizar y evaluar políticas estratégicas.

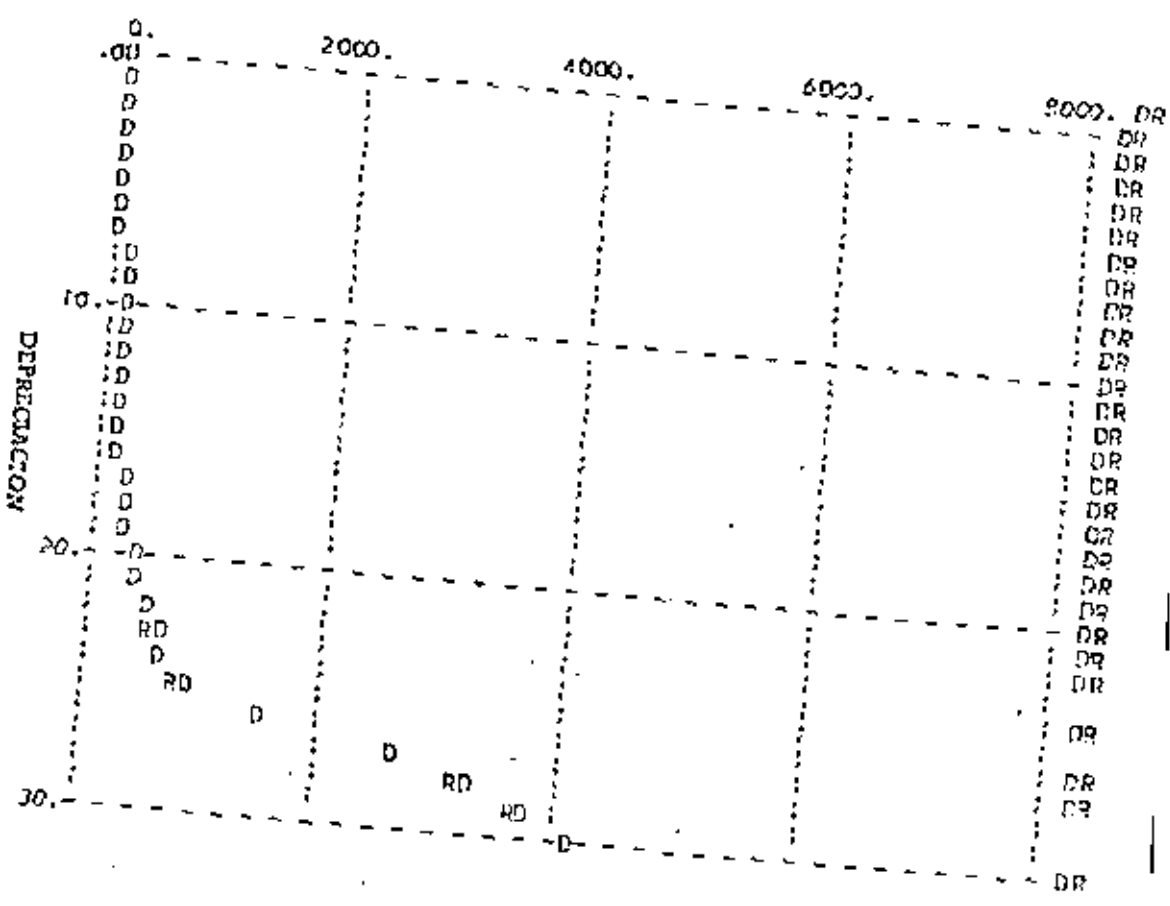
PPE=P ,PPER=R





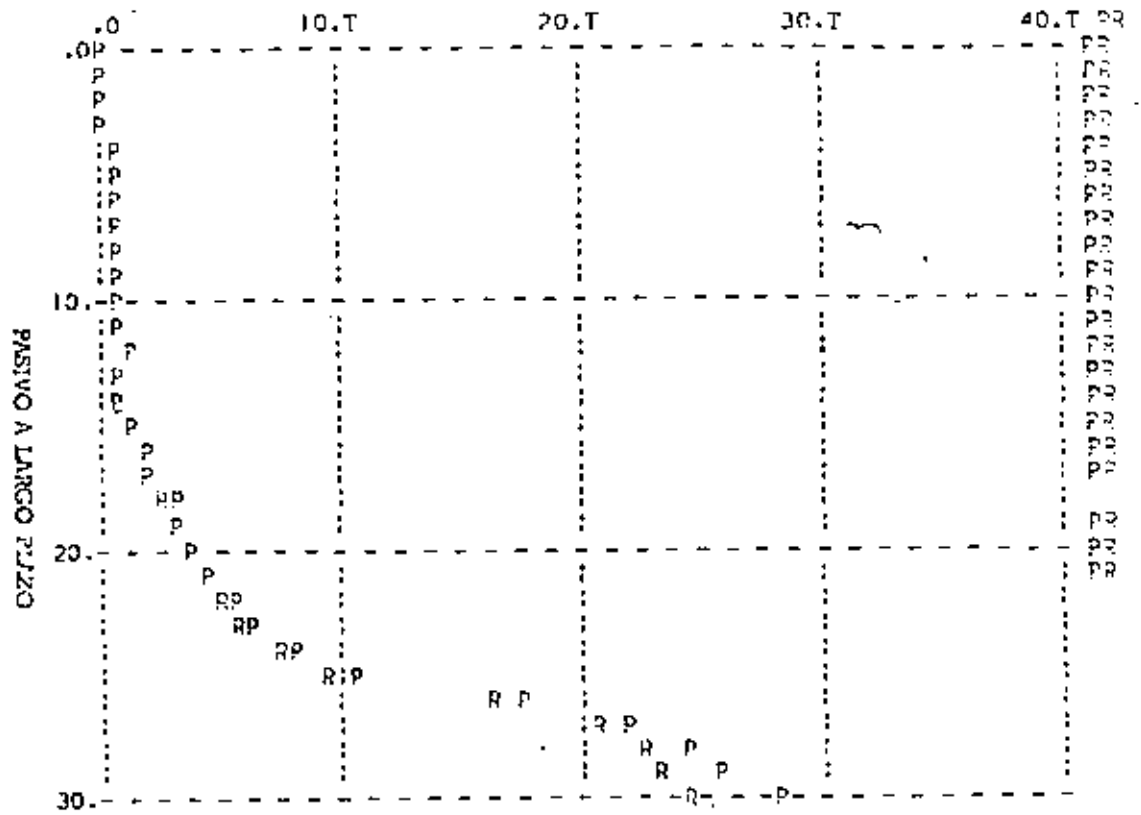
SEP=D, DEPR=R

34

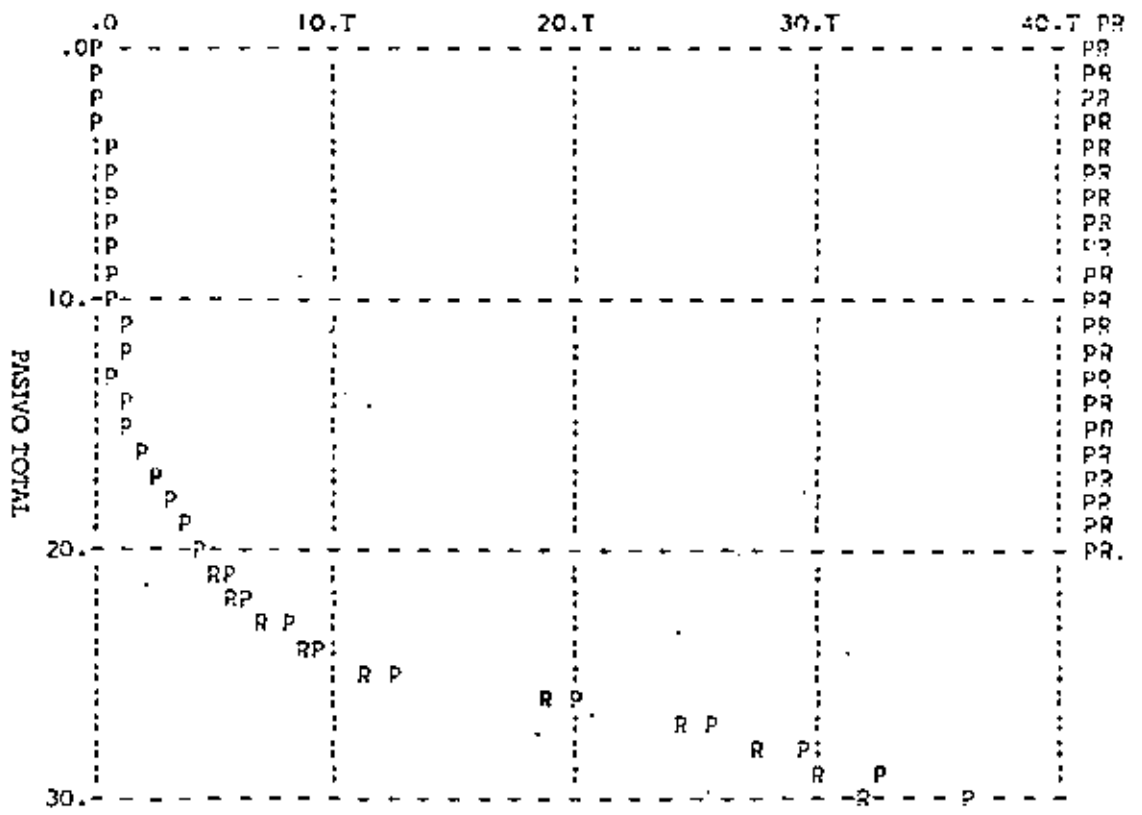


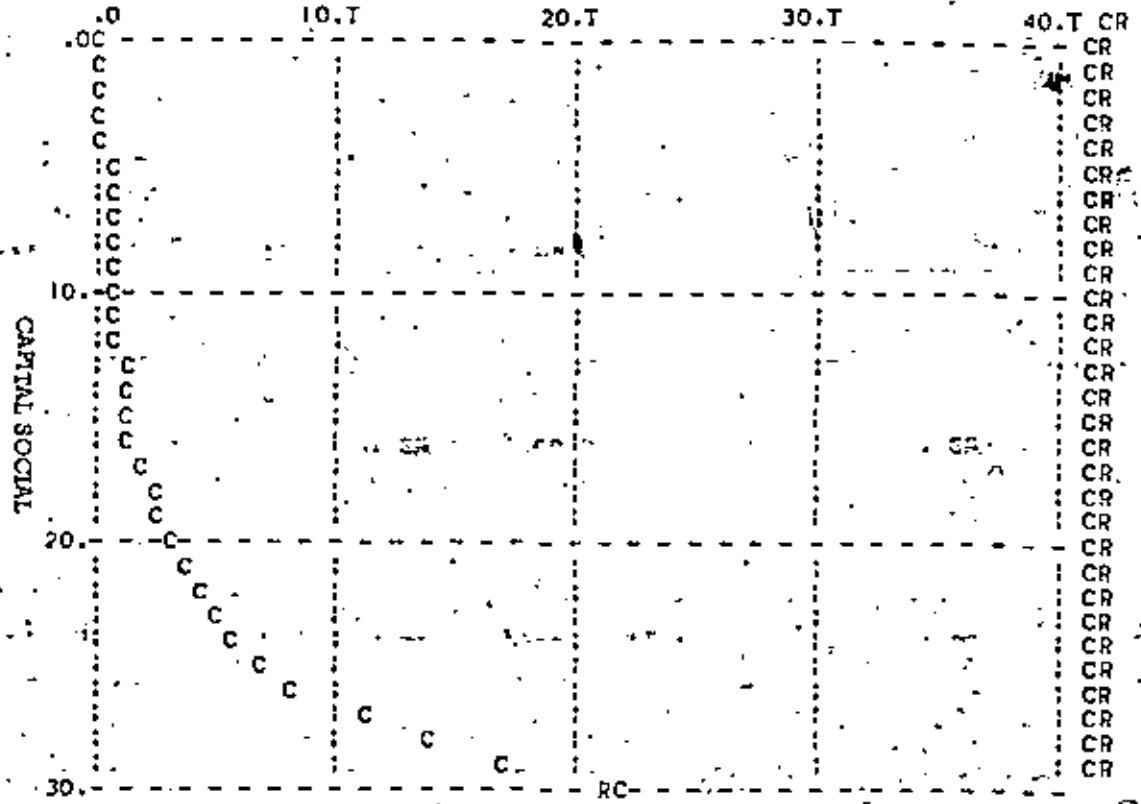
35

PLP=P, PLPR=R

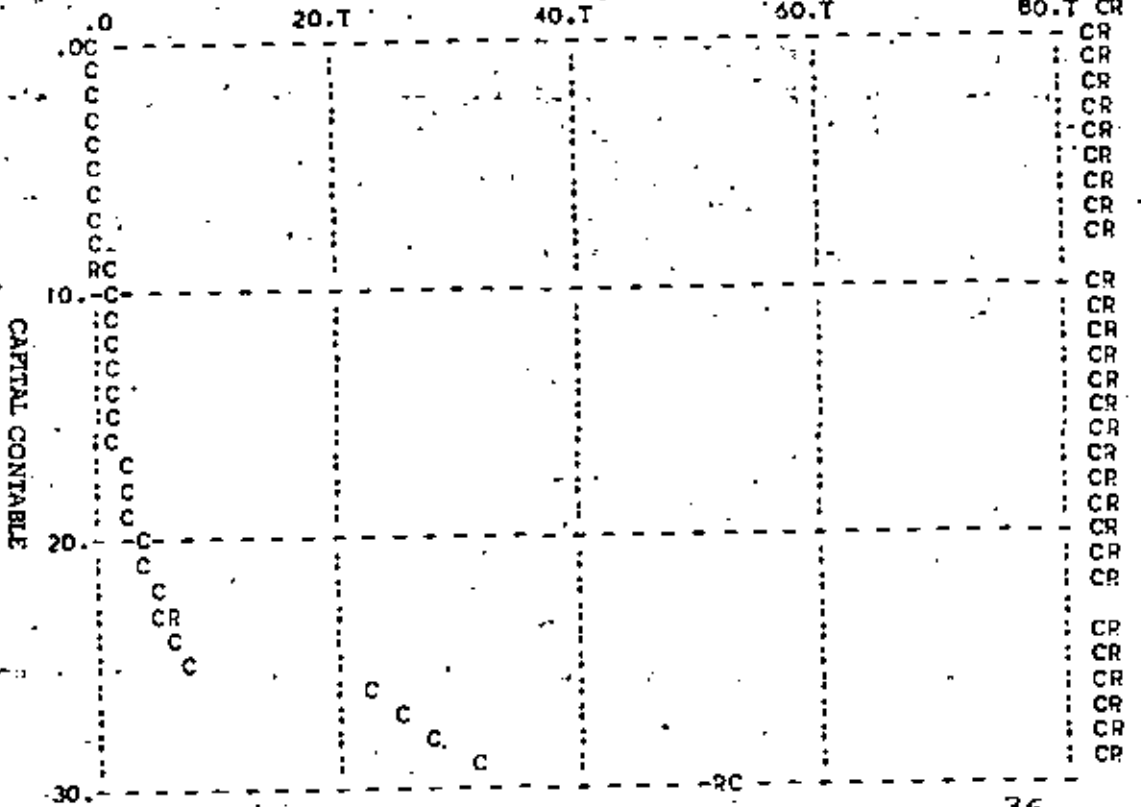


PT=P, PTR=R



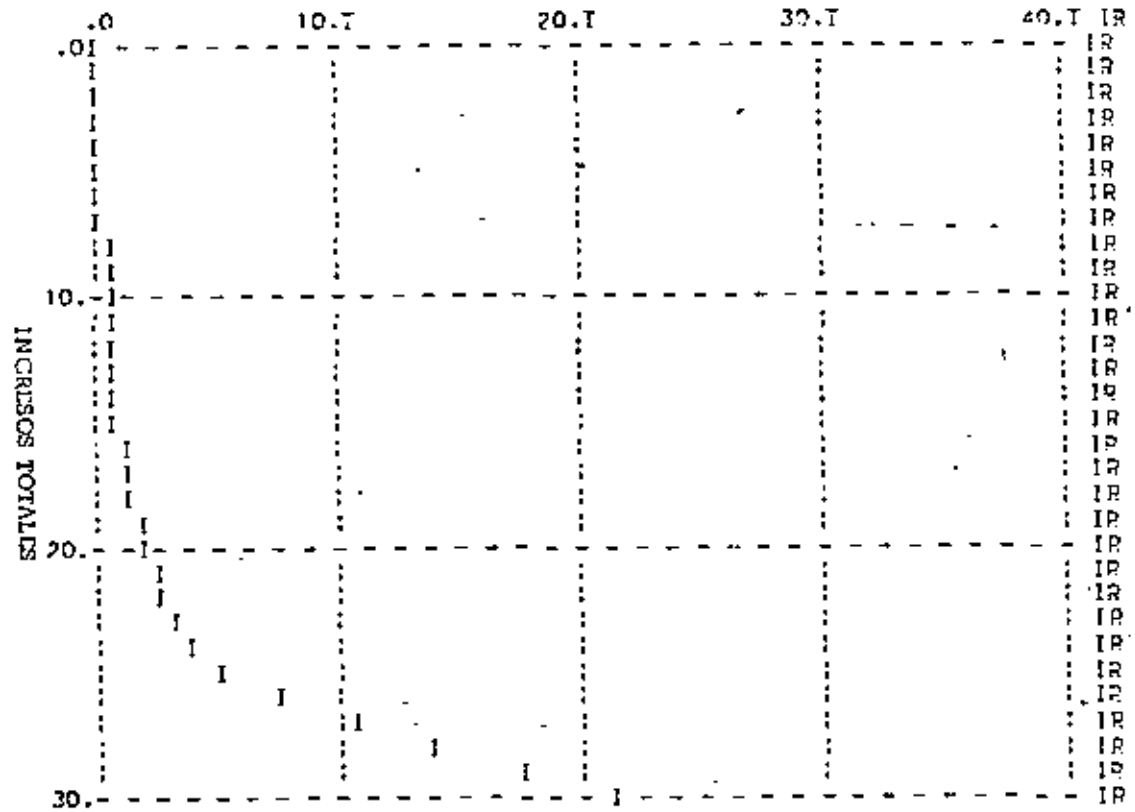


CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR



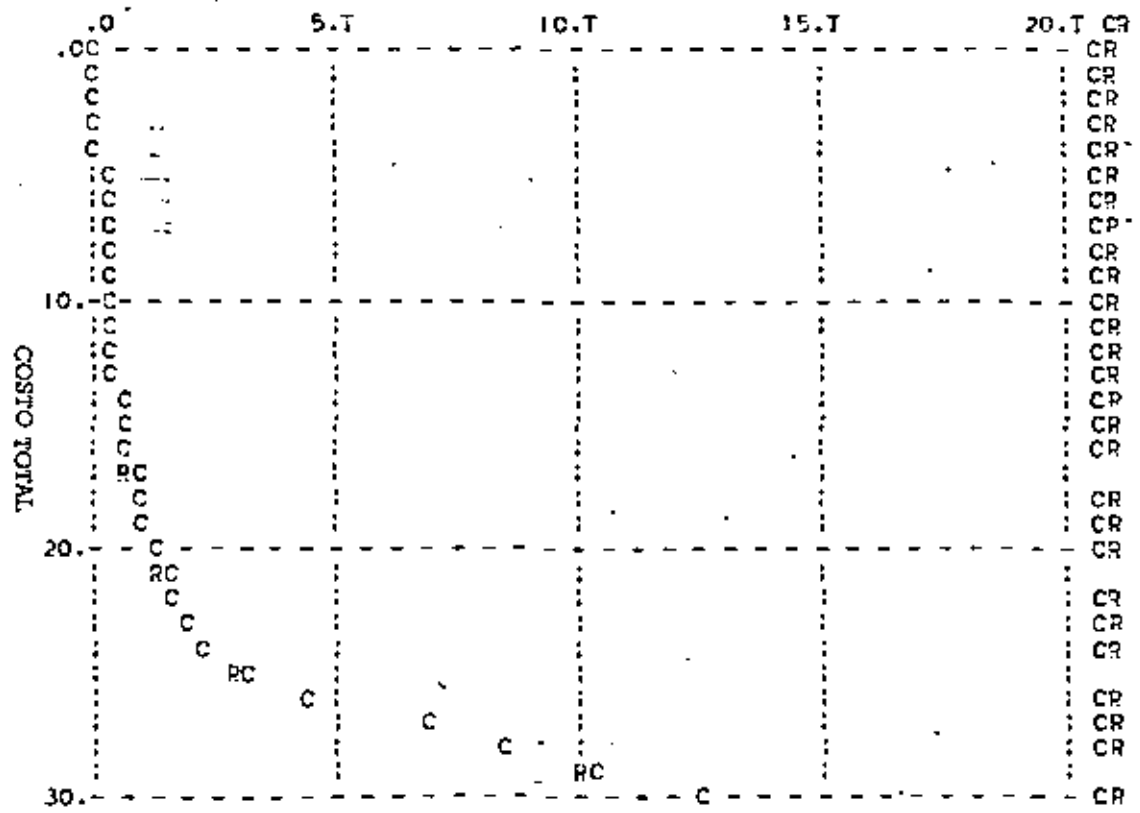
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR
CR

IT=I, ITR=R

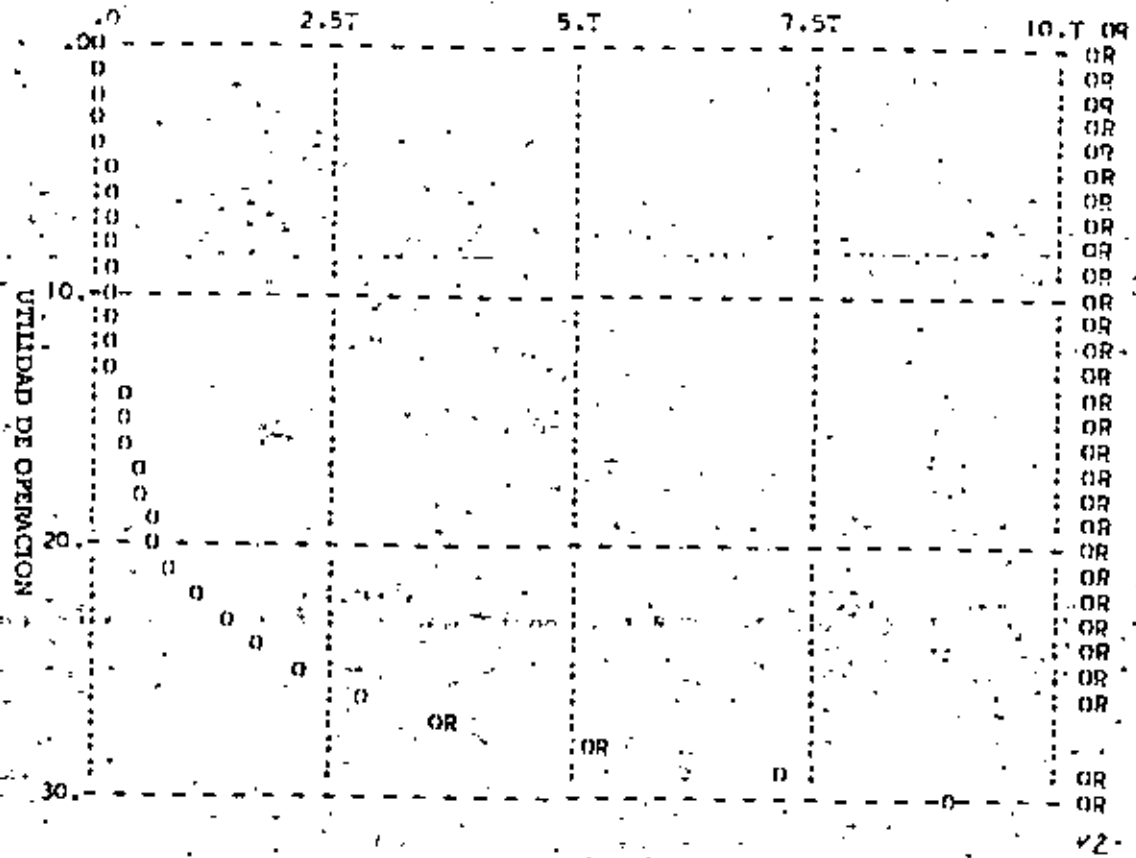


40

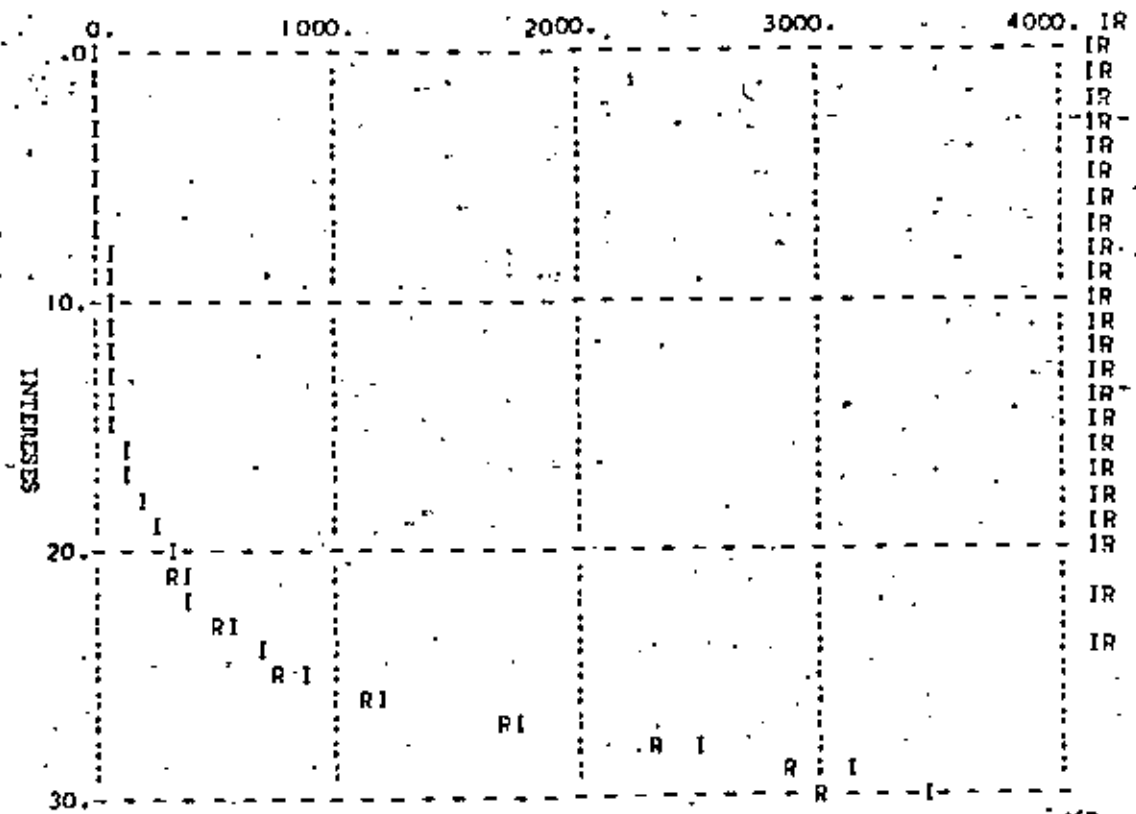
CT=C, CTR=R



41

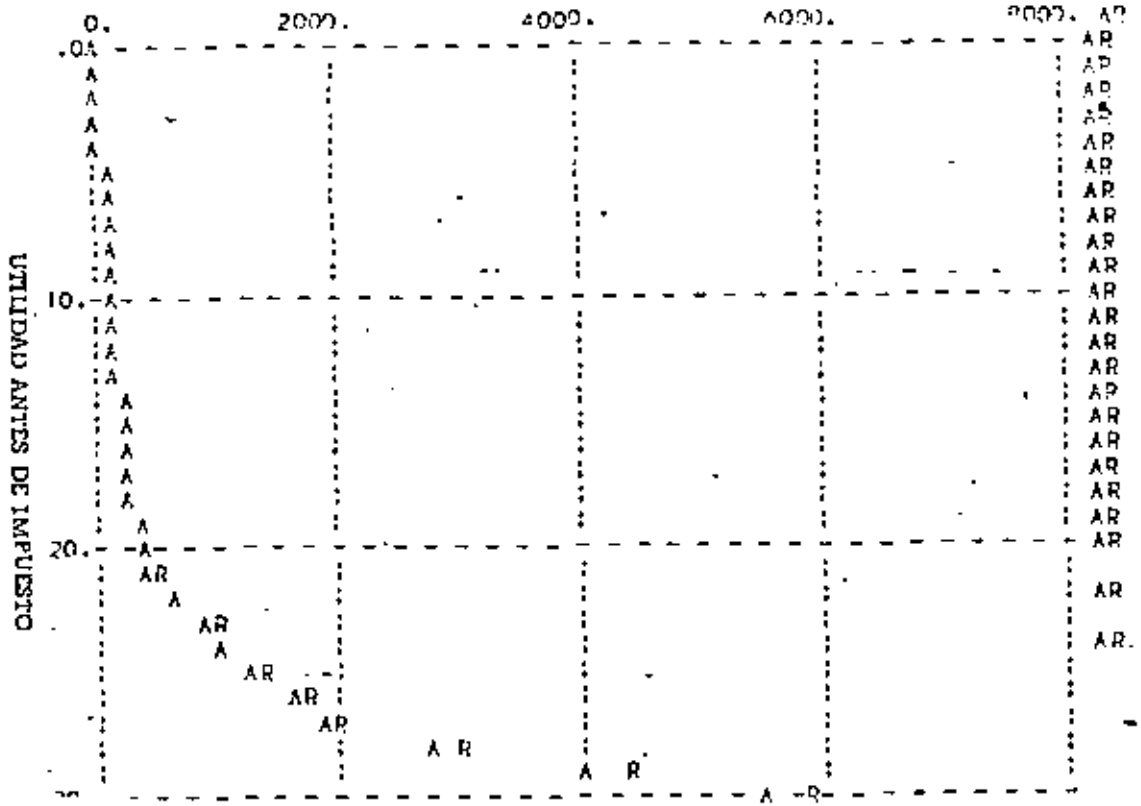


INT=I,INTR=R



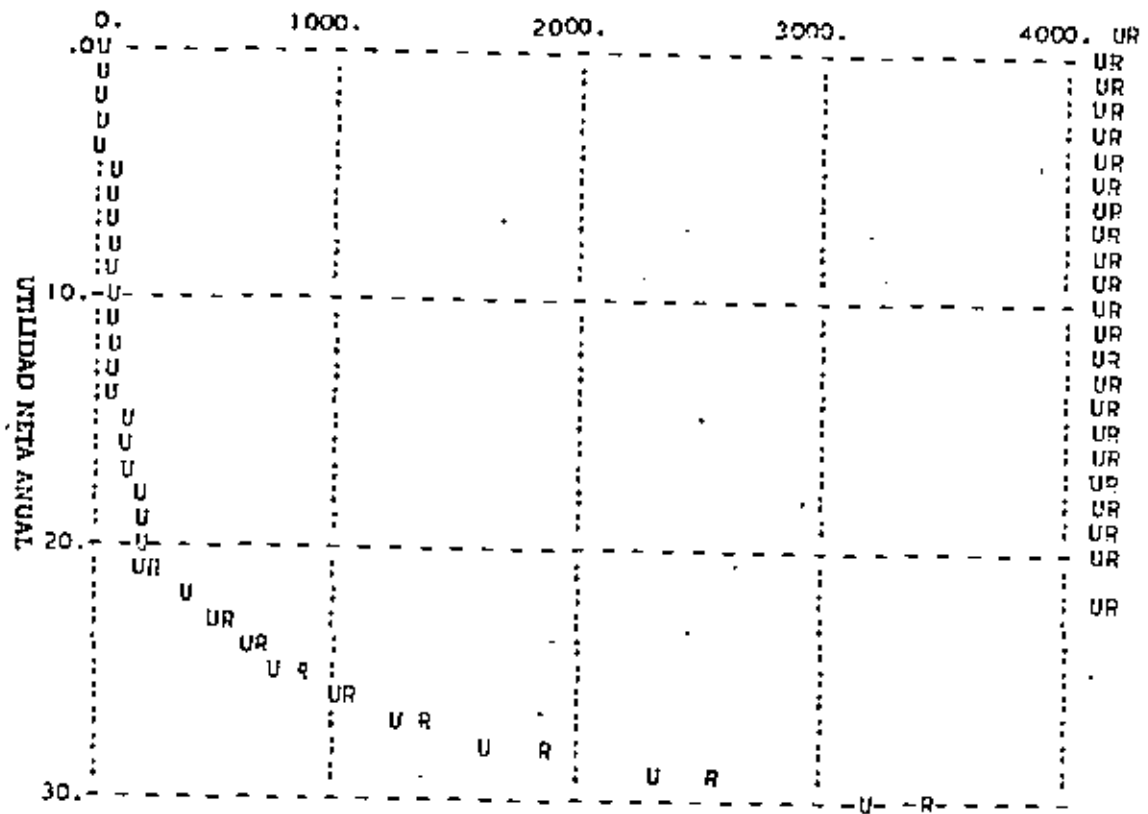
UA1=A, UA12=R

44

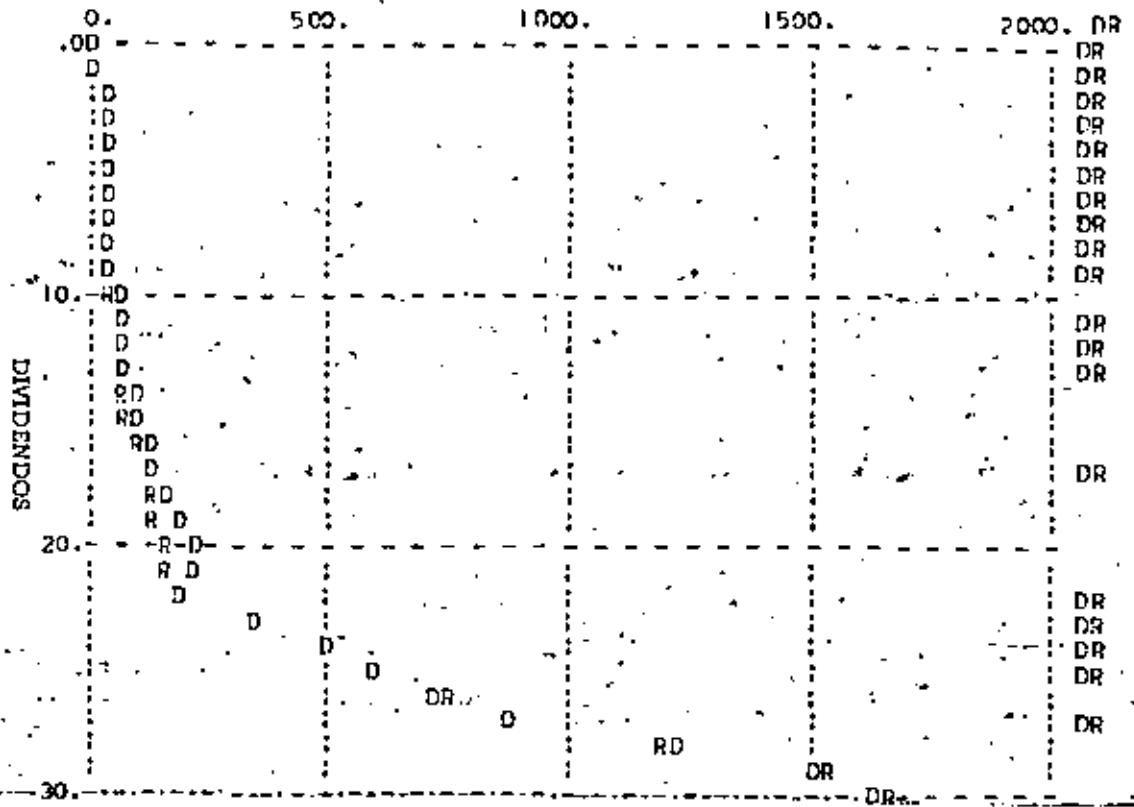


UA1=U, UA12=R

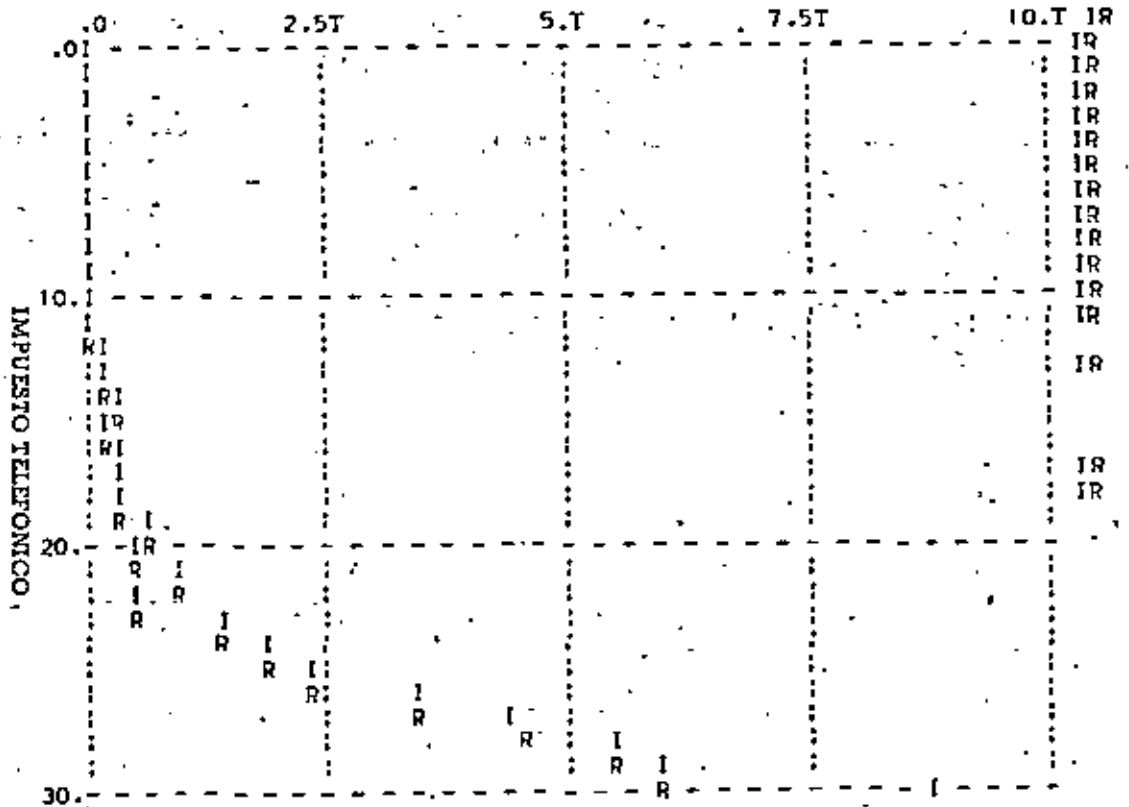
45



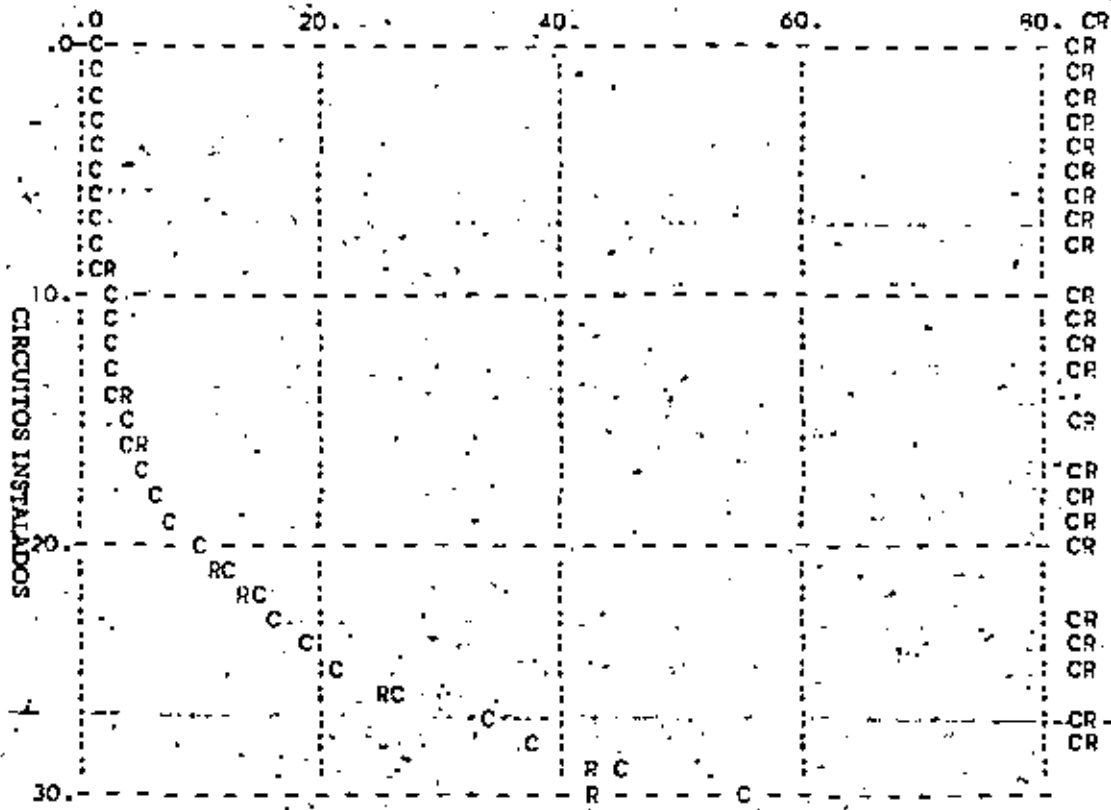
DIV=D, DIVR=R



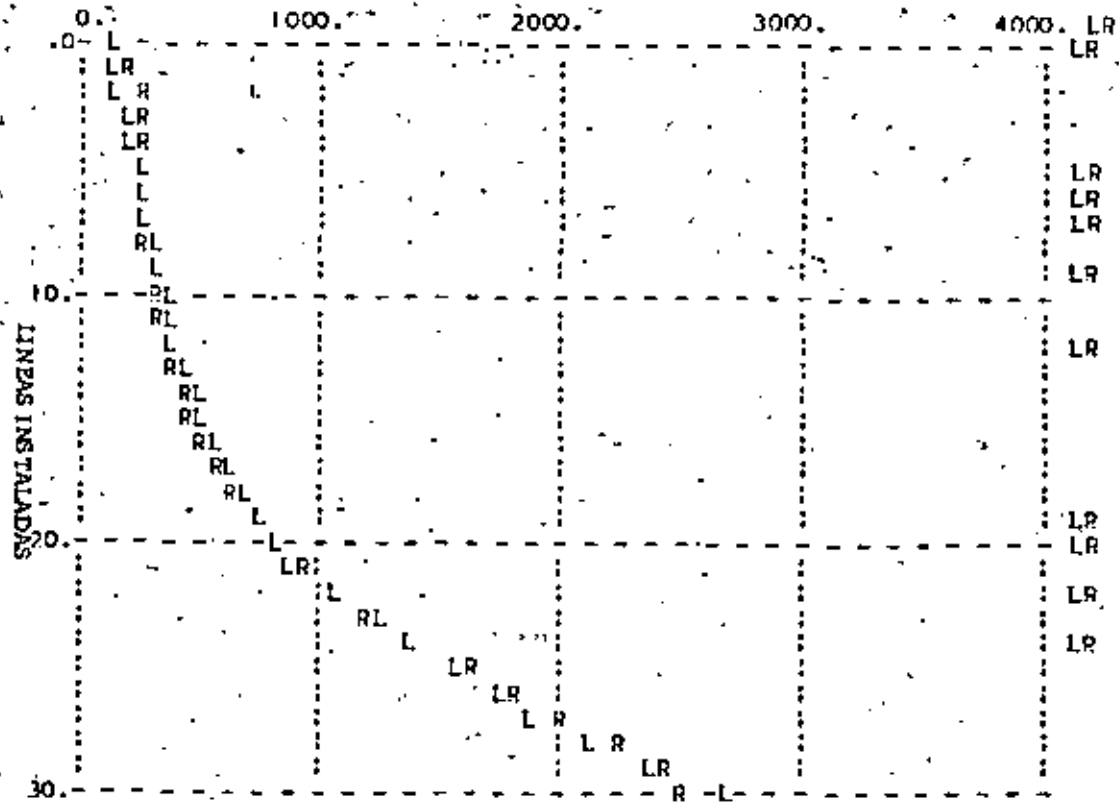
ITEL=I, ITEL=R



CINS=C.CIRCR=P



INST=L.LINR=P



7.- GENERACION DE ESCENARIOS

FUTUROS

7.- GENERACION DE ESCENARIOS FUTUROS.

El Modelo Dinámico Corporativo de TELMEX se utilizó para simular diferentes escenarios futuros y analizar el desempeño de la empresa bajo esas condiciones. Los escenarios que se simularon fueron los siguientes:—

- 1) Escenario SIMES: Este escenario implica continuar con las tendencias de la corrida aprobada del SIMES hasta el año 2000.
- 2) Penetración LADA acelerada: Este escenario implica incrementar el ritmo de penetración del servicio LADA de tal forma que se alcance un 99% en 1995.
- 3) Efecto de la Tecnología Digital: Este escenario simula los efectos de la penetración de la Tecnología Digital en: 1) Los costos de Mantenimiento; 2) La probabilidad de éxito de las Centrales Locales; 3) Los Ingresos por Servicio Local y 4) La productividad del personal.
- 4) Penetración LADA acelerada y efectos de la Tecnología Digital: El propósito de este escenario es analizar los efectos combinados de los dos escenarios anteriores.

A continuación se presentan los resultados de estos escenarios:

COMPARACION DE RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS

VARIABLE RELEVANTE	UNIDADES	1980	AÑO			
			SIMES	PENETRACION LADA ACELERADA	EFFECTO DE LA TECNOLOGIA DIGITAL	PENETRACION LADA ACELERADA Y TECNOLOGIA DIGITAL
Activo Total	Millones de \$	83,553	14'320,000	14'350,000	14'810,000	14'550,000
Pasivo Total	Millones de \$	31,803	4'279,000	4'897,000	4'976,000	4'999,000
Capital Contable	Millones de \$	51,750	9'541,000	9'543,000	9'834,000	9'551,000
Planta, Propiedades y Eq.	Millones de \$	70,500	11'810,000	11'830,000	12'300,000	12'333,000
Pasivo a Largo Plazo	Millones de \$	20,503	4'453,000	4'480,000	4'641,000	4'663,000
Capital Social	Millones de \$	21,405	7'155,600	7'157,000	7'450,000	7'463,000
Ingresos Totales	Millones de \$	21,323	9'034,000	9'069,000	9'471,000	9'498,000
Costos Totales	Millones de \$	17,855	7'679,000	8'157,000	7'574,000	8'220,000
Utilidades Netas	Millones de \$	3,468	1'355,000	1'912,000	1'897,000	1'278,000
Conferencias L.D.	Mill. de Conf.	450	15,030	15,095	15,779	15,821
Circuitos L.D.	Mill. de Ctos.	52	1,726	1,742	1,819	1,831
Conferencias/Circuito		8,634	8,712	8,663	8,675	8,640
Satisfacción de la Dem.		45	.38	.38	.41	.41
Líneas Instaladas	Mill. de Líneas	2.6	22.6	22.6	22.6	22.6
Conferencias/Líneas		173	863	868	858	700
Líneas/Circuito		50	13.09	12.97	12.42	12.34
Personal Total		27,568	143,400	81,260	132,000	77,010
Personas/1000 Líneas		10.6	6.35	3.60	5.84	3.41

Como puede observarse los resultados de todo escenario muestran un crecimiento considerable durante el período 1980-2000. En el Escenario SIMES, los activos totales de Telmex crecieron de 83,553 millones de pesos en 1980 a 14'320,000 millones de pesos en 2000, es decir 171 veces. Los activos fijos pasaron de 70,500 millones de pesos a 11'810,000 millones de pesos durante el mismo período ó sea 167 veces. Los pasivos a Largo Plazo crecieron 217 veces pasando de 20,503 millones de pesos en 1980 a 4'453,000 millones de pesos en 2000. Los ingresos totales se incrementaron 424 veces pasando de 21,323 millones de pesos a 9'034,000 millones de pesos en el período considerado y por consiguiente las utilidades netas crecen de 3,468 millones de pesos a 1'355,000 millones de pesos durante el mismo período.

Por otra parte, las conferencias cursadas crecen de 450 millones en 1980 a 15,030 millones en 2000 ó sea 33 veces. El personal total aumenta 5.2 veces de 27,568 en 1980 a 143,400 en 2000. Los circuitos pasan de 52,000 en 1980 a 1'726,000 en 2000 y las líneas de 2.6 millones a 22.6 millones durante los mismos años. El personal por 1000 líneas baja de 10.6 a 6.35 en el período analizado.

En lo que respecta a los demás escenarios se puede observar que:

- 1) Se acelera la penetración del servicio LADA:
- a) Los activos fijos aumentan ya que se requiere más equipo.
 - b) Los ingresos totales aumentan debido al mayor número de conferencias que se cursan aunque el incremento no es significativo.
 - c) Los costos totales también aumentan a causa de los mayores gastos de mantenimiento y depreciación.
 - d) El personal total solo alcanza 61,260 empleados en 2000 debido a que no se requiere el mismo número de operadoras en este caso.
- 2) Los efectos de la tecnología digital son:
- a) Mayores activos fijos y pasivos a largo plazo que en el escenario anterior, dado que el costo de la tecnología digital es mayor.
 - b) Los ingresos y los costos también son mayores ya que se generan más ingresos - por nuevos servicios locales y L.D. y se tienen mayores costos de mantenimiento y depreciación.
 - c) Se cursan más conferencias L.D. debido a que aumenta la probabilidad de éxito en las centrales locales.
 - d) El personal total alcanza 132,000 empleados debido a que no se tiene el efecto de la penetración LADA.
- 3) Los efectos cambiados de la penetración LADA acelerada y la tecnología digital son:
- a) Activos fijos y pasivos a largo plazo mayores aún debido a mayores inversiones y financiamientos.
 - b) Ingresos totales y costos totales también mayores ya que aumentan tanto los ingresos L.D. como los de servicio local.
 - c) Se cursan aún más conferencias que los escenarios anteriores debido a mayor probabilidad de éxito en centrales locales y menores tiempos de expedición.
 - d) El personal total solo llega a 77,010 empleados ya que no solo aumenta la eficiencia del personal de mantenimiento con la nueva tecnología sino que la penetración LADA disminuye los requerimientos de operadoras.

56

57

58

8.- CONCLUSIONES

El uso de la metodología de Dinámica de Sistemas para el desarrollo del modelo corporativo de TELMEX ha permitido identificar áreas de sistema telefónico en las que existen problemas que se pueden agravar seriamente en el futuro cercano y en las que las soluciones que parecían más obvias no solo no resuelven el problema sino que posiblemente sean la causa de su agravamiento. Un caso muy ilustrativo de esto es la introducción del servicio LADA que se esperaba generaría más tráfico de Larga Distancia, sin embargo, al tener los usuarios mayor acceso a la red de Larga Distancia, la congestión se trasladó de las operadoras a los circuitos.

Este problema se resuelve simulando el comportamiento del tráfico L.D. y diseñando la política de adquisición de circuitos mencionada anteriormente. Una versión modificada de esta política ya está siendo utilizada en TELMEX.

59

9 - BIBLIOGRAFIA

60

61

9.- BIBLIOGRAFIA.

(1) ARACIL, J.

Introducción a la Dinámica de Sistemas
Alianza Editorial, S. A. (1978),

(2) COYLE, R.G.

Management System Dynamics
John Wiley & Sons Ltd. (1977)

(3) FORRESTER, J.W.

Industrial Dynamics
The MIT Press (1972)

(4) LEE, K.S.

"Direct-Distance-Dialing Call Completion and Customer Retrieval Behaviour", Bell Laboratories, Inc., Holmdel New Jersey, U.S.A.

(5) ROBERTS, J.W.

"Recent Observations of Subscriber Behaviour" Centre National d' Etudes des Telecommunications, Issyles Moulinaux, Francia.

(6) ZEPEDA, E.A.

"The Capacity Acquisition Process in U.K. Electricity Supply Industry - A System Dynamics Study. PHD Thesis, University of Bradford, Yorks. England (1978)



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

Dinámica de Sistemas
(Forrester)

SIMULACION MANUAL

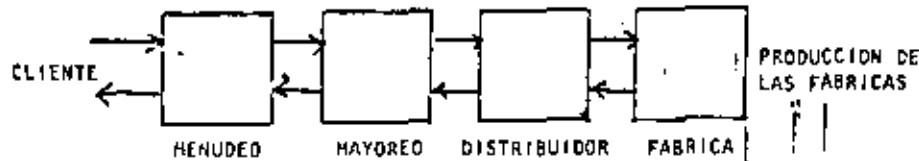
DR. JESUS ACOSTA FLORES

6 de mayo de 1981.

SIMULACION MANUAL DE JAY W. FORRESTER

DISTRIBUCION DEL SISTEMA

Un problema normal que encaran los empresarios es el de control de inventarios. El mantenimiento de un inventario estable se complica a menudo por inventarios múltiples involucrando fábricas, distribuidores, mayoreo y menudeo y por demora en la transmisión de bienes y pedidos. Los pedidos proceden del cliente al través de todos los sectores serialmente a la fábrica y los bienes fluyen de la fábrica serialmente al través de todos los inventarios al cliente.



Para examinar los problemas inherentes en este sistema de producción-distribución se simulará manualmente y posteriormente puede hacerse en una computadora. Primero se desarrolló un modelo de simulación humano para reproducir la estructura del sistema. Cada persona en esta simulación representará el papel de un decisor de sector. Su trabajo será satisfacer pedidos del sector a su izquierda y colocar órdenes solicitando bienes del sector a su derecha.

Las decisiones para ordenar artículos se hacen una vez a la semana. Todos los sectores en el sistema son idénticos excepto por el tiempo que se requiere para recibir artículos del siguiente sector después que se ha hecho un pedido. Menudeo, mayoreo, y el distribuidor reciben sus bienes dos semanas después de colocar sus pedidos, a menos, por supuesto, que el siguiente sector no tenga suficiente inventario para satisfacer la cantidad de artículos que está demandando. El almacén de la fábrica debe esperar tres semanas para que se elaboren los artículos cuya producción ordena (la fábrica tiene un abastecimiento infinito de materias primas). Las órdenes del cliente están predeterminadas. Las órdenes que se reciben en los otros sectores son las que se colocaron un período antes por el sector a la izquierda.

Cada persona en la simulación puede usar cualquier esquema para ordenar que considere necesario para evitar las situaciones sin artículos almacenados. Sin embargo, no tiene otra alternativa, más que satisfacer todos los pedidos siempre que exista un inventario adecuado. Para duplicar las condiciones del mundo real se supone que todos los pedidos se demoran una semana en el correo y todos los bienes tienen también una demora de una semana en el transporte.

Para ilustrar la operación del sistema y las reglas de competencia considere las acciones del distribuidor. El distribuidor recibe pedidos del mayorista después de una demora de una semana en el correo y envía a las unidades que se le requirieron inmediatamente, siempre y cuando tenga la cantidad sufi-

ciente de bienes. El material se recibe un período de tiempo después por el mayorista. Cuando no existen suficientes unidades disponibles la parte del pedido que no satisface va a englosar el concepto de pedidos no satisfechos y se enviarán cuando se tengan unidades adicionales del almacén de la fábrica. El distribuidor hace sus pedidos al almacén de la fábrica una vez a la semana para mantener su propio inventario. Existen dos costos asociados con cada inventario, los de tener artículos y los de no tenerlos. Siempre que se tiene una unidad en inventario uno deja de ganar intereses sobre el dinero invertido; estos costos se tomarán como un peso por unidad por período de tiempo. Siempre que la demanda no pueda satisfacerse inmediatamente existen costos asociados con la insatisfacción de quien hizo el pedido (cliente, menudeo, mayorista o distribuidor). Para propósito de competencia se tomaron estos costos como dos pesos por unidad por período de tiempo. Para minimizar los costos totales cada sector en el sistema de distribución intenta mantener su inventario en el nivel más bajo que sea suficiente para satisfacer cambios inesperados en la demanda. Si el inventario comienza a estar abajo de este nivel deseado se ordenarán unidades extra. Cuando el inventario empieza a acumular debido a una escasez momentánea en la demanda, los pedidos disminuirán. La acumulación de costos es una forma conveniente de medir el éxito o fracaso de los esquemas del control de inventarios por lo que se calcularán para ver cuál equipo de los cuatro decisores fue capaz de satisfacer la demanda del cliente con el costo total más bajo.

- 1.- Durante la simulación se transmitirán los pedidos en hojas de papel. No comunique sus pedidos a ningún otro sector en ninguna otra forma.
- 2.- Los pedidos del cliente se revelarán al sector de menudeo una vez por semana.
- 3.- Cada sector comienza con un inventario de doce artículos.
- 4.- Durante cada período de la simulación se seguirán los pasos siguientes. Una persona, el supervisor de simulación describirá cada paso totalmente en las primeras iteraciones. Después será suficiente con mencionar únicamente la letra correspondiente a cada operación.
 - A) Satisfaga del inventario cualquier orden que tenga, colocando el número requerido de unidades para transportarse al sector que está a su izquierda. Si no se van a transportar unidades coloque un papel con una notación de cero. Si la orden pudo cumplirse totalmente destrúyala, si no, réstele las unidades enviadas de las unidades requeridas, y déjela.
 - B) Registre su inventario y unidades no surtidas.
 - C) Llegan las unidades por el transportista
 - D) Decida cuántas unidades desea ordenar y coloque su pedido en el correo.
 - E) Registre el número de unidades que pidió.
 - F) Llega el correo, la simulación de las actividades de una semana ha terminado y la secuencia comienza de nuevo.

Damos la siguiente-instrucción:

```
EXECUTE *DYNAMO/DISK
```

y la máquina contesta:

```
#RUNNING
```

después de poco tiempo aparece en la pantalla:

```
#?
```

ENTER IN COLUMNS 1-15 THE NAME OF THE DISK FILE YOU WISH DYNAMO TO CREATE TO WRITE YOUR ALGOL SOURCE CODE. IF OUTPUT IS DESIRED ON THE LINE PRINTER ENTER C IN COLUMN 1 FOLLOWED BY FILENAME.

Entonces se escribe el nombre de este archivo:

PREFIJO/25 o lo que se quiera. La máquina contesta:

```
# OK
```

(Si en las opciones DYNAMO colocamos DLIST aparece un listado de nuestras ecuaciones corregido por DYNAMO si es que encontró errores si no hubo errores aparece sólo la lista)

BURROUGHS B6700/B7700 DYNAMO LEVEL DYN 454: la fecha INPUT PHASE BEGIM AT la hora.

Después de un cierto tiempo aparece el listado del programa DYNAMO, el primer renglón es la tarjeta DYNAMO.

Adn cuando no se haya especificado DLIST y haya o no errores DYNAMO contesta:

```
INPUT PHASE BEGAN AT .....
GENERATION PHASE BEGAN AT .....
RUN PHASE GENERATED AT .....
PRINT PHASE GENERATED AT .....
PLOT PHASE GENERATED AT .....
ELAPSED COMPILATION TIME .....
```

Si hay errores aparece un aviso diciendo que las siguientes fases serán omitidas.

Si se colocó la letra "C" antes del nombre del archivo aparece el letrero:

```
PLEASE RECEIVE YOUR OUTPUT AT THE LINE PRINTER
ET= _____ PT= _____ IO= _____
```

Si no se puso la letra "C" aparece el siguiente mensaje:

PLEASE ENTER COMPILE (el nombre del archivo) WITH ALGOL. THEN WAIT UNTIL YOUR TERMINAL REPORTS THAT YOUR COMPILATION IS COMPLETE. AFTER GOOD COMPILATION, ENTER EXECUTE (EL NOMBRE DEL ARCHIVO)

```
ET= _____ PT= _____ IO= _____
```


DINAMICA DE SISTEMAS (Forrester) del 6 al 12 de Mayo, 81.

1. Alejandro Afuso Higa
Instituto de Investigaciones Eléctricas
Investigador
Internado Palmira
Cuernavaca, Mor.
43811 Ext. 2101
Peten Sur 42-6
México 12, DF
2. Arturo Delgado
Martha Leticia Dueñas Donnadieu
S A H O P
Petén 645
México 12, DF
559 07 42
Calle Nardos Manzana 43 Lote 10
El Rosario
México 13, DF
3. Juan Manuel García Blanco Sandoval
M Laurent 1214
Vertiz Narvarte
México 13, D F
559 07 54
4. Víctor Hugo González Flores
Patricio Sanz 5-10
México 12, D.F.
538 71 78
5. Roberto Horita Cruz
S.A.R.H.
Subjefe del Depto.
Reforma 107-8°
México 1, DF
566 06 88 Ext. 150
Calzada Acoxta-And 55 No. 20-1
México 22, D F
594 29 71
6. José Antonio Hernández Franco
Fundación Javier Barros Sierra
Ayudante de Investigador
Camino al Ajusco s/n
México-20, DF
568 99 67 Ext. 146
Playa Encantada 11
México 13, DF
532 09 69
7. Francisco Lejarza Gallegos
Banco Nacional de México, S.A.
Asesor
16 de Septiembre 73-5°
México 1, DF
518 90 20 Ext. 514
Pradera 100
Lomas de Bellavista
Estado de México
393 14 57
8. José López Gómez
Fundación Barrios Sierra
Investigador
Camino al Ajusco s/n
México 20, D.F.
B. Juárez 101 Km . 3
México 22, D F
677 57 72

- 9. Roberto Mancera López
S A R H
Jefatura de Programa Forestal y de Fauna
Calle 26 No. 1202.
Puebla, Pue.
46 85 86
Calle 12. Ote. No. 3840
América Sur
Puebla, Pue.

- 10. Julio César Margain y Compean
Banco Nacional de México S.A
Asesor Dirección
16 de Septiembre 73-5°
México 1, DF
518 90 20 Ext. 514
Antonio Sola 26
Condesa
México 11, DF
553 51 68

- 11. Gabriel Monterrubio Gómez
Comisión del Plan Nacional Hidráulico
Jefe de Proyecto
Tepic 40-1° Piso
México 1, D.F.
584 72 01
Lic. Eligio Ancona 262
Sta. Ma. la Ribera
México 4, D.F.
541 36 39

- 12. Carlos Negrete Reynoso
S A R H
Jefe del Depto. de Mercadotecnia
Vallarta 5-601
México 4, D.F.
566 00 63
Guanajuato 52
México 20, DF
548 41 13

- 13. Ricardo Palafox González
Impulsora Mexicana de Telecomunicaciones
Analista
Sullivan 127
México 4, DF
566 42 00 Ext. 41
Calle 13 # 147
Netzahualcoyotl, Edo. de Méx.

- 14. José Luis Patiño Donnadieu
Comisión Nacional Coordinadora de Puertos
Jefe del Departamento
Cuernavaca 5
México 11, DF
553 17 68
Ixtla 36
Las Palmas
México 18, DF
5154056

- 15. Rubén Romero Ruiz
Secretaría de Gobernación
Jefe del Area de Informática
Lucerna 27-4°
México 6, DF
591 00 07
Paseo de Italia 69
Lomas Verdes Sección III
Naucalpan, Edo. de Méx.
562 98 41

- 16. José A. Ruiz Coello
Banco Nacional de México, SA.
Jefe de Unidad
16 de Sept. No. 73-5°
México 1, DF.
518 90 20 Ext. 512
Calz. de las Brujas 192 Manz. C C-6
Fracc. Real del Sur
México 22, DF
594 91 59