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

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA

MODELOS ECONOMICOS Y ESCENARIOS A FUTURO

M. en C. JAVIER RAMIREZ

OCTUBRE 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M 2285

MODELOS ECONOMICOS Y ESCENARIOS A FUTURO

Fco. Javier Ramírez A.

1.- Introducción.

1.1 Naturaleza de la modelación económica.

El término modelo, como se usa en el ejercicio de modelación económica, significa la representación de una realidad económica y cuya finalidad puede ser entender o explicar esa realidad, predecirla, o planearla.

En principio, la modelación económica es una actividad científica, porque se basa en una metodología que la hace contrastable con la observación. Su relación con la teoría económica es mutua; sirve a la vez para comprobarla (o -- disprobarla) como para ejemplificarla y ver sus consecuencias en casos específicos.

1.2 Los fines de la modelación

Aunque ya se mencionó algo sobre la finalidad de los modelos, conviene abundar en este tema.

Los modelos sirven para entender la realidad, en cuanto que, por un lado se da un proceso de aprendizaje y de conocimiento sobre esa realidad al estar construyendo el modelo. Por otro lado, una vez construido, ayuda a otros a captar lo esencial o más significativo de esa situación.

Otra finalidad de los modelos es predecir la realidad. Si

un modelo se ha comprobado válido para una situación o fenómeno, él mismo puede servir para pronosticar el comportamiento más probable de tal fenómeno. Hay muchos ejemplos de este uso de los modelos en Economía, y uno de ellos es el modelo Diemex-Wharton que se elabora periódicamente para la economía mexicana. Otro ejemplo más sencillo es el modelo de oferta y demanda, de la teoría económica, que sirve para predecir cambios en las cantidades ofrecidas y demandadas de un cierto bien, debidos a cambios en los precios.

También los modelos pueden servir para planear la realidad, es decir, intervenir en ella con el objeto de lograr algún objetivo determinado. Tal es el caso de la mayoría de los modelos producidos por el gobierno mexicano en estos últimos años. Por ejemplo, el modelo Programa, de la Secretaría de Programación y Presupuesto fue elaborado, entre otros fines, para establecer las políticas sectoriales coherentes que permitirán a la economía mexicana crecer a una tasa del 8% anual.

Estas tres finalidades de los modelos son compatibles entre sí, y generalmente la tercera subsume a las dos primeras, como se verá más adelante.

2.- Escenarios a futuro y planeación.

2.1 El problema del futuro; necesidad o intencionalidad.

Cuando se habla del futuro surgen básicamente dos tipos de concepciones del mismo. La primera lo concibe como lo-

que-será-inevitablemente, como un devenir más poderoso que cualquier voluntad humana -individual o colectiva- que finalmente se impondrá sobre la sociedad. En este caso, los "actores" de la historia son meros instrumentos de una ley más fuerte y perenne. La segunda concepción del futuro se caracteriza por la supremacía de la voluntad humana sobre el destino.

Los modelos económicos pueden usarse para apoyar cualquiera de las dos concepciones sobre el futuro. Por ejemplo, se puede construir un modelo que prediga una inevitable catástrofe mundial debida al agotamiento de los recursos naturales y al crecimiento demográfico; o bien, se puede construir un modelo mundial que muestre cómo sí es posible que toda la población del globo goce de condiciones materiales dignas.

Las dos concepciones sobre el futuro tienen implicaciones más sutiles en algunos casos de modelos económicos. Hay quienes basan la planeación estratégica de las empresas -públicas o privadas- sobre la firme convicción de que tal modelo econométrico predijo tal a cual situación económica futura, sin considerar que ellos mismos están provocando que la "profecía" se cumpla.

2.2 La planeación y el futuro

Para el que quiere ejercitar la planeación, el futuro es básicamente modelable. Este supuesto de la planeación no quiere decir necesariamente que el futuro está sujeto al arbitrio de la voluntad humana. Sólo quiere decir que, en

principio, hay una intencionalidad que puede alterar en cierto modo el curso de los acontecimientos futuros. Para el planeador el fenómeno del cambio es entendible, anticipable y evaluable. Estamos hablando de un proceso conceptual que tiene su correlato en la realidad.

Así, para el planeador, el ejercicio de modelación le es inherente, puesto que las fases de la planeación se corresponden con la finalidad de la modelación, a saber: entender, anticipar y evaluar.

3.- Tipos de Modelos económicos.

Dentro de la economía como actividad científica los modelos han jugado un papel muy importante como conceptualizadores e instancias de comprobación de la teoría. Se pueden distinguir diferentes tipos de modelos, según el origen teórico y metodológico de los mismos:

1) Modelos microeconómicos
2) Modelos macroeconómicos
3) Modelos de insumo-producto
4) Modelos de investigación de operaciones
5) Modelos de la teoría de desarrollo económico

3.1 La teoría clásica y neoclásica se han desarrollado a partir de algunos supuestos básicos: la racionalidad económica entendida como la búsqueda de la mayor satisfacción y la mayor utilidad por parte de consumidores y productores; de ahí la necesidad de la eficiencia, dado un mundo de recursos escasos. Estos supuestos se complementan con

otros, como el de la perfecta información, la libre entrada y salida del mercado de los productores, y el fraccionamiento de las decisiones económicas; estos supuestos se conocen bajo el título de competencia perfecta. A partir de ahí se construye una teoría sobre la utilidad (como satisfacción) y la productividad, como explicadores de la conducta de los agentes económicos, para llegar, finalmente al conocido modelo de oferta y demanda, donde se explica el comportamiento del mercado (demandantes y oferentes) en función del precio del bien en cuestión. Este modelo tiene un carácter explicativo, predictivo y de planeación, como es obvio. Los estudios de mercado son un ejemplo claro de este tipo de modelos aunque por su naturaleza se refieren básicamente al corto plazo.

El análisis marxista sobre el valor y la teoría de la plusvalía, por otro lado, que se refieren materialmente al mismo proceso productivo, pero bajo un enfoque diferente, es un modelo más bien de tipo explicativo, pero no de planeación. Sin embargo, este modelo marxista tiene una visión de más largo plazo.

3.2 Modelos macroeconómicos

Aunque hay una cierta controversia sobre la propiedad de la distinción micro-macroeconomía, sin embargo, la existencia de todo un cuerpo de literatura sobre la segunda justifica su consideración como una parte importante de la teoría económica.

Este tipo de modelos es quizá el más conocido y popular, dada su difusión y su uso para problemas tan importantes y tan socialmente sensibles como la inflación, el desempleo, la estabilidad económica y la distribución del ingreso.

No en vano Keynes se distiguió al proponer su teoría macroeconómica en un período tan crítico como la Gran Depresión de los años 30's. Kalecki, por su parte proponía un esquema semejante, simultáneamente en Polonia.

Aunque hay una variedad de enfoques en los modelos macroeconómicos, nos centraremos en el esquema básico de la teoría Keynesiana.

Este esquema, a diferencia del enfoque clásico, supone que una economía puede estar en equilibrio y al mismo tiempo haber desempleo. Es una evidencia de su época. Al intentar explicar este fenómeno, establece que la economía en su conjunto también está estructurada en un esquema de oferta y demanda, en este caso agregadas. Los componentes de la demanda agregada, o sea los usos a que se destina el producto nacional, son el consumo (privado y público), la inversión (privada y pública), y las exportaciones netas de importaciones. El mismo producto puede verse desde el lado del ingreso nacional, y entonces se descompone en consumo, ahorro, impuestos netos de subsidios y transferencias netas al exterior. Cada uno de los componentes del producto enunciados tiene un comportamiento diferente y responde a diferentes factores, por ejemplo, la tasa de interés, el

nivel de ingreso, los precios, etc. Pero aún no estaría determinada del todo la demanda si no se le incorporara el mercado monetario y financiero. La demanda y oferta de dinero interactúan con los precios para determinar finalmente la función de demanda agregada.

Por otro lado, la oferta agregada se determina en el mercado de trabajo en el corto plazo, pues se supone que el acervo de capital ya instalado no varía significativamente. Como se supone una estructura rígida a la baja de los salarios, una baja en la demanda por trabajo traería como consecuencia equilibrio con desempleo, como se ilustra en la figura 1.

La oferta de trabajo, es función del nivel de los salarios. La demanda por trabajo está en función de la productividad marginal del trabajo y del nivel de precios.

Una vez establecida la oferta y demanda agregadas, la determinación del ingreso se hace en el punto de equilibrio de ambas funciones.

Este análisis sería sólo especulativo si no se pudiera intervenir directamente en el comportamiento agregado de la economía, pero el hecho es que existen una serie de instrumentos a la mano de las autoridades para regular esa economía. Estos instrumentos son de dos tipos básicamente: fiscales y monetarios. Cada uno de ellos tiene un impacto diferente sobre la economía, según la situación en la que se encuentre, de donde se hace indispensable el uso del modelado, a fin de prever las consecuencias posibles de

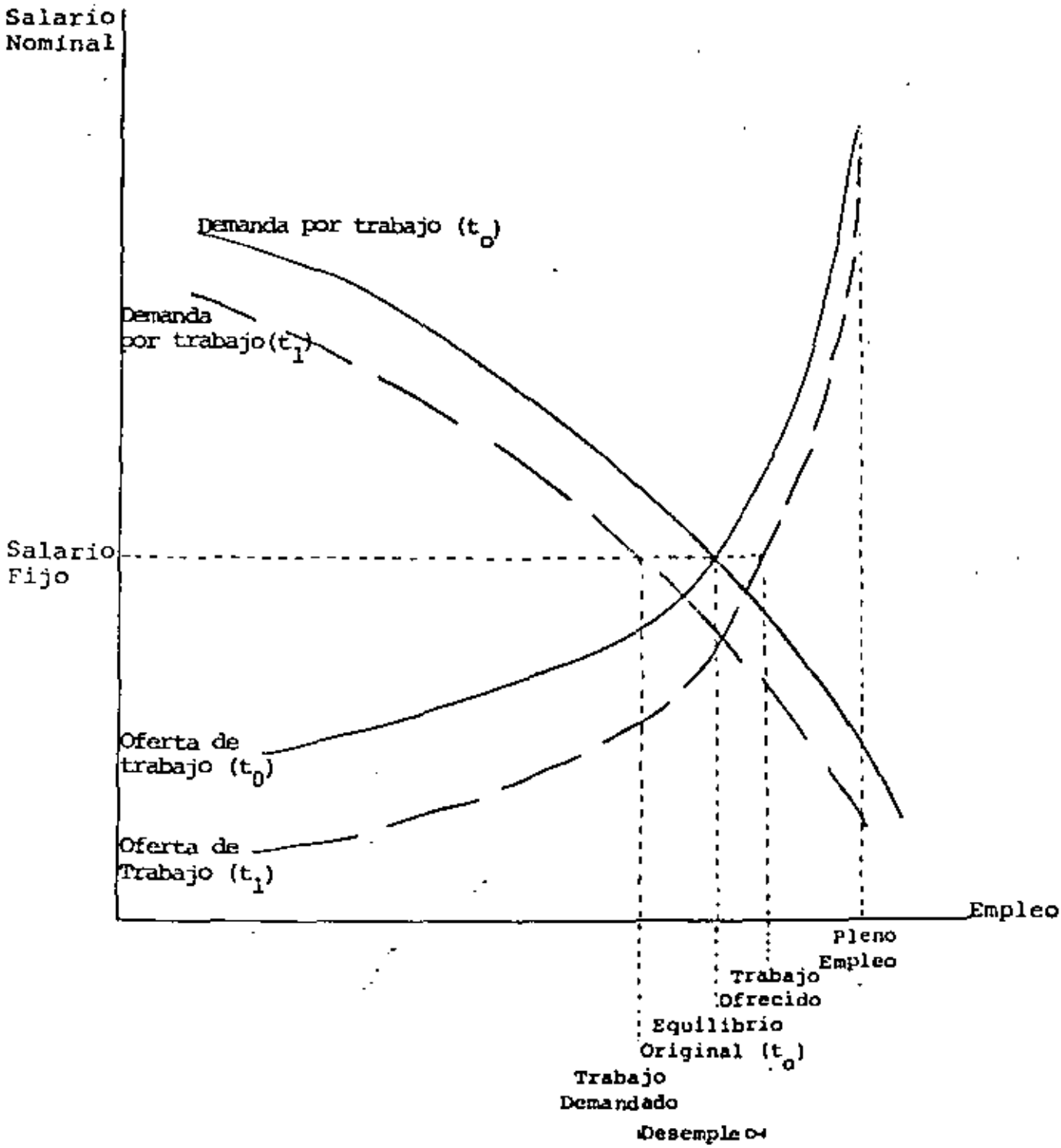


Figura 1: Mercado de trabajo con salarios rígidos a la baja.

una u otra política económica.

Algunos ejemplos de modelos macroeconómicos para México son: el modelo Programa, hecho para apoyar la política económica del Plan Global de Desarrollo; el modelo del Plan de Desarrollo Industrial, de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, y el modelo Diemex-Wharton, usado para pronosticar la economía del país, por muchas empresas privadas y públicas. Como ejemplos de modelos macroeconómicos hechos en otros países, con una visión de más largo plazo, se pueden citar los siguientes: el modelo SIM-II, elaborado por el Instituto Nacional de Prospectiva de España; el modelo Rockett, desarrollado en Inglaterra por el Cambridge Growth Project; y el modelo MOGLI producido por R. Courbis para el plan francés. Estos modelos macroeconómicos en realidad tienen elementos que van más allá de la econometría, dada su naturaleza de largo plazo. Entre los elementos que incorporan están la matriz de insumo-producto y las técnicas de simulación.

3.3 Modelos de insumo-producto.

Los modelos económicos que usan esta técnica, creada por W. Leontief hace ya tres décadas, se basan en el supuesto básico de que la estructura productiva de una economía dada es relativamente estable y se puede estudiar a partir de las transacciones intersectoriales (demanda intermedia) y de la demanda final (consumo, inversión y exportaciones). Se usan además otros supuestos, tales como la homogeneidad de medida de los flujos y la constancia de las proporcio-

nes de los insumos para producir una unidad de producto.

El modelo básico de insumo-producto consta de tres cuadros: el de transacciones, el de coeficientes técnicos y uno llamado de requerimientos directos e indirectos. Sin entrar al álgebra de estas matrices, vamos a explicar brevemente la idea principal de estos cuadros.

La matriz de transacciones, registra los valores de los flujos intersectoriales, en un año base. Consta de cuatro partes principales, como se ve en la figura 2.

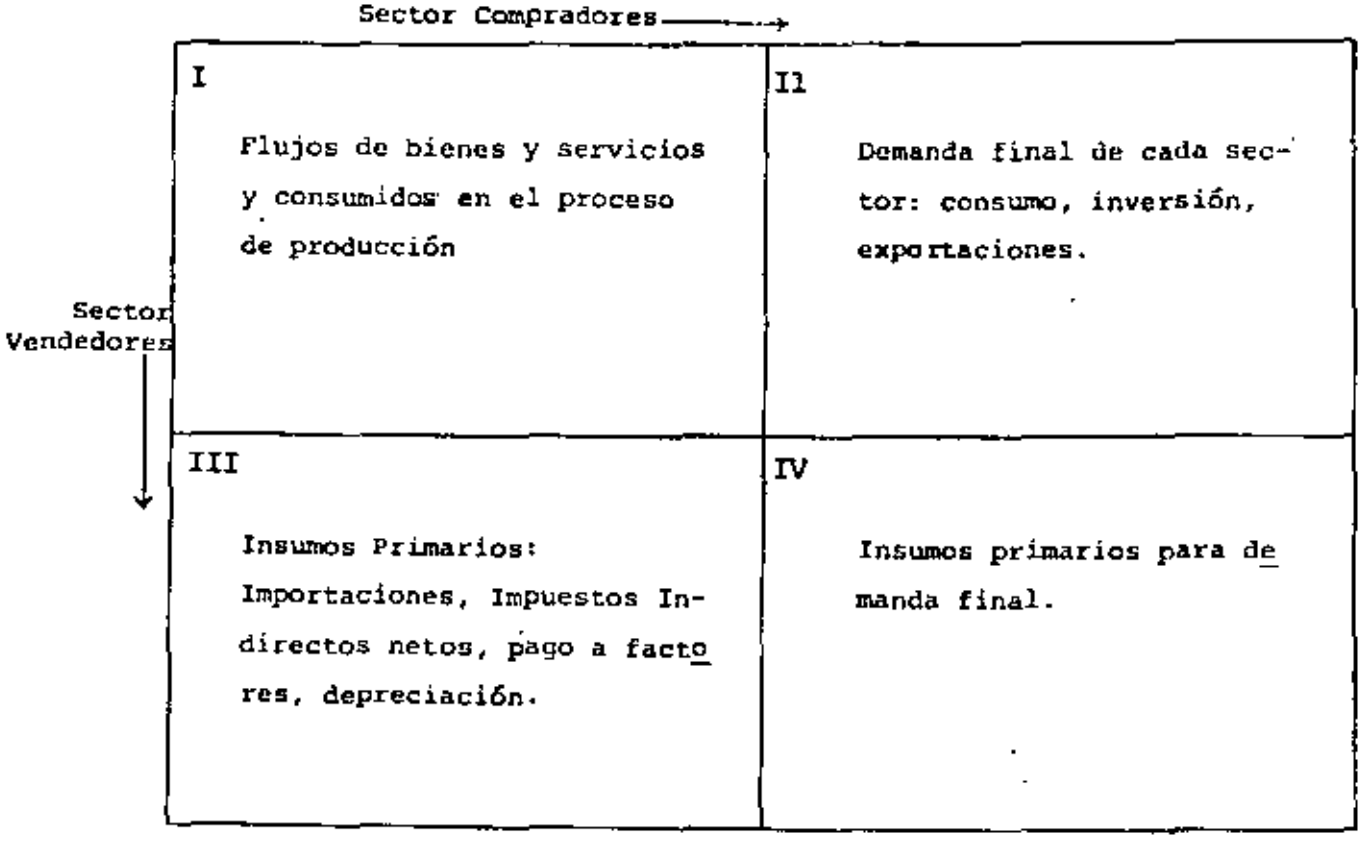


Figura 2: Componentes de la matriz de transacciones.

La matriz de coeficientes técnicos se deriva de la anterior. Los cuadrantes I y II se transforman dividiendo cada celda entre el total de su respectiva columna, para dar lugar a una serie de proporciones que muestra qué parte de los insumos de cada sector comprador vienen de cuál sector vendedor.

Finalmente, la matriz de requerimientos directos e indirectos o de coeficientes de interdependencia, derivada a su vez de la de coeficientes técnicos, nos muestra la interrelación entre los productos de cada sector productor; es decir, que dichos productos están en función de la demanda final de cada sector. Matemáticamente, esta matriz resulta de la inversión de la diferencia de las matrices de identidad menos la matriz de coeficientes técnicos; o sea: $(I-A)^{-1}$.

El uso que se le da al modelo de insumo producto se ubica principalmente en la planeación económica, aunque también se puede usar sólo para fines especulativos.

Los tipos de uso que se le puede dar son los siguientes: a) planeación de una meta dada para la producción, a través de la ecuación $X= (I-A)^{-1}Y$; donde $(I-A)^{-1}$ es ya conocida, X es el vector de producción sectorial y Y es el vector de demanda final total; b) para ver efectos de cambios en los precios relativos de los productos sectoriales; c) y prever los efectos multiplicadores de la inversión y los impuestos (entre otros).

3.4 Modelos de Investigación de Operaciones

Aunque este tipo de modelos surgieron desde perspectiva

diferente a la de la teoría económica, sin embargo, desde su origen tuvieron aplicaciones interdisciplinarias orientadas a la solución de problemas. Su aplicación en modelos económicos compende básicamente el campo de la programación lineal.

Un modelo económico se convierte en uno de programación lineal cuando se plantea un problema de alcanzar un nivel óptimo (máximo o mínimo, según el caso) de una cierta función, llamada función objetivo, dado un conjunto de funciones limitantes o restricciones. Este tipo de planteamientos van casi siempre asociados a un modelo de insumo-producto, puesto que éste ofrece de por sí el conjunto de restricciones. Un ejemplo de este tipo de modelos podría ser el asociar a la matriz insumo-producto del país la función objetivo de maximizar el consumo agregado, por ejemplo.

El uso de este tipo de modelos está dentro de la exploración de políticas económicas y la planeación económica, tanto a corto como a largo plazo. Si se le quiere emplear para el largo plazo, se requerirá la actualización y proyección de los coeficientes técnicos de la matriz de insumo-producto. Un ejemplo de este tipo de modelos es el Modelo Mundial Latinoamericano, producido por la Fundación Bariloche, de Argentina, en la década pasada. En este modelo se trata de maximizar la esperanza de vida de la población mundial, como medida de la calidad de vida. Una de las principales consecuencias de este modelo es la comprobación de la hipótesis de que sí es técnicamente factible el mejorar las

condiciones de vida de toda la población del mundo hasta ciertos niveles mínimos. Los obstáculos para ello provienen más bien de factores socio-políticos.

3.5 Modelos de la teoría del desarrollo económico.

Ultimamente se ha manifestado la seria preocupación por parte de algunos destacados economistas por ofrecer una teoría y una modelación económicas adecuadas a las realidades de los países en desarrollo. Esta preocupación nace del hecho de que casi todos los modelos económicos y la teoría subyacente, se han gestado, desarrollado y aplicado a países desarrollados, y luego se intentan hacer aplicaciones inadecuadas a los países en desarrollo.

La problemática a la que no responden los modelos de países desarrollados cuando se aplican a los que están en desarrollo, comprendería aspectos como los siguientes:

a) La distinción entre los sectores claves de una economía en desarrollo. Por ejemplo, el sector de importaciones, especialmente las intermedias, y su impacto en la producción de bienes comerciables y aun no comerciables (autoconsumo). Otra distinción importante es la existente entre agricultura y manufacturas, dadas sus diferentes tecnologías y estructuras de demanda. O bien la distinción entre bienes de capital y bienes de consumo, para fines de planeación de inversiones.

b) La casi total ausencia del mercado de bonos, pues para efectos de financiamiento el principal activo que se utiliza es el dinero. Esto le quita al gobierno varios instru

mentos de política económica, y obscurece la distinción entre política fiscal y política monetaria. Además, la escasez de crédito se vuelve más aguda que en países desarrollados.

c) Los procesos de distribución del ingreso son más importantes en los países en desarrollo, por estar la gente en niveles más cercanos al hambre y a la miseria. A esto hay que añadir los efectos perniciosos de la inflación en el sentido de agravar las desigualdades entre los asalariados y los poseedores de activos (capital y gobierno).

d) Por último, está el problema de la escasez de datos confiables y coherentes, de donde no se pueden sacar estimaciones ortodoxas de los parámetros más importantes.

Considerando estos problemas, se ha producido un cuerpo de teoría económica en relación al desarrollo económico. Sin embargo esta literatura está lejos de ser homogénea, puesto que apunta hacia dos direcciones no siempre convergentes: el crecimiento y la distribución. Ninguno de los dos implica necesariamente al otro, y ambos son importantes. Sin embargo, el énfasis casi siempre recae en el crecimiento, tanto en términos de la teoría como de la política económica.

Como un ejemplo clásico de modelos de crecimiento estarían "las etapas del crecimiento" de Rostow, aunque hay versiones más elaboradas de este enfoque, como el que enfatiza los aspectos del cambio estructural de las economías en desarrollo, enfatizando los aspectos productivos sobre los distri-

butivos.

Como ejemplos de modelos más centrados en los aspectos distributivos estarían los elaborados por Lance Taylor para Egipto y Portugal.

4.- Aspectos metodológicos para la construcción de un modelo económico.

De una manera esquemática, aunque completa, se presentan aquí los diferentes pasos que requiere la elaboración de un modelo económico.

4.1 Establecimiento de Objetivos

Todo modelo responde a una problemática y,en consecuencia, a unos objetivos determinados. El constructor del modelo debe aclararse a sí mismo antes qué es lo que pretende al llevar a cabo su tarea. No es lo mismo hacer un modelo para un estudio de mercado que hacerlo para explorar políticas de satisfacción de necesidades básicas. Al establecerse los objetivos, gran parte de la metodología queda determinada.

4.2 Determinación de los módulos o sectores.

Dependiendo de la finalidad del modelo, se establece su amplitud sectorial. Por ejemplo, si lo que se pretende es diseñar políticas de empleo, habría que establecer al menos dos sectores: uno intensivo en mano de obra y otro intensivo en capital. Los modelos hechos por el gobierno siempre tienen un sector público, como es obvio. Un modelo agrícola diferenciaría diferentes tecnologías de explo

tación de cultivos, asociados a diferentes tipos de mano de obra, etc.

4.3 Determinación de los variables.

La elección de variables también es función de los objetivos del modelo. Sin embargo, hay que distinguir aquí entre variables endógenas, exógenas, y de política o instrumentales. La primeras son aquellas cuyo valor se determina dentro del mismo modelo; las segundas son aquellas cuyo valor es asignado previa e independientemente del modelo; las últimas son aquellas cuyo valor es asignado por los tomadores de decisiones, en función de ciertos objetivos de política económica, y cuyos efectos son importantes para dicha política. Ejemplos de cada una serán:

- endógenas: el ingreso nacional, la inversión, el consumo (en un modelo macroeconómico)
- exógenas: la tasa de crecimiento demográfico, los coeficientes técnicos de la matriz insumo-producto.
- de política: la oferta monetaria, el gasto público, la tasa de redescuento (aquella a la cual el banco central acepta documentos cobrables de los bancos privados a cambio de dinero).

4.4 Especificación de las ecuaciones.

Una vez seleccionadas las variables a considerar, hay que establecer su interrelación. En esto consiste la fase de especificación. Para poder especificar adecuadamente las ecuaciones de un modelo se requiere, por un lado, el apoyo teórico que le dé la coherencia lógica, y por el otro

lado el conocimiento directo del fenómeno en cuestión a partir de los datos. Un ejemplo de esto es el consumo, especificado como función del ingreso permanente (el ingreso esperado global de una persona a lo largo de la vida). La especificación no es una fase del modelado que se haga de una vez por todas, sino que requiere varias iteraciones con la siguiente: la de estimación.

4.5 Estimacion.

Esta es una fase de verificación de las ecuaciones postuladas. En ella se establecen los coeficientes o parámetros asociados a las variables, a partir de procedimientos estadísticos. Hay básicamente tres tipos de procesos de estimación: a) la aplicación de mínimos cuadrados ordinarios b) la aplicación de alguno de los llamados métodos de información limitada a cada relación; y c) la aplicación de alguno de los métodos de información completa a todas las relaciones.

Por razones de espacio no entraremos en la explicación de los procedimientos señalados, pero referiremos al lector al libro de Aznar Grasa, Planificación y Modelos Econométricos, mencionado en la bibliografía sugerida.

4.6 Manipulación algebráica del modelo: formas estructural y reducida.

Aunque un modelo económico está ya completo, una vez que se ha especificado y estimado sus ecuaciones, y sólo habría que resolverlo como un sistema de ecuaciones simultá

neas, sin embargo, es útil transformarlo en lo que se llama su forma reducida, con el objeto de obtener directamente los valores de la (s) variable (s) que más nos interena (n). A la forma en que se presentan las ecuaciones de manera implícita (igualando a 0) una a una, indicando las diferentes relaciones de las variables y sus parámetros, se le llama la forma estructural. Cuando el modelo se expresa en términos de las variables de mayor interés, se dice que el modelo está en forma reducida.

Como ejemplo, tomemos a la matriz de insumo-producto . La matriz de coeficientes técnicos es la forma estructural. Pero si expresamos la producción sectorial en función de la demanda final y de los requerimientos directos e indirectos, tendremos la forma reducida, a saber: $X= (I-A)^{-1}Y$.

4.7 Solución del modelo.

Una vez que se han estimado los parámetros y que se le dan los valores de entrada para un año base del modelo, éste puede resolverse, ya sea analíticamente en el caso de los modelos lineales, ya sea mediante términos numéricos o de simulación para el caso de modelos no lineales. También es este apartado haremos la referencia al libro de Aznar Grasa, capítulo 3, para efectos de análisis en detalle de esta fase del modelado.

4.8 Interpretación de resultados en función de los escenarios futuros.

La palabra escenario proviene del francés <u>scénario</u>, que

significa literalmente guión.

Aplicado al futuro, un escenario será el guión de una obra dramática sobre el futuro, donde intervienen los agentes económicos y sociales. El argumento de tal guión viene dado por acontecimientos futuros y sus probabilidades de ocurrencia. Los actores actúan según patrones de comportamiento ya observados en el pasado. El grado de realismo de un escenario está en función del grado de profundidad y extensión del análisis previo de las tendencias.

Hay dos tipos de escenarios futuros, según la manera de elaborarlos. La primera es a partir de las probabilidades a priori de ocurrencia de determinados acontecimientos puntuales futuros, mediante la consulta a expertos. Este método supone que los peritos saben implícitamente la probabilidad de ocurrencia de ciertos acontecimientos, y todo lo que hay que hacer es ayudarles a explicitar su conocimiento. Hay dos técnicas concretas que se utilizan para ello: el método Delfos y el Análisis de Impactos Cruzados. Sin embargo, éstos no son modelos económicos.

La segunda manera de elaborar escenarios futuros tiene que ver más con la modelación económica, y consiste en "analizar el sistema identificando las fuerzas que generan su dinámica propia y los agentes que controlan esas fuerzas"[1]. En otras palabras , se estudian las tendencias y su evolución, no las rupturas de las mismas. Se da por sentada la probabilidad de los cambios, sin embargo en esta manera de ver el futuro lo que interesa es ver la inercia tendencial del sistema.

---

1 Fontela (1980) p.49.

De esta manera, un modelo económico, y especialmente los econométricos, tienen la función de representar la tendencia evolutiva del sistema económico. Ya hablamos de esto a lo largo de la tercera parte de este trabajo. Sin embargo, habría que añadir algo más a este respecto. Hay que caer en la cuenta que los escenarios a futuro son sólo una visión cognoscitiva del mismo. Todavía faltaría el elemento de acción, que viene dado por la planeación. (cfr. parte 2).

Así que, en relación con la interpretación de los resultados del modelado y los escenarios futuros, habría que decir que una determinada solución del modelo nos da la base para un cierto escenario futuro, dadas unas variables de entrada y una serie de condiciones y supuestos; pero otras condiciones iniciales pueden darnos la base para otro escenario muy distinto.

BIBLIOGRAFIA SUGERIDA

Ackoff, R.L., Scientific Method: Optimizing Applied Research Decisions. New York: Wiley, 1962.

Aznar Grasa, A., Planificación y modelos econométricos. Madrid: Ediciones Pirámide, 1978.

Branson, W.H., Macroeconomic Theory and Policy. New York: Harper & Row, 1972. (ya hay traducción española de esta obra en el Fondo de Cultura Económica, México).

Bruckmann, G. (editor). SARUM and MRI: Description and Comparison of a World Model and a National Model. Oxford: Pergamon Press, 1978.

Chenery, Hollis. (ed.) Structural Change and Development Policy. Oxford: Oxford University Press, 1979.

Chiang, A.C., Fundamental Methods of Mathematical Economics. New York: Mc. Graw-Hill, 1979.

Fontela, Emilio., Un estudio de prospectiva económica: España en la década de los ochenta. Madrid: Instituto Nacional de Prospectiva, 1980.

Herrera, A. O., et alii., ¿Catástrofe o Nueva Sociedad?: Modelo Mundial Latinoamericano. Ottawa: International Development Research Centre, 1977.

Lee, Colin., Models in Planning. Oxford: Pergamon Press, 1974.

Malgrange, Pierre, (editor). Méthodes mathématiques de la modélisation macroéconomique. Le Chesnay (Francia): Institu de Reserche D'Informatique et D'Automatique Rocquencourt, 1979.

Organisation de Coopération et de Dévelopment Economiques. Interfuturs: Face aux futurs. Paris: OCDE, 1979.

Secretaría de Programación y Presupuesto (editor) Modelo Insumo-Producto: 1. Bases teóricas y aplicaciones generales (Serie de Lecturas I). México: S.P.P., 1980.

Secretaría de Programación y Presupuesto. Plan Global de Desarrollo (2 volúmenes). México: S.P.P., 1980.

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

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA

USO DE DINAMICA DE SISTEMAS EN LA PLANEACION ESTRATEGICA

DR. ENRIQUE ZEPEDAD

OCTUBRE 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

USO DE DINAMICA DE SITEMAS EN LA PLANEACION ESTRATEGICA

La celeridad a la que los cambios tecnológicos, sociales, políticos y económicos se están sucediendo en la actualidad, ha reducido la importancia de la experiencia como guía en la formulación de políticas y estrategias. Bajo estas condiciones la planeación estratégica entraña muchos riesgos que fácilmente pueden traducirse en fracasos totales o parciales que ponen en peligro la supervivencia de la corporación. Tanto la corporación como su entorno económico, político y social son sistemas sociales complejos que requieren de ser modelados con el fin de determinar y analizar las causas estructurales de su comportamiento simulando éste bajo diferentes circunstancias.

Existen dos puntos de vista radicalmente opuestos con relación al desarrollo de modelos matemáticos de sistemas sociales. El primero consiste en construir el modelo de un sistema social a partir, fundamentalmente, del procesamiento de datos históricos de su evolución, tratando de ajustar un modelo previo, normalmente lineal, a los datos de que se disponen. Este enfoque se puede considerar conductista porque no trata de establecer la estructura interna del sistema, sino únicamente ajustar un modelo a los datos reales que se conocen. A esta corriente en la construcción de modelos de sistemas sociales pertenece la econometría.

Los modelos de predicción econométrica emplean técnicas de inferencia estadística para estimar, a partir de datos empíricos, la dirección y magnitud de la interdependencia de variables económicas. A los modelos econométricos se les ha criticado en la medida en que presuponen una estructura o forma de modelo "a priori", a la cual los datos deben ajustarse necesariamente. Sin embargo, para períodos cortos de tiempo, tales como un año o dos, los modelos econométricos han demostrado ser extraordinariamente útiles.

El otro punto de vista es aquél según el cual se trata de construir un modelo tras un análisis cuidadoso de los distintos elementos que intervienen en el sistema observado. De este análisis se extrae la lógica interna del modelo, y a partir de esta estructura se intenta un ajuste con los datos históricos. Conviene destacar que en este caso el ajuste de los parámetros del modelo a los datos históricos ocupa un lugar secundario, siendo el análisis de la lógica interna y de las relaciones estructurales en el modelo los puntos fundamentales en la construcción del mismo. La dinámica de sistemas pertenece a esta segunda escuela, a la que podemos considerar estructuralista.

La dinámica de sistemas es una versión especializada de la disciplina científica surgida en torno al estudio de los sistemas de control retroalimentados y no lineales utilizados para el diseño de sistemas físicos.

De hecho, en las aplicaciones prácticas se hace uso de modelos construidos con las dos metodologías descritas. Para obtener los valores futuros que tomarán las variables en estudio generalmente se emplean métodos estadísticos, pero para comprender la respuesta del sistema a un conjunto de condiciones futuras es conveniente usar dinámica de sistemas. Asimismo, los métodos estadísticos son útiles en estudios a corto plazo, mientras que los modelos de dinámica de sistemas se emplean para la previsión de las tendencias a largo plazo.

Por otro lado, la construcción de un modelo econométrico implica el empleo de técnicas muy sofisticadas que manejan especialistas altamente calificados. Por el contrario, el proceso de construcción de un modelo empleando la dinámica de sistemas es esencialmente distinto. Para la construcción de un modelo el especialista en dinámica de sistemas interroga a especialistas en el sistema social que se quiere modelar y a partir de esta información se establece la estructura del modelo. Una de las principales características de la dinámica de sistemas es el fácil acceso al modelo por parte de especialistas en el sistema social bajo estudio, aún cuando no lo sean en dinámica de sistemas.

La dinámica de sistemas es una metodología que mediante la utilización del enfoque de sistemas y los conceptos de Teoría del Control permite la construcción de modelos de simulación dinámica de sistemas sociales tales como economías nacionales, centros

urbanos, industriales, empleos, sistemas ecológicos, etc. Estos modelos simulan el comportamiento a través del tiempo de dichos sistemas mediante la formulación matemática de las interrelaciones más relevantes entre las variables principales del sistema y la interacción de este con su entorno.

Dado que la formulación de estos modelos está basada en la identificación de los ciclos de retroalimentación determinados por las interrrelaciones causa-efecto entre las variables del sistema, es posible determinar y analizar no solamente las causas estructurales de su comportamiento y sus respuestas a cambios en el entorno sino también los efectos globales de decisiones y políticas adoptadas por el sistema mismo.

Esto permite por una parte la reestructuración del sistema a través de la redefinición de sus procesos de toma de decisiones con el fin de mejorar su comportamiento, y por otra el diseño y prueba de políticas "robustas" que mejoren el desempeño del sistema bajo diferentes escenarios posibles del entorno.

La aplicación de la metodología de Dinámica de Sistemas debe desarrollarse en las siguientes etapas:

1) Definición de los límites del sistema;
2) Modelaje de la estructura del sistema;
3) Formulación del modelo;
4) Simulación dinámica y análisis del comportamiento del sistema;

5) Generación de escenario del entorno;

6) Diseño y prueba de políticas alternativas; y

7) Selección de políticas robustas.

1) Definición de los Límites del Sistema

Al considerar un sistema dinámico como una unidad se asume que existen unos límites que separa esta unidad de su entorno. En el interior de estos límites, se genera un comportamiento que, en principio, puede no estar determinado únicamente por acciones aplicadas al sistema desde el entorno. Los límites del sistema deben escogerse de manera que se incluyan en su interior aquellos componentes necesarios para generar los modos de comportamiento de interés.

2) Modelaje de la Estructura del Sistema.

La característica esencial de los sistemas sociales, desde el punto de vista dinámico de sistemas, reside en la consideración de que en el interior de los mismos se generan las fuerzas que determinan su evolución en el tiempo. Es decir, en el interior de un sistema se realizan una serie de interacciones entre sus elementos constituyentes que generan el comportamiento dinámico del mismo. Una cadena cerrada de interacciones de este tipo definen un "ciclo de retroalimentación". El ciclo de realimentación constituye una unidad básica de la estructura de un sistema dinámico.

Dado que los ciclos de retroalimentación, como ya hemos visto, representan diferentes aspectos del comportamiento de un sitema, en el diagrama causal que representa la estructura de dicho sistema coexisten normalmente ciclos de retroalimentación positiva con ciclos de retroalimentación negativa. Las interacciones entre ambos tipos de ciclos determinan el comportamiento global del sistema. Combinando los diferentes ciclos de retroalimentación identificados se desarrolla gradualmente el modelo de un sistema.

3) Formulación del Modelo.

Una vez que se ha desarrollado el modelo del sistema, las relaciones causales entre variables se formulan en uno de los lenguajes de computadora que se ha desarrollado especialmente para simular el comportamiento del sistema a través del tiempo. El primer lenguaje de este tipo fue desarrollado en el MIT por el grupo de Forrester, su nombre es DYNAMO. La difusión y las aplicaciones cada vez más numerosas de la Dinámica de Sistemas han requerido formulaciones más complejas, lo que ha promovido el desarrollo de nuevas versiones del DYNAMO y de nuevos lenguajes como el DYSMAP, desarrollado en la Universidad de Bradford y el NDTRAN de la Universidad de Notre Dame.

4) Simulación Dinámica y Análisis del Comportamiento del Sistema.

Después de formular el modelo se realiza la simulación por

computadora del comportamiento del sistema a través del tiempo con el propósito de analizar sus características y determinar las causas de efectos negativos o indeseables en dicho comportamiento y modificar la estructura del sistema para preverlos y corregirlos.

5) Generación de Escenarios del Entorno.

A fin de analizar lo más exhaustivamente posible el comportamiento del sistema es necesario simular sus respuestas bajo diferentes circunstancias o condiciones del entorno. Estos escenarios consisten en estimaciones y pronósticos del desarrollo y comportamiento a través del tiempo de las variables que se excluyeron al definir los límites. La generación de escenarios del entorno constituye una etapa muy importante de la metodología, ya que permite identificar patrones de respuesta del sistema que aunque no se hayan desarrollado en el pasado existen los elementos estructurales dentro del sistema para que se manifiesten si se dan las condiciones propicias para ello en el entorno. Existen varias metodologías más o menos sofisticadas para la generación de escenarios entre ellas podemos mencionar los métodos tradicionales de pronóstico, el método Delphi, el método de impactos cruzados, etc.

6) Diseño y Pruebas de Políticas Alternativas.

A partir del análisis del comportamiento dinámico del sis-

tema bajo diferentes escenarios del entorno y de la identificación de sus causas estructurales se determinan los cambios a la estructura del sistema que producirían los resultados deseados. Los cambios estructurales constituyen en sí políticas nuevas y sus efectos se analizan también bajo los diferentes escenarios del entorno.

7) Selección de Políticas Robustas.

De las políticas nuevas que se simulan, se seleccionan la o las que producen los mejores resultados bajo el mayor número posible de escenarios futuros del entorno. Estas -- constituyen la cartera de "Políticas Robustas" que asegurarían el desempeño adecuado del sistema ante cualquier eventualidad del entorno.

La implementación de estas políticas en el sistema real implica la modificación del modelo convirtiendo así al proceso de planeación en un proceso adaptativo.

La mejor forma de aprovechar las ventajas y beneficios que en materia de planeación estratégica proporcionan este tipo de modelos, especialmente cuando se trata de sistemas sociales tales como corporaciones o economías nacionales, es instalarlos en un cuarto de control o "War Room" en el que se diseña una interfase hombre-máquina capaz de manejar el modelo en toda su potencialidad, ya que en las computadoras de la interfase se encuen-

tran almacenados los datos necesarios y los paquetes y rutinas matemáticas para generar los escenarios futuros del entorno del sistema bajo los cuales el usuario quiere simular su comportamiento y desempeño. Asimismo, se encuentran almacenadas las órdenes para cambiar la estructura del modelo a fin de diseñar políticas adecuadas a las diferentes condiciones del entorno. Esto generalmente se hace por medio de "menús" de posibilidades, tanto para escenarios como para políticas con el propósito de facilitar su utilización a personas no familiarizadas con la estructura del modelo, como sería el caso de la alta dirección de una corporación.

Como ya ha sido mencionado, esta metodología se utiliza y ha sido utilizada para construir modelos urbanos con el popósito de simular el comportamiento a largo plazo de dichos centros, a fin de poder hacer predicciones acerca de la evolución de la mancha urbana y del uso del suelo. Esto permite simular los efectos que tendrían, sobre los servicios urbanos, inmigraciones masivas o repentinas a una ciudad y así poder estimar los requerimientos de servicios tales como: agua, drenaje, electricidad, teléfono, abasto, educación, recreación, salud, etc.

En conclusión, la Dinámica de Sistemas es una metodología que presenta grandes ventajas para la construcción de modelos de sistemas sociales, sin embargo su utilización adecuada debe ir acompañada de un buen proceso de generación de escenarios del entorno y de un proceso eficiente de diseño de políticas y estrategias.

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

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA

GROWTH POLICY DESIGN FOR THE TELEPHONE SYSTEM

DR. ENRIQUE ZEPEDA

OCTUBRE 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

GROWTH POLICY DESIGN FOR THE TELEPHONE SYSTEM

A SYSTEM DYNAMICS APPROACH

E. MEADE AND E. ZEPEDA
TELEFONOS DE MEXICO, S. A.
MEXICO

INTRODUCTION.

The aim of this paper is to describe the use of dynamic simulation sistem models of the behaviour of the demand for long distance calls in planning capacity expansion of the Mexican Telephone Company (TELMEX). The development of this model forms part of a project aiming at the instruction of an integrated dynamic system model of TELMEX for strategic and long-range planning in accordance with the -- structure of the decision making processes which is tentatively conceptualized in accordance with the diagram of the boundary and functional sections of the sistem shown in Fig. 1.

The model described here includes only two of the five modules of the system -- of Fig. 1: (1) The usage of the Telephone System module and (2) the Capacity Expansion module. The decision for starting the project by modelling these sectors of the system was made on the basis of strategic priority since the long distance service has been the main financial support of the company and has lately been afflicted by a series of capacity deficiencies and service quality.

System Dynamics methology has been used for devising policies that would ameliorate those problems and ensure adequate and stable growth in an environment of rapid economic development.

THE PROBLEM.

The Mexican Telephone System is at present facing a serious problem of traffic congestion in the long-distance service. The aparent problem is the inadequacy of the existing capacity to efficiently process the actual demand for calls, caused by a structural deficiency of the acquisition policy which is common to capacity acquisition policies in capital intensive industries wity long time lap between decisions and coming on stream of equipment.

The decision of how much capacity to order each year is mainly based on a demand forecast for the third year ahead since the construction of an exchange takes that long, and the demand forecast is based on the history of the annual total of completed calls. Since the actual demand is not a total of calls but a pattern of demand for calls the forecasting method tends to under-estimate peak demands and to originate by compensation ever larger periods of traffic congestion which is then compounded by the absence of effective network management.

On the other hand the users react to the ensuing low quality of service by reattempting unsuccessful calls, thus aggravating even further the traffic congestion, leading any number of deferred or abandoned attempts to communicate, so that the -- annual completed calls is lesser than the actual demand and it is inherent to the situation that the indicated growth trend is very substantialy and increasingly -- weakened.

The special danger of the existing planning situation is that the apparent underestimation of demand generates a tendency towards using proportional correction factors, resulting in tentative overbudgeting which is then corrected under financial criteria and originates orders for equipment which are unrelated with true demand both in size and in technical characteristics.

Although this is nothing new in the world of planning, it is obvious that the continuation of the described planning situation is not unavoidable in the present state of systems management techniques, and every effort must be made to apply this planning techniques because the telephone service is certainly one of the most critical bottle-necks of growth of the fast developing economy of Mexico and it would be obviously self-defeating to try to remedy the situation by the use of a policy of over investment when it is perfectly feasible to move towards goals of adequate service at minimum investments.

The project reported here is the result of the recognition of the problem by our communications authorities and the management of the telephone system.

It is a well known fact that situations of traffic congestion plague all telephone systems regardless of the specific conditions of each country and that no two situations of systems congestion are identical. However it may be assumed that the problem faced by Telmex could be typical for certain stages of system's development so that our attempts to cope with it and our experience in handling it may be a useful methological and policy guidline for planning in similar situations.

THE APPROACH.

System Dynamics methology has been used to develop a model for simulating the interactions and effects mentioned above. The structure of the model is shown in the cause-effect diagram of Fig. 2

As can be seen in Fig. 2 the model simulates: 1) The effects of the network of demand for long distance service; 2) Customer retrial behaviour in response to network congestion; 3) Long-term customer reaction to percieved demand satisfaction and 4) System response through its capacity expansion process.

In a situation of network under capacity the level of congestion would increase the number of reattemps causing a congestion build up. Moreover this build up would decrease the probability of completion limiting the number of completed calls which would result in a low traffic forecast and consequently in low orders for circuits aggravating even further the capacity short-fall and the network congestion.

Although the limiting of completed calls would alleviate to some extent the network congestion and the number of attemps each customer is likely to make is limited, the total number of retrials might reach a critical level where a reduction in the number of completed calls could actually happen. In addition to these effects it was pausibly assumed that, in the long range, the customer would react to low demand satisfaction by inhibiting demand. This could eventually reestablish the systems ability to meet demand, however the customers might react to the high - quality service by stimulating demand again thus making the system to oscillate.

On the other hand, the type of the capacity adjustment involved in the acquisition policy of the Mexican Telephone Company is prone to result in a unstable pattern of orders as has been the case of other capital intensive industries where there - exists long construction lags.

Therefore the purpose of this work was to use the model for devising and testing alternative capacity acquisition policies that would not only ameliorate the effects of consistent demand under forecasting and provide an adequate level of capacity but work well in the future.

MODEL FORMULATION.

Since the purpose of this model is to simulate the effects of traffic intensity on the circuits of the transmission network for the long distance service and to determine how the circuit acquisition policy could be improved, the section of the telephone system modelled is the one including the long distance switching exchanges and the transmission network only (enclosed by the broken line in Fig. 3).

It was assumed that the local exchanges have enough switching capacity to meet demand and are not affected by traffic intensity, therefore they were assigned a constant loss probability (P_l) depending on its design and average age.

Thus, considering the completion of each switching step an independent event, the global probability of completion of a long distance call is calculated as:

$$P_g = (1 - P_l)^2 \ (1 - P_c) \qquad (1$$

where P_c is the probability of finding a busy line and is calculated, using Erlang traffic formulas, as the average proportion of time a circuit is occupied with a successful call or a Busy Number or Dont-Answer attempt.

In order to calculate the number of retrials we used:

$$R = (D/P_g) - D \qquad (2$$

where R = Total number of retrials

D = Actual demand for long distance calls

P_g = Global probability of completion

This formulation implies the assumption that on average the total number of calls to the telephone system is given by the inverse of the global probability of completion times the actual demand for calls.

For calculating the orders for circuits placed each year we used the actual method used by TELMEX which can be formulated as:

$$\begin{bmatrix}\text{Circuits}\\ \text{Order}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\text{Future}\\ \text{Desired}\\ \text{Capacity}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Installed}\\ \text{Circuit}\\ \text{Capacity}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Circuits}\\ \text{Under}\\ \text{Construction}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{Circuit}\\ \text{Scrapping}\\ \text{Programme}\end{bmatrix}$$

Where the Future Desired Capacity is determined from the Adopted Traffic Forecast for the third year ahead as follows:

$$\begin{bmatrix}\text{Future}\\ \text{Desired}\\ \text{Capacity}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\text{Adopted}\\ \text{Traffic}\\ \text{Forecast}\end{bmatrix} * \begin{bmatrix}\text{Desired}\\ \text{Level of}\\ \text{Circuit}\\ \text{Occupation}\end{bmatrix} \tag{4}$$

Where the Desired Level of Circuit Occupation which in this case is a constant, will, to a great extent, determine the quality of the service provided by the system. The traffic forecast is a mathematical extrapolation of the historical trend of completed calls.

In addition to this formulation representing the structure of the system, the following equations were included in the model for simulating the possible long-term customer reaction to the percieved quality of the service:

$$\begin{bmatrix}\text{Demand}\\ \text{for Long}\\ \text{Distance Calls}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\text{Demand}\\ \text{Multiplier}\end{bmatrix} * \begin{bmatrix}\text{Demand}\\ \text{Exogenous}\\ \text{Trend}\end{bmatrix} \tag{5}$$

where

$$\begin{bmatrix}\text{Demand}\\ \text{Multiplier}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\text{Percieved}\\ \text{Demand}\\ \text{Satisfaction}\end{bmatrix} \tag{6}$$

The Percieved Demand Satisfaction is a smoothed average of Current Demand Satisfaction calculated as:

$$\begin{bmatrix}\text{Demand}\\ \text{Satisfaction}\end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix}\text{Completed}\\ \text{Calls}\end{bmatrix}}{\begin{bmatrix}\text{Demand}\\ \text{for Calls}\end{bmatrix}} \tag{7}$$

Two forms for the function in Eq. 6 has been proposed to simulate the reaction of the customers. An S-shape function which indicates that demand is inhibited as demand satisfaction falls and a straight horizontal line meaning that there is no customer's reaction to demand satisfaction (Fig. 4).

MODEL PERFORMANCE.

In order to test the model performance a 30-year simulation was carried out - using the present capacity acquisition policy of TELMEX (Eq. 3) and actual values for parameters such as conversation time, operation time, construction - lag, etc., under an exponential growth demand scenario.

As can be seen from Fig . 5 the effect of a traffic forecast based on completed calls is an ever widening gap between the actual demand and completed calls causing a sharp decline in demand satisfaction. Demand underforecasting results in inadequate capacity to meet demand thus producing a congestion build up and a decrease in the probability of completion (Fig. 6).

On the other hand, the effects of the capacity acquisition policy can be seen from the highly unstable pattern of annual orders for circuits shown in Fig. 7. This behaviour is characteristic of this type of policy based on proportional - control for correcting a discrepancy between the desired and actual values.

POLICY DESIGN.

Aiming at correcting both the capacity short-fall and the sharp variations in the pattern of orders several alternative acquisition policies were tested using the model for simulating their effects on the system.

The policies tested, apart from the actual one, were:

Policy 1.- 30% of margin of spare capacity

This policy consists in increasing the level of desired capacity for the third year ahead by a constant margin of space capacity of 30% with the purpose of correcting the consistent deficit of capacity.

$$\begin{bmatrix}\text{Circuit}\\ \text{Orders}\end{bmatrix} = 1.3 \times \begin{bmatrix}\text{Desired}\\ \text{Future}\\ \text{Capacity}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Installed}\\ \text{Circuit}\\ \text{Capacity}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Circuits}\\ \text{Under}\\ \text{Construction}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{Circuit}\\ \text{Scrapping}\\ \text{Programme}\end{bmatrix} \quad (8)$$

The results of using this policy show that although the decline in demand satisfaction is not as dractic as with the actual policy (Fig. 8), the instability in the pattern of orders increases (Fig. 9). Since the improvement in demand satisfaction achieved with this policy is not worth the negative financial effects of the sharp variations in annual investment a more relevant change to the acquisition policy was used.

Policy 2.- 30% MSC and FF + FB acquisition policy

This policy involves the introduction of a feed-forward element using the average annual growth of completed calls:

$$\begin{bmatrix}\text{Circuit}\\ \text{Orders}\end{bmatrix} = 1.3\begin{bmatrix}\text{Desired}\\ \text{Future}\\ \text{Capacity}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Installed}\\ \text{Circuit}\\ \text{Capacity}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Circuits}\\ \text{Under}\\ \text{Construction}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{Circuit}\\ \text{Scrapping}\\ \text{Programme}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{Circuits}\\ \text{Equivalent}\\ \text{to Average}\\ \text{Annual}\\ \text{Growth of}\\ \text{Traffic}\end{bmatrix} \quad (9)$$

This type of policy has been proposed by Sharp and Thillainathan and studied extensively by them and the authors applied to production planning systems and to capacity acquisition systems as in this case with encouraging results.

As can be seen from Fig.11 and Fig.12 the use of this policy results in a considerable improvement over the previous two polices. The ratio of demand satisfaction attains a stable value at around 72% (Fig.11) indicating a significant reduction of the capacity deficit. Moreover the pattern of orders has been stabilized by the use of this policy (Fig.12) and follows a smooth path over the simulation period.

Nevertheless there still exists a gap between actual demand and completed calls - that can not be explained by the effect of the constant loss probability of 10% -- assigned to the local exchanges, therefore another change was proposed for the capacity acquisition policy.

Policy 3.- Variable Margin of Spare Capacity and FF + FB

It seems plausible to think that a constant margin of spare capacity would not produce satisfactory results in the long range as it runs the risk of both excess and deficit of capacity. Therefore we used the FF+FB element combined with a variable margin of spare capacity depending on the quality of the service provided by the telephone system measured as:

$$\left[\begin{array}{c}\text{Quality of}\\ \text{Service}\\ \text{Ratio}\end{array}\right] = \frac{\left[\begin{array}{c}\text{Total}\\ \text{Calls to}\\ \text{the System}\end{array}\right] - \left[\begin{array}{c}\text{Completed}\\ \text{Calls}\end{array}\right]}{\left[\begin{array}{c}\text{Total}\\ \text{Calls to the}\\ \text{System}\end{array}\right]} \qquad (10)$$

thus the margin of spare capacity in this case a function of:

$$\left[\begin{array}{c}\text{Margin of}\\ \text{Spare Capacity}\end{array}\right] = f\left[\begin{array}{c}\text{Quality of}\\ \text{Service}\\ \text{Ratio}\end{array}\right] \qquad (11)$$

The function used for testing this policy was a 45°- slope straight line as shown in Fig. 14 .

The results of this policy show a considerable improvement in both demand satisfaction (Fig.15) and the pattern of annual orders for circuits (Fig.16). The rate of demand satisfaction attains now a stable value at around .81 which is aproximately the value of $(1-P_c)^2$ meaning that the system has reached the capacity limit of local exchanges.

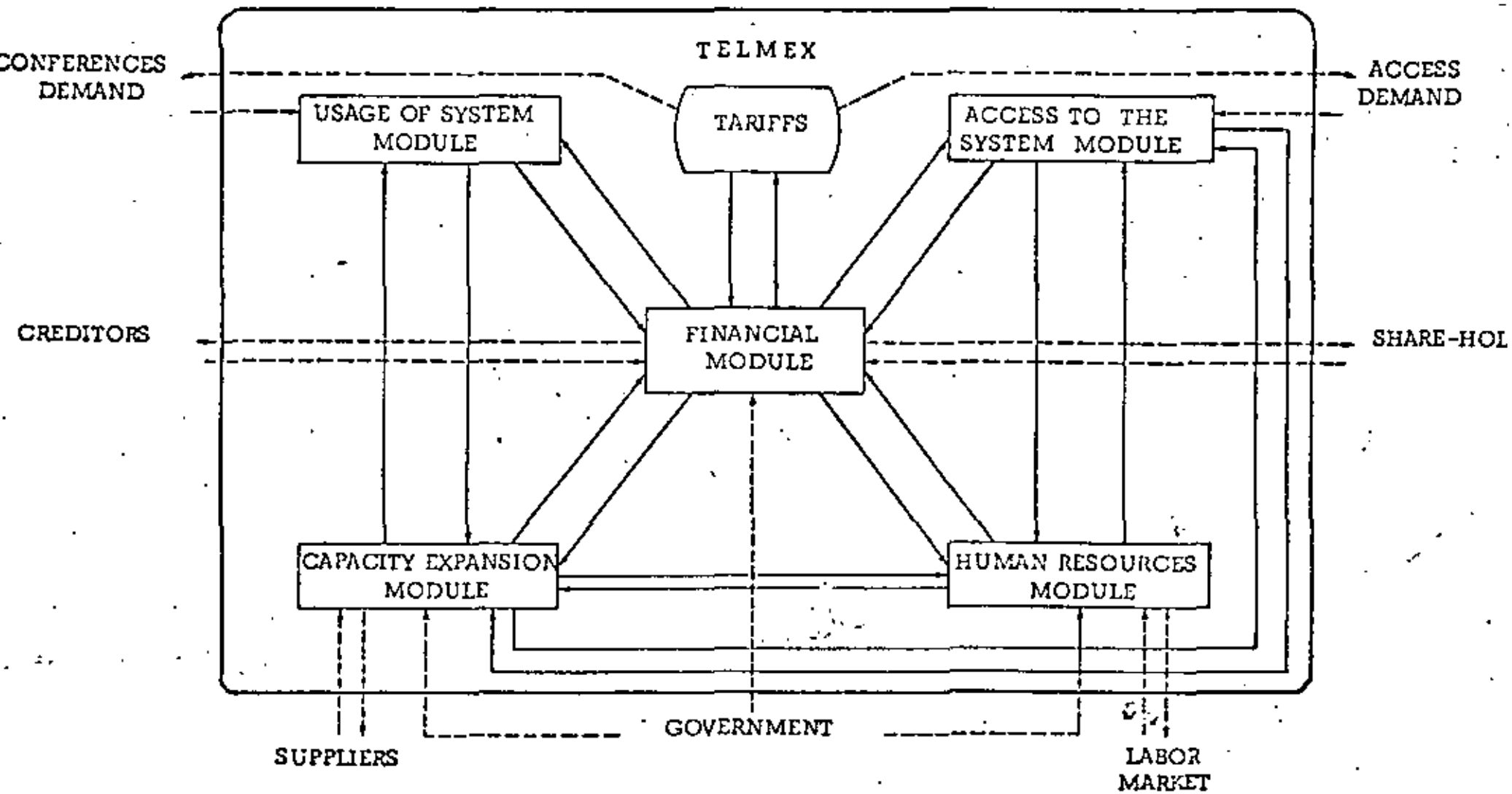
Since the drawing of statistical samples of the variables involved in Eq. 10 are standard practice in telephone companies, this policy was considered suitable for easy implementation. We are presently testing other forms for the function of Eq. 11 and studying its variability of implementation at TELMEX.

CONCLUSIONS.

Although, as has been mentioned above, this work has concentrated in the analysis of one sector of the telephone system, the results of this study, given the general nature of the expansion problem, show the usefulness of the System Dynamics approach for devising policies that would ensure stable growth for other sectors of the system as well.

The changes proposed here for the capacity expansion policy are relatively simple and based on well tried ideas for policy design. For this reason, however, there are capable of being implemented and, in particular, do not involve the need for complex predictions about future values of different variables.

The results of this study reinforce the case for a systematic approach to strategic planning as opposed to the traditional "ad hoc" approach to the solution of specific problems. The fact that it is perfectly possible that the source of the traffic congestion problem could be in other parts of the network and the impending change to digital technology have emplasized even further the need for a holistic approach to the expansion problems the Mexican Telephone System is facing in the present situation of rapid economic development. For this reason we are now actively engaged in the construction of the rest of the modules of Fig. 1 for developing suitable tools for devising and assessing manpower planning policies, financial policies etc., that would cope adequately with the complex problems described.



THE SYSTEM'S FUNCTIONAL SECTORS AND ITS BOUNDARY (FIG. 1)

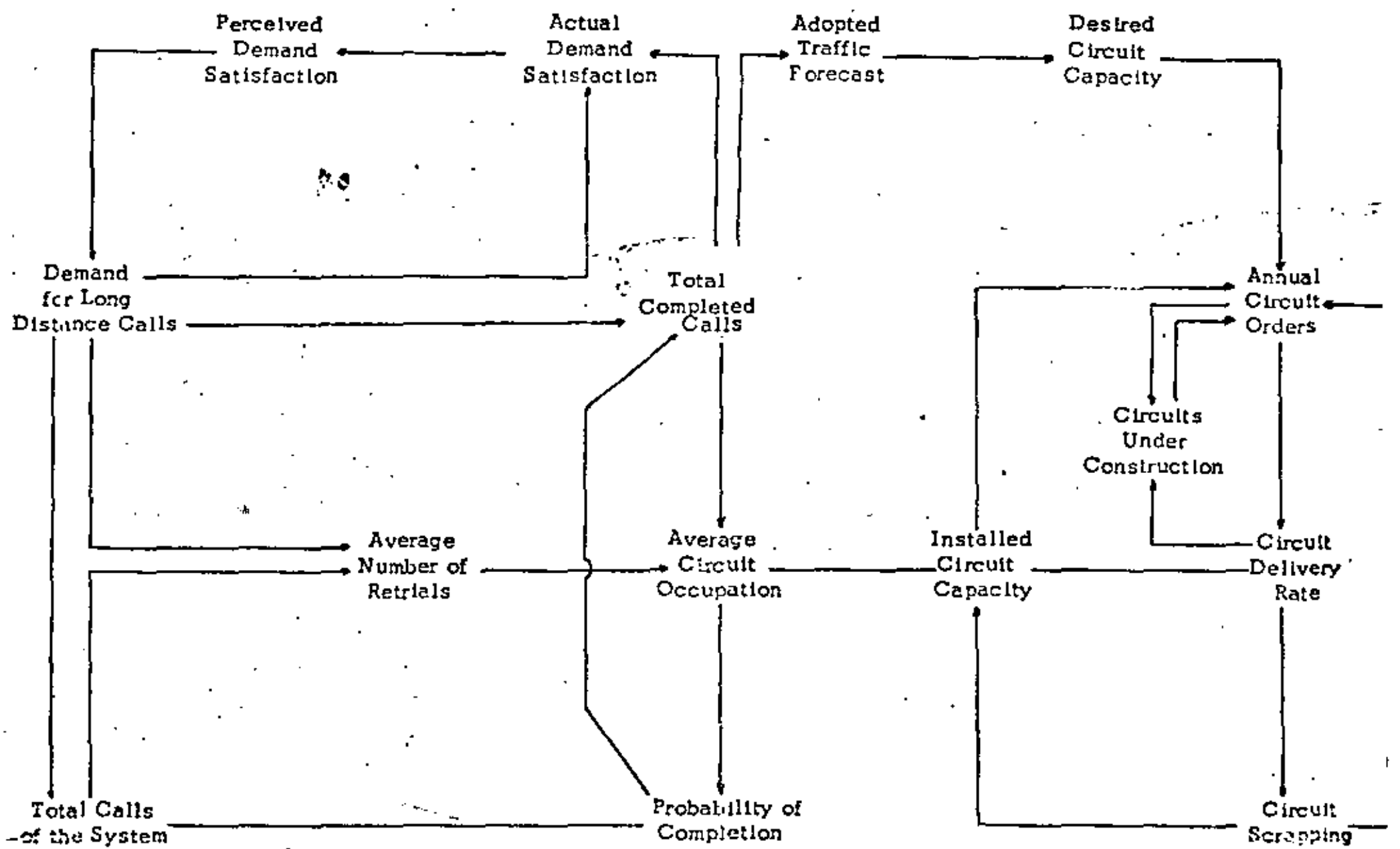


FIG. 2 SYSTEM'S INFLUENCE DIAGRAM

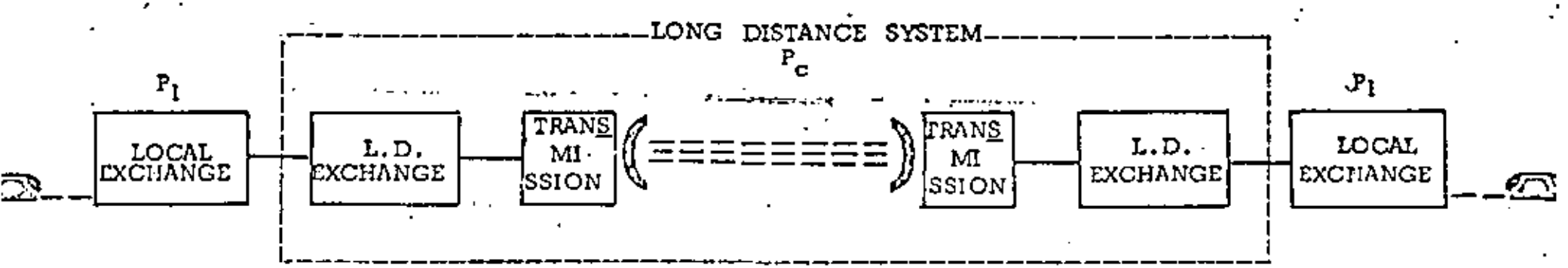


Fig. 3 SECTORS OF THE TELEPHONE SYSTEM MODELLED

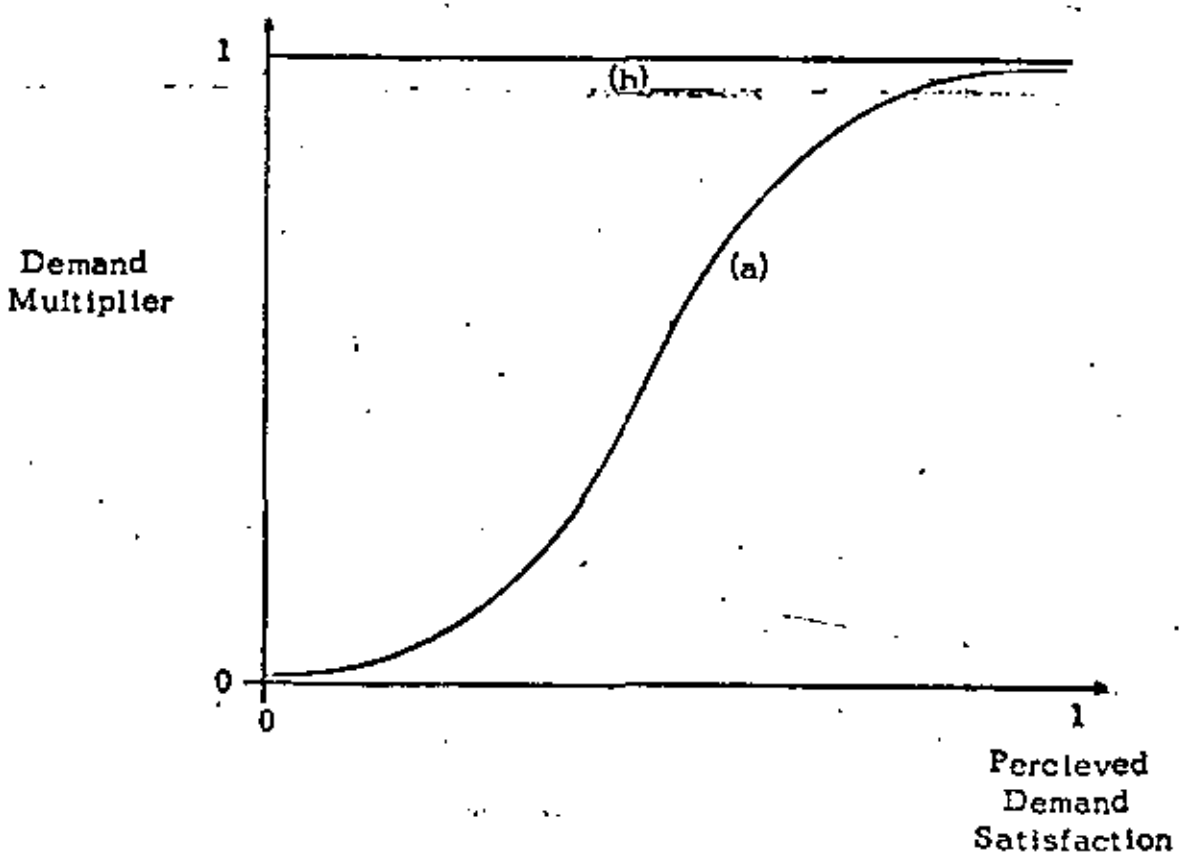


Fig. 4 CUSTOMER'S REACTION TO DEMAND SATISFACTION

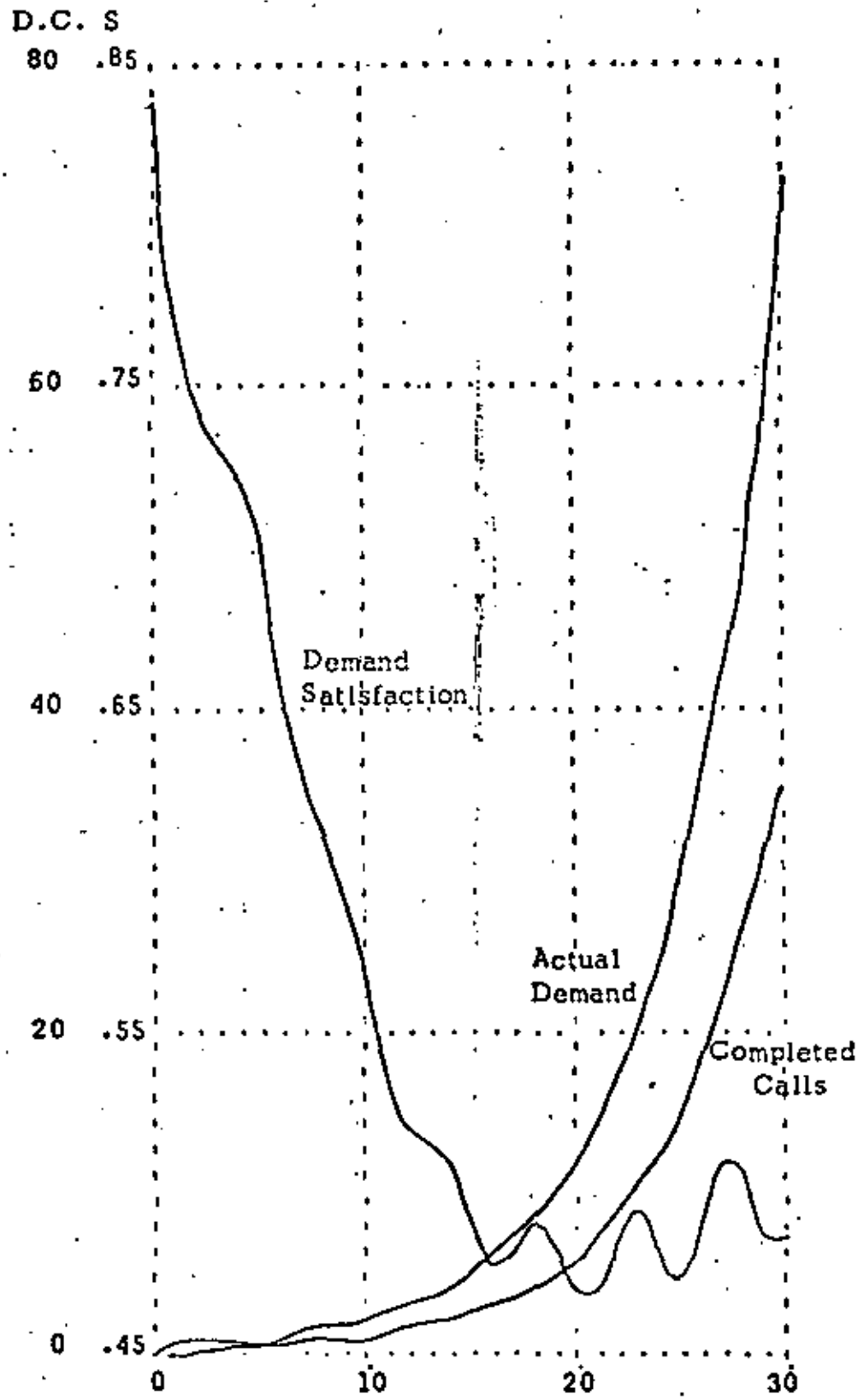

D.C. S
80
.85
60
.75
40
.65
20
.55
0
.45
0
10
20
30
Demand
Satisfaction
Actual
Demand
Completed
Calls

Fig. 5

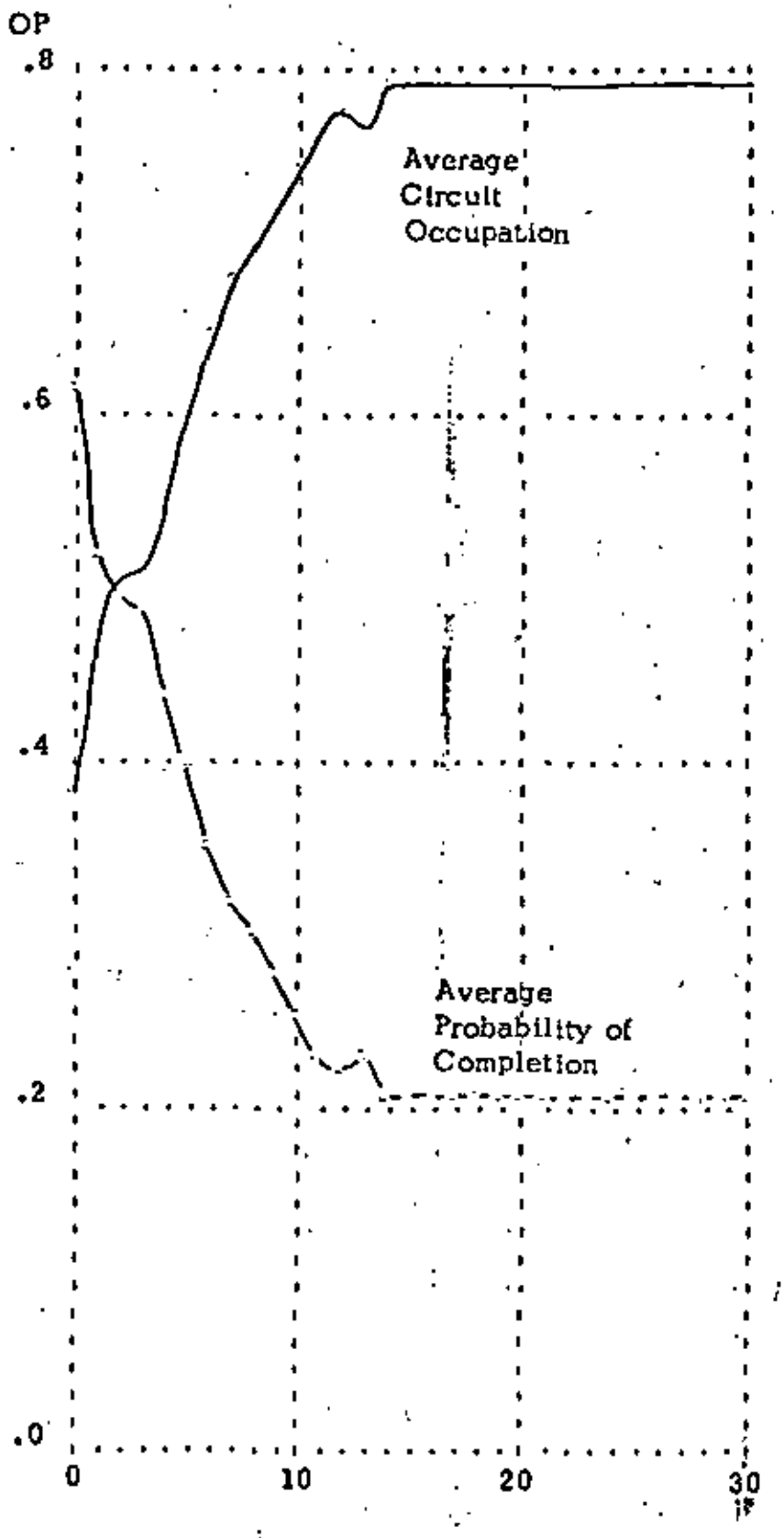

OP
.8
.6
.4
.2
.0
0
10
20
30
Average Circuit Occupation
Average Probability of Completion

Fig. 6

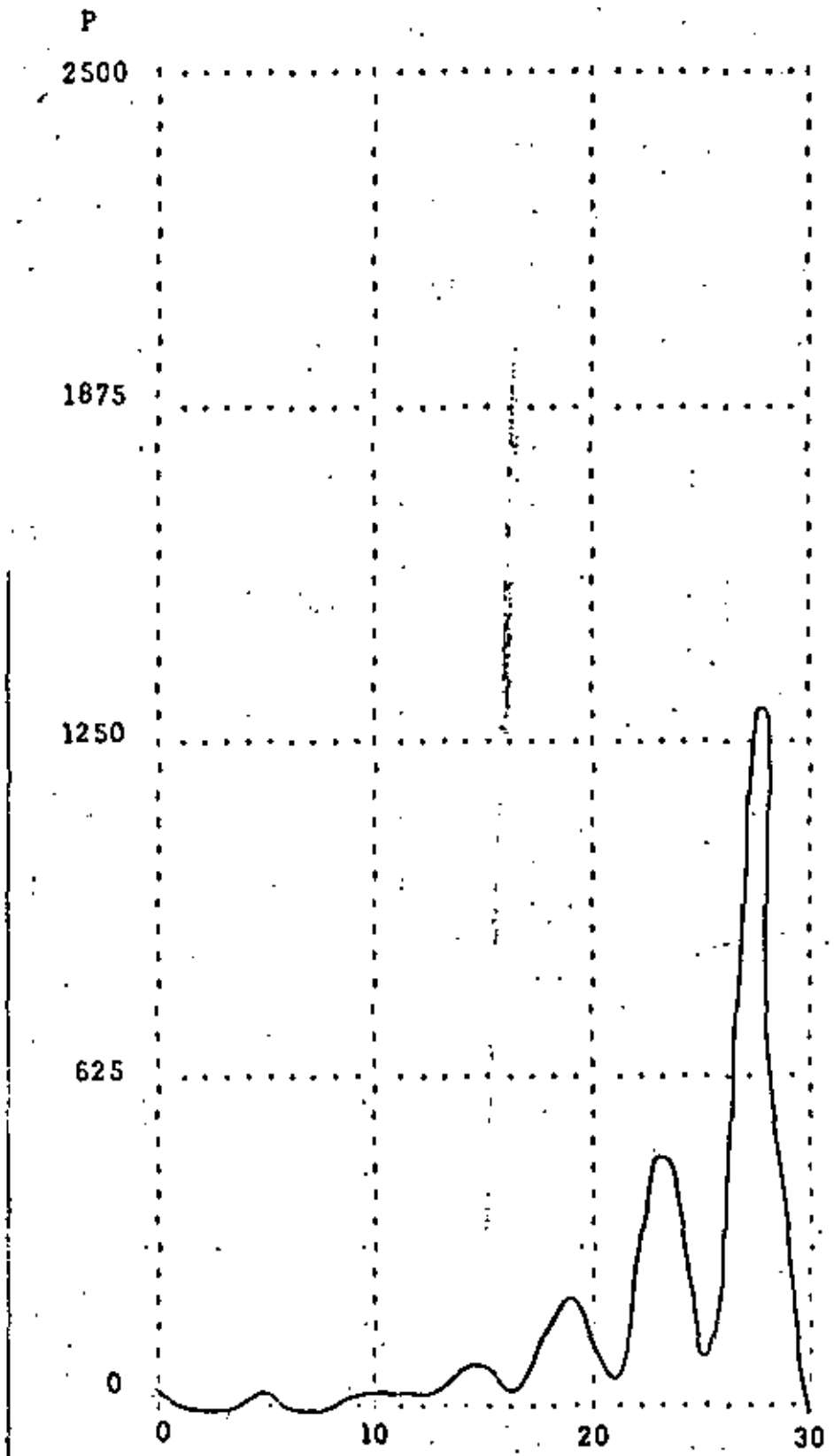
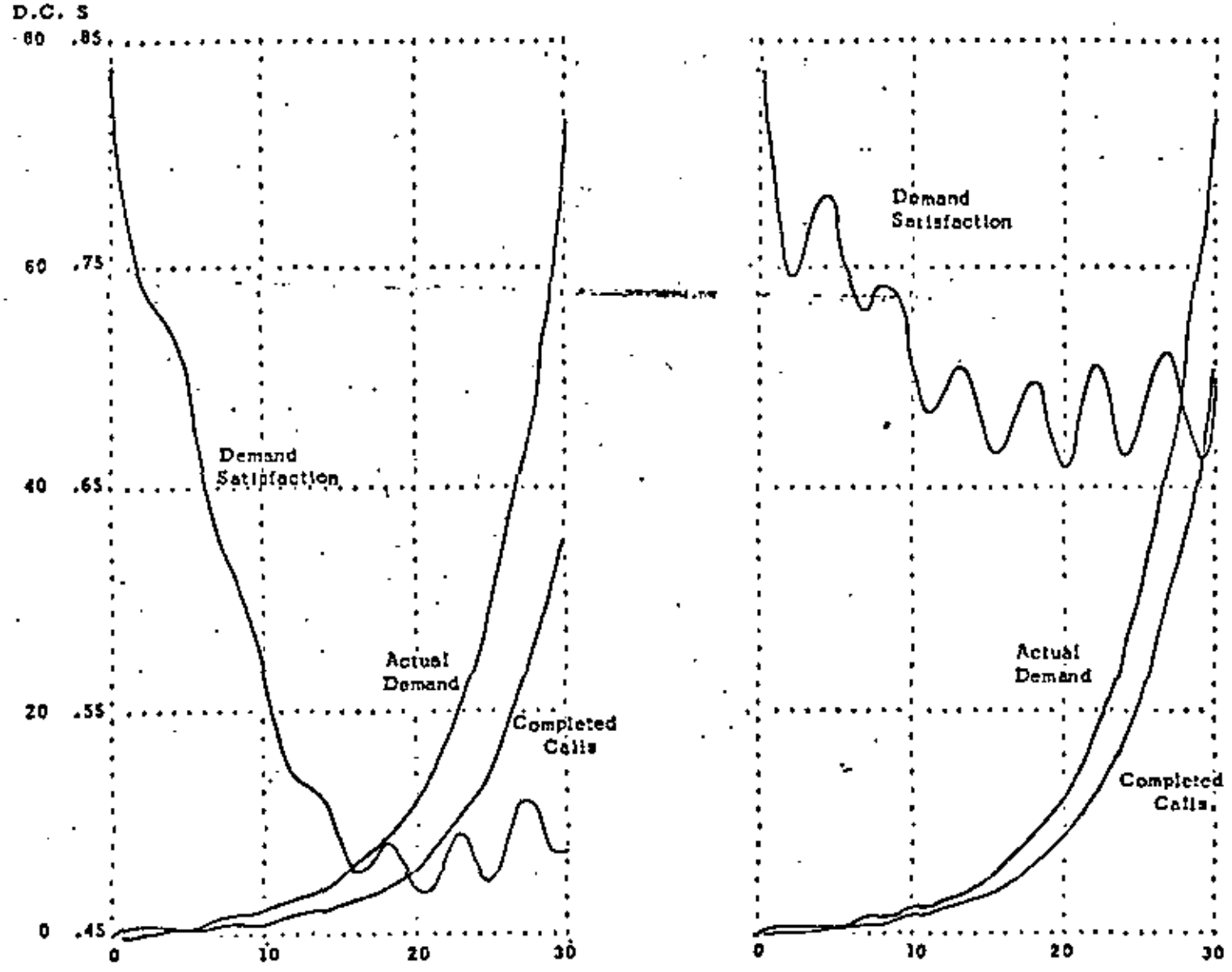


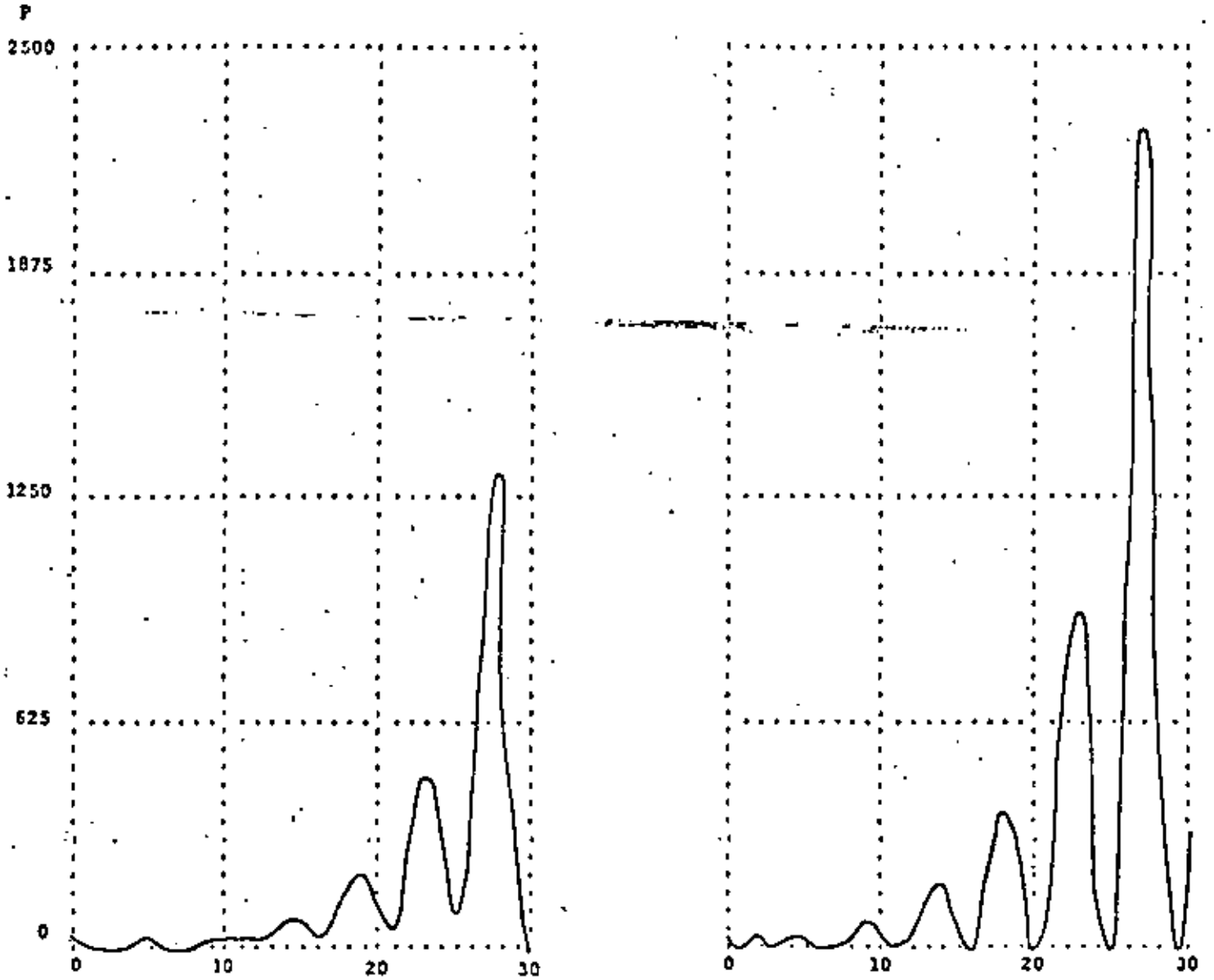
Fig. 7 ANNUAL CIRCUIT ORDERS



ACTUAL POLICY

30% MARGIN OF SPARE CAPACITY

Fig. 8



ACTUAL POLICY

30% MARGIN OF SPARE CAPACITY

Fig. 9

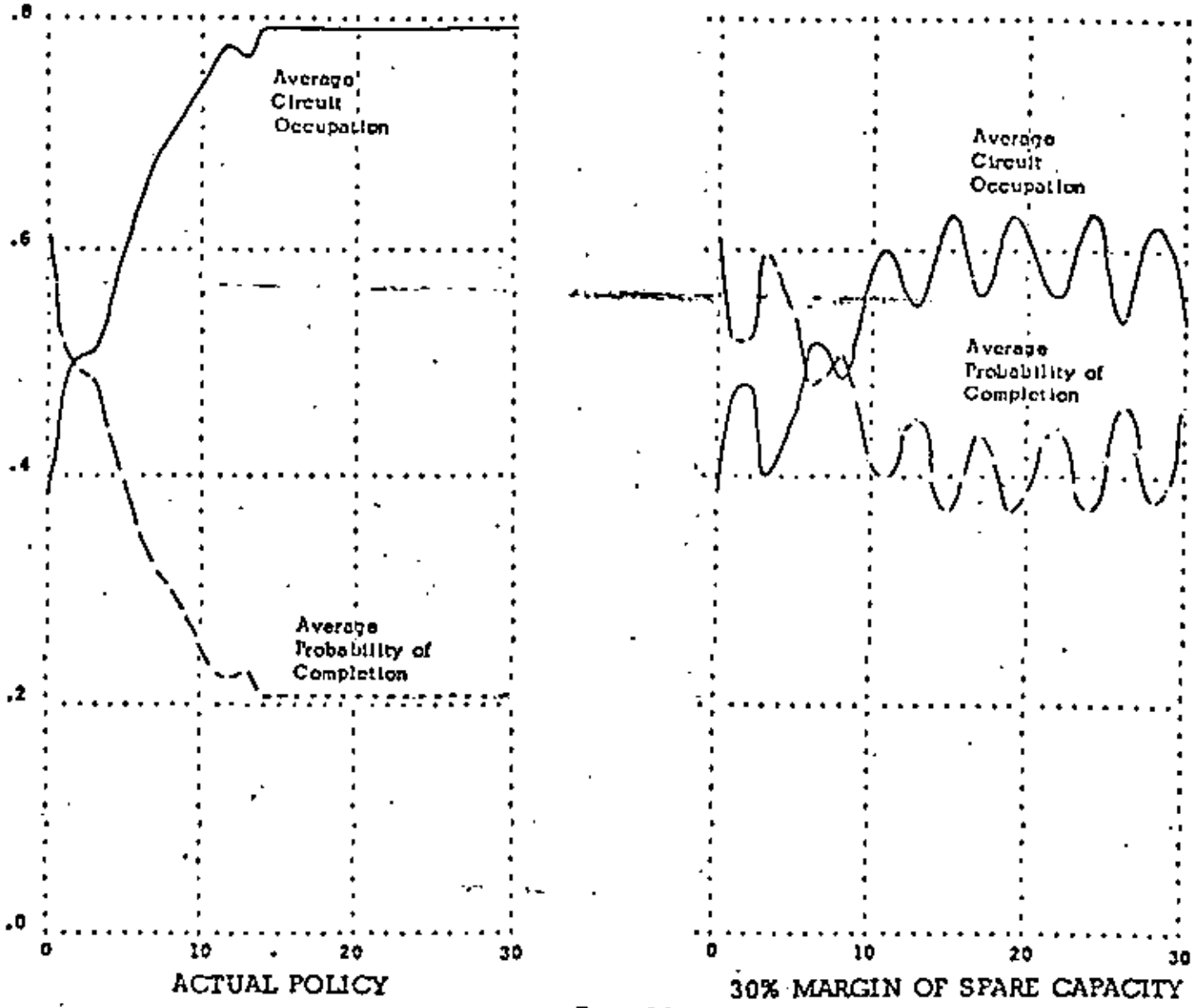
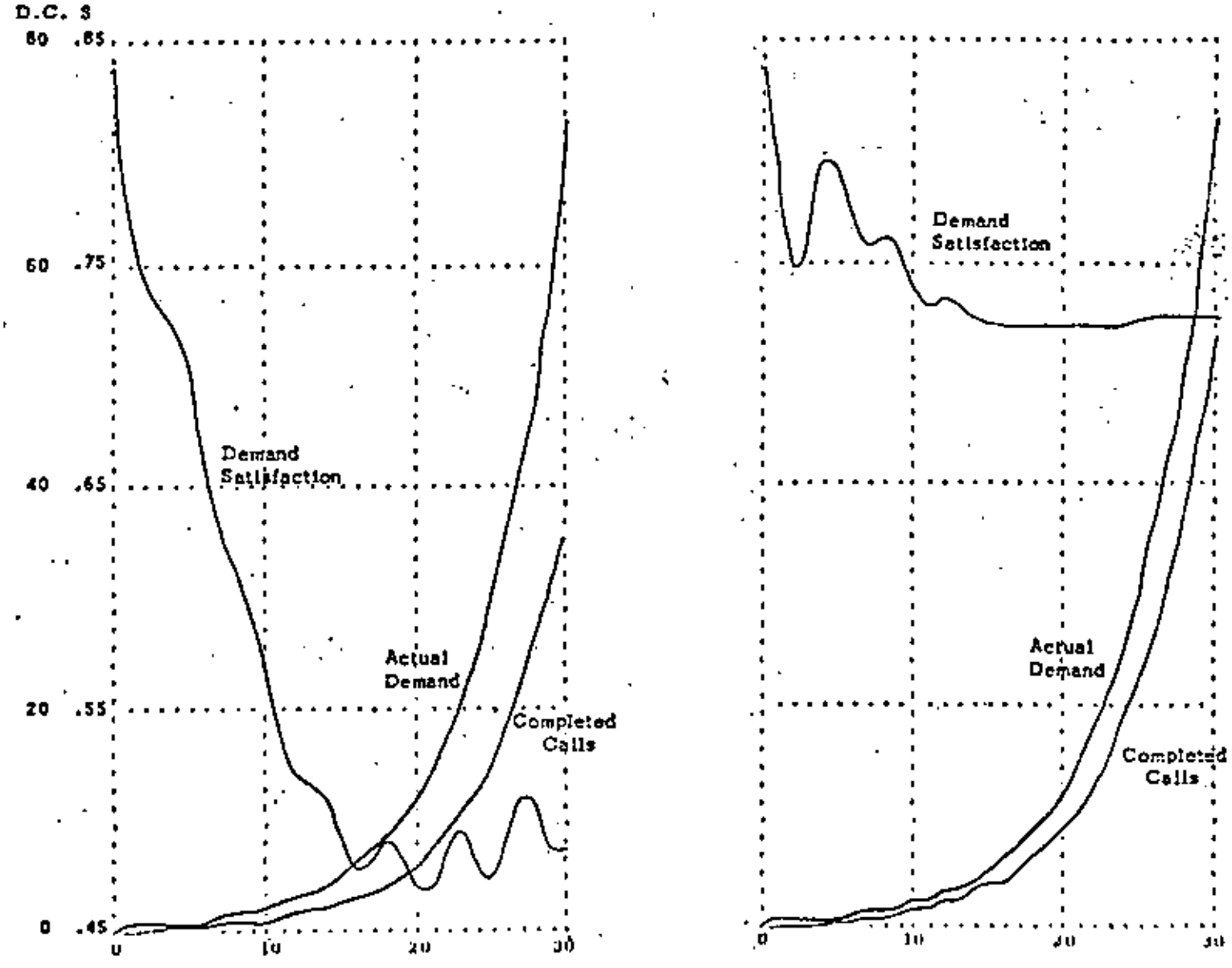

.8
.6
.4
.2
.0
0
10
20
30
Average Circuit Occupation
Average Probability of Completion
ACTUAL POLICY
Average Circuit Occupation
Average Probability of Completion
0
10
20
30
30% MARGIN OF SPARE CAPACITY

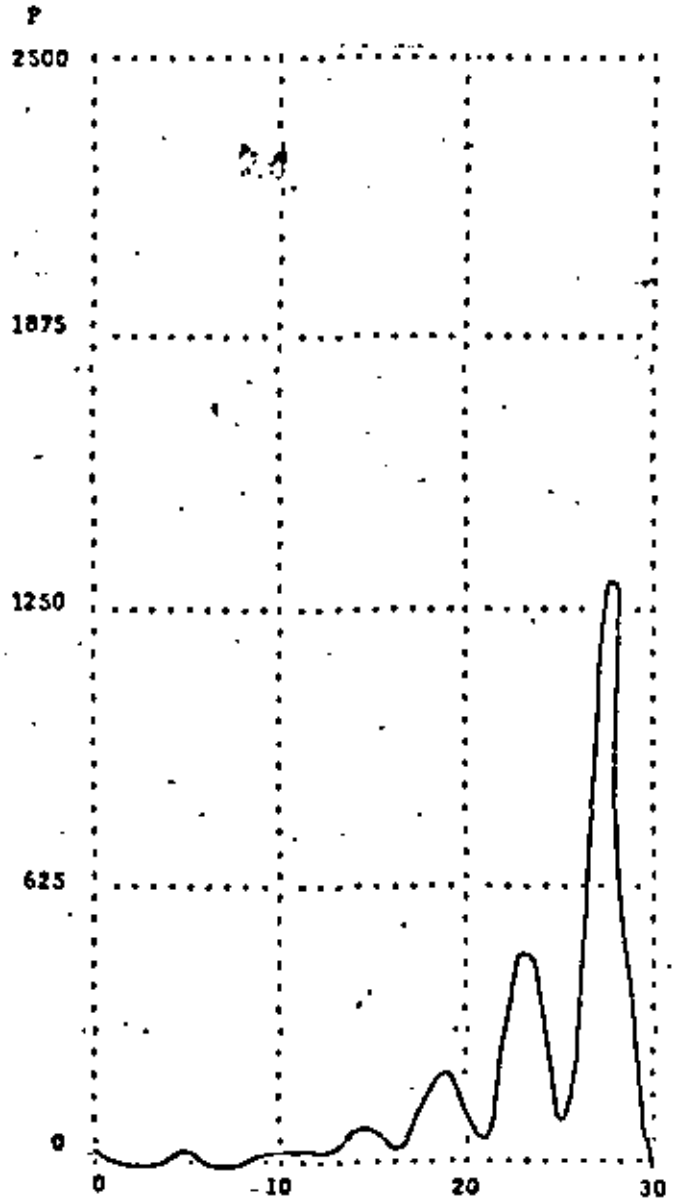
Fig. 10



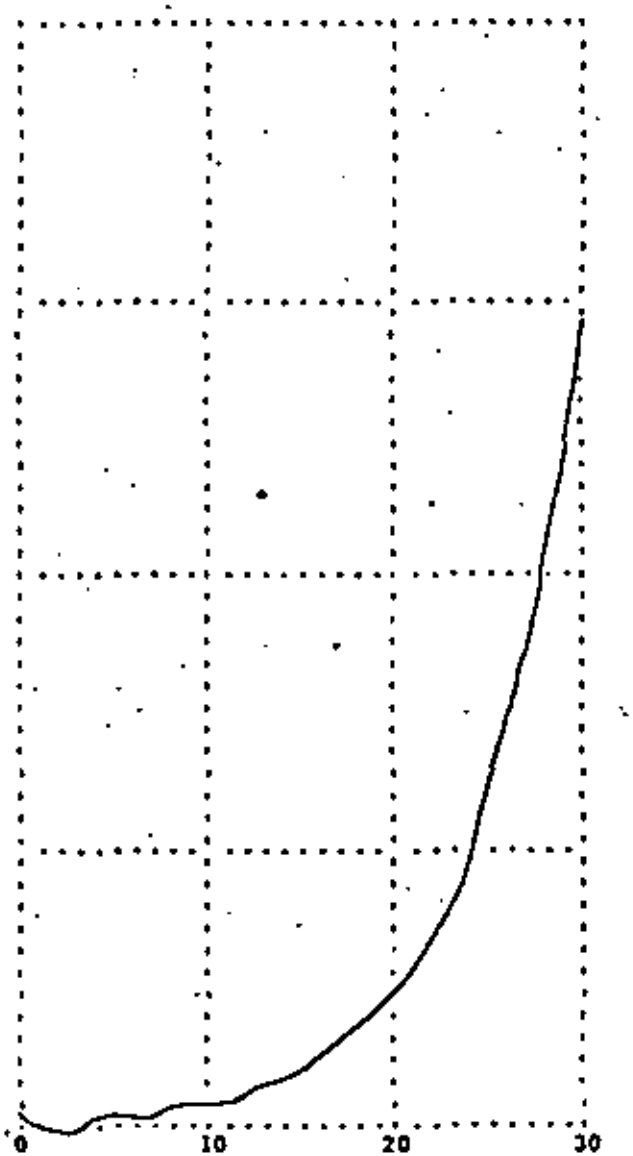
ACTUAL POLICY

30% MSC AND FF + FB

Fig. 11

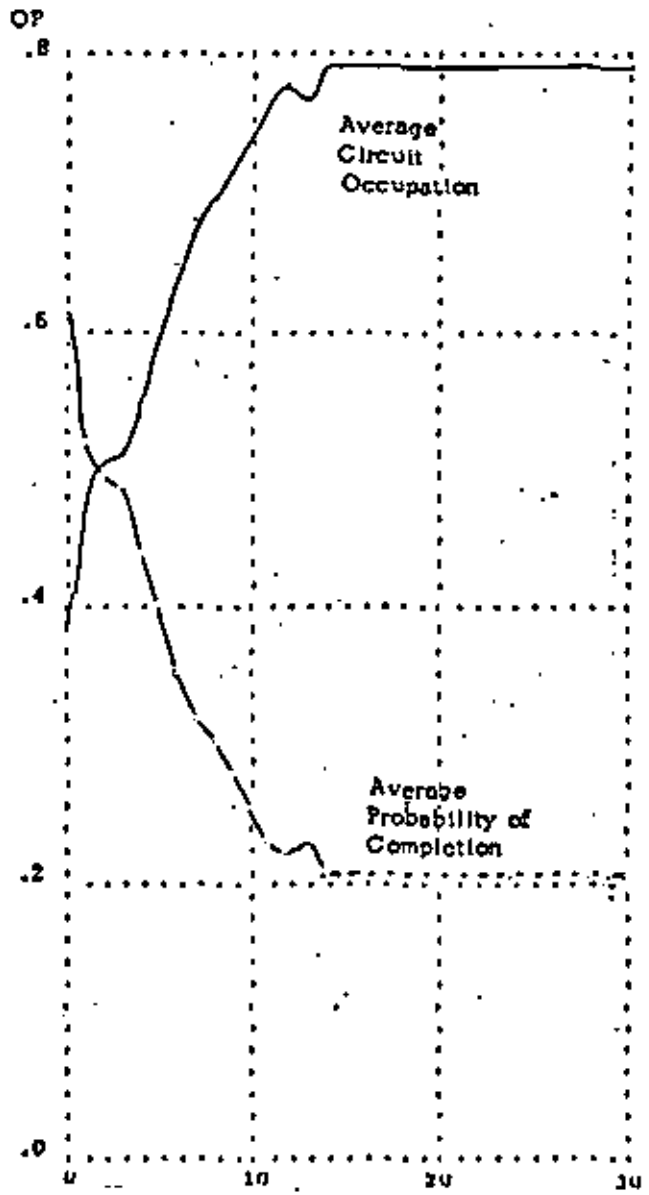


ACTUAL POLICY

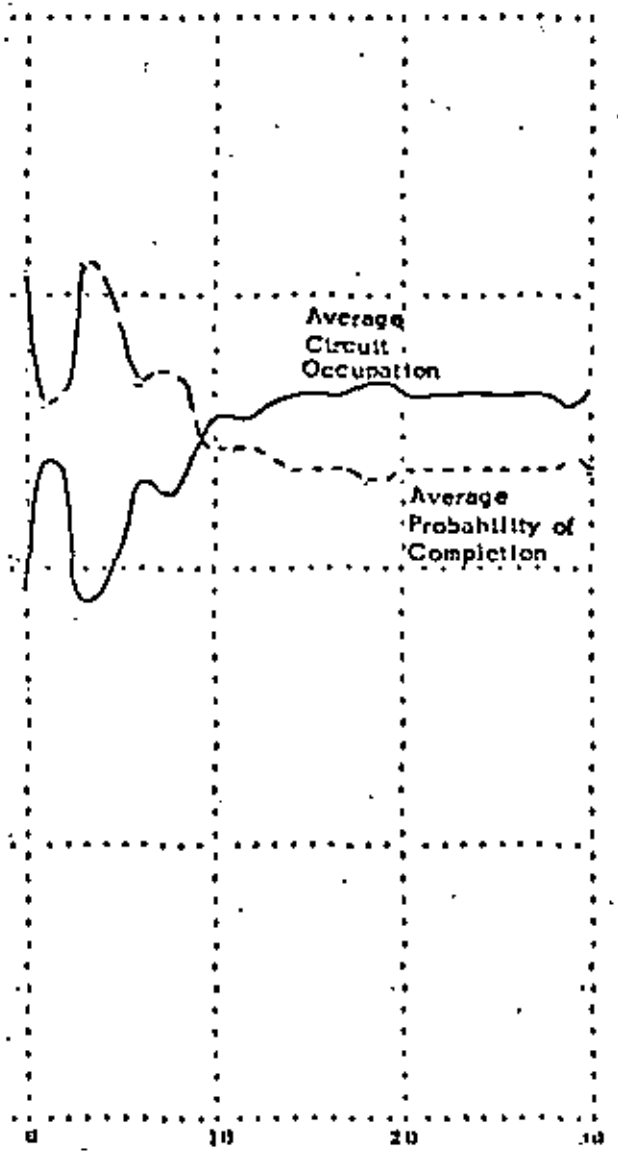


30% MSC AND FF + FB

Fig. 12



ACTUAL POLICY



30% MSC AND FF + FB

Fig. 13

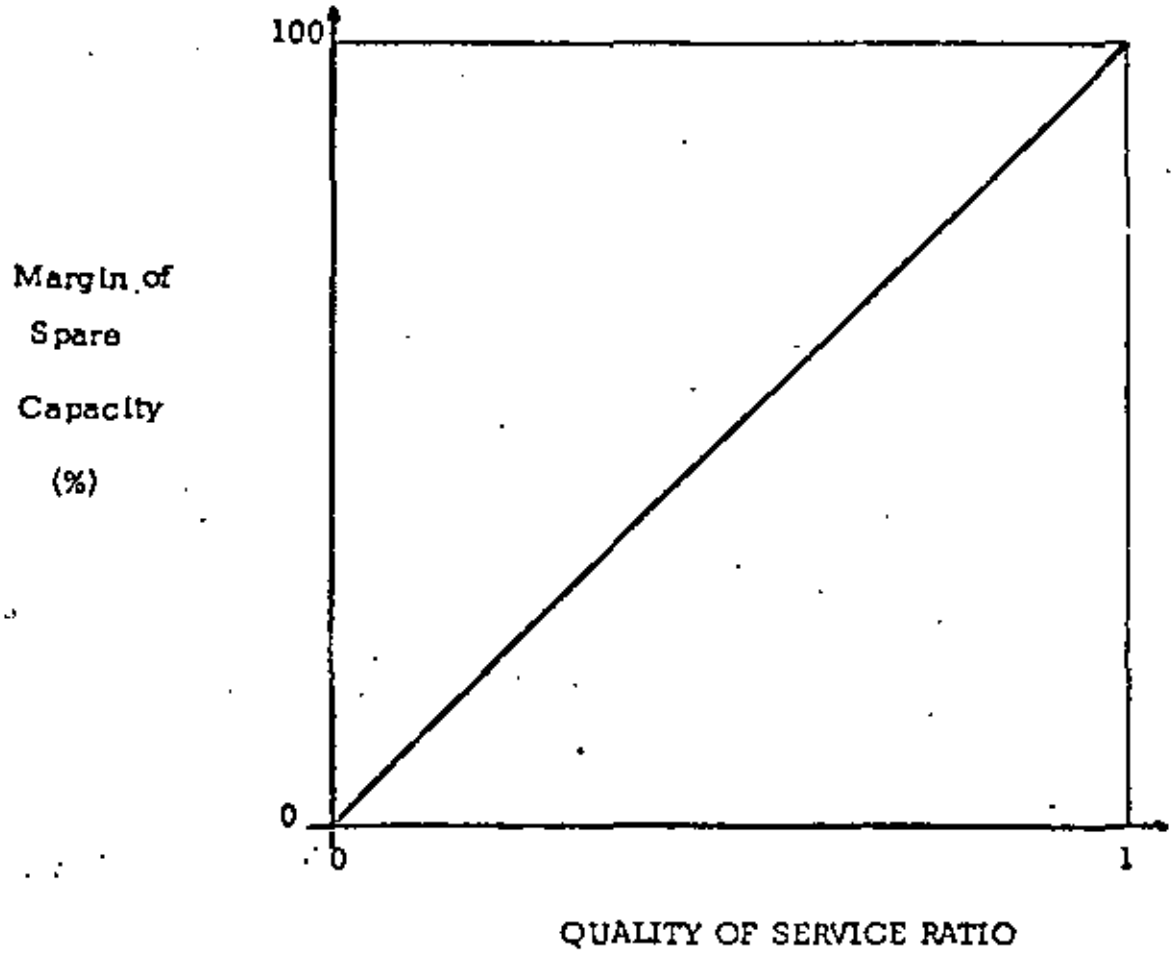
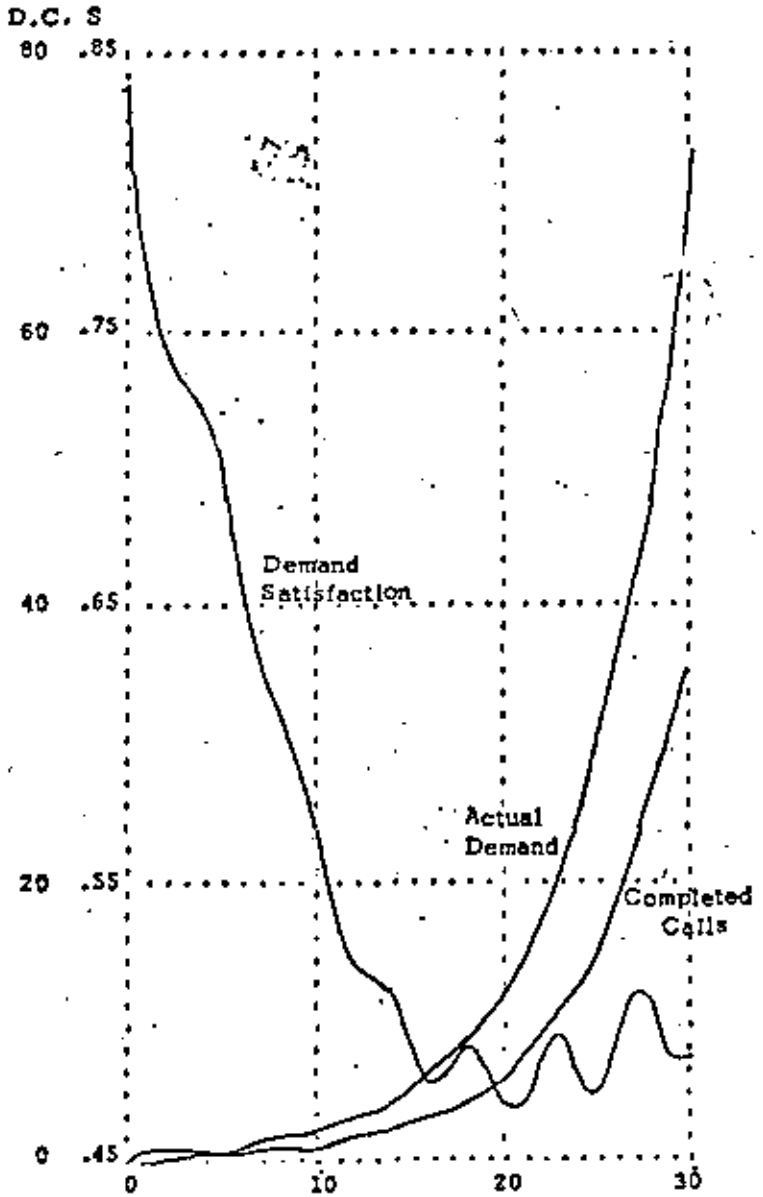
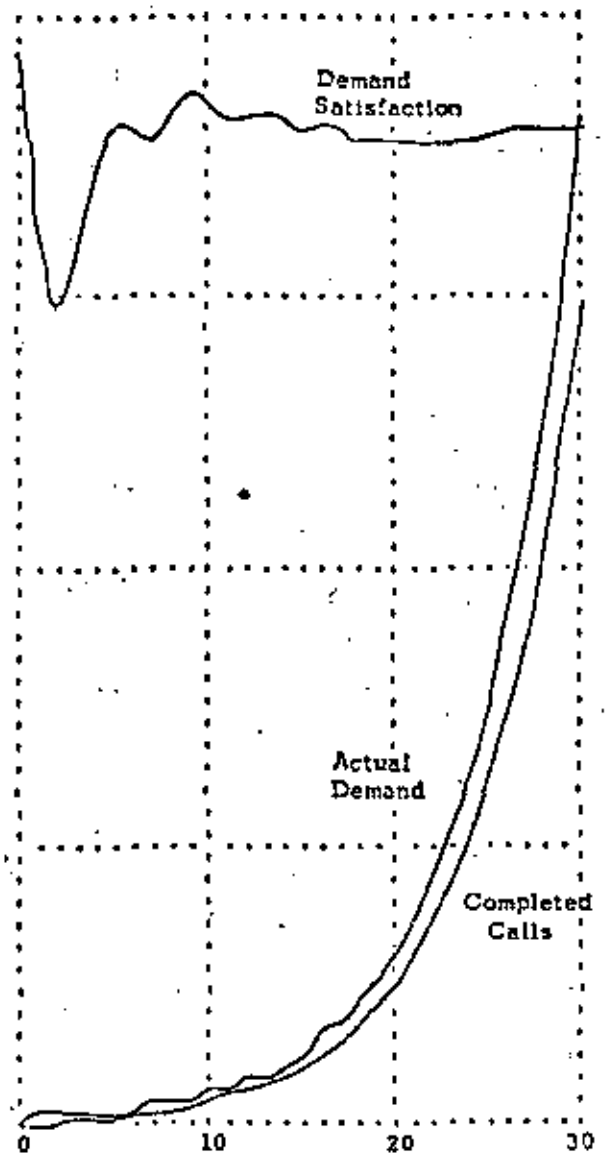


Fig. 14 VARIABLE MARGIN OF SPARE CAPACITY

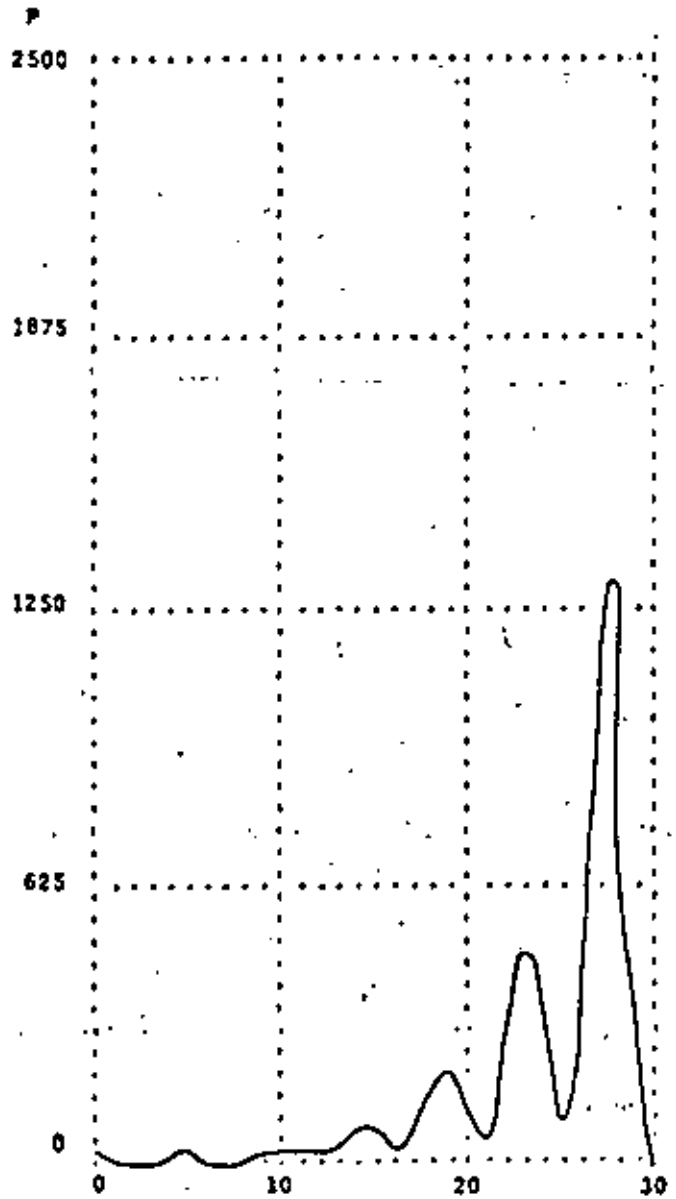


ACTUAL POLICY



VARIABLE MARGIN OF SPARE CAPACITY AND FT + FB

Fig. 15



ACTUAL POLICY

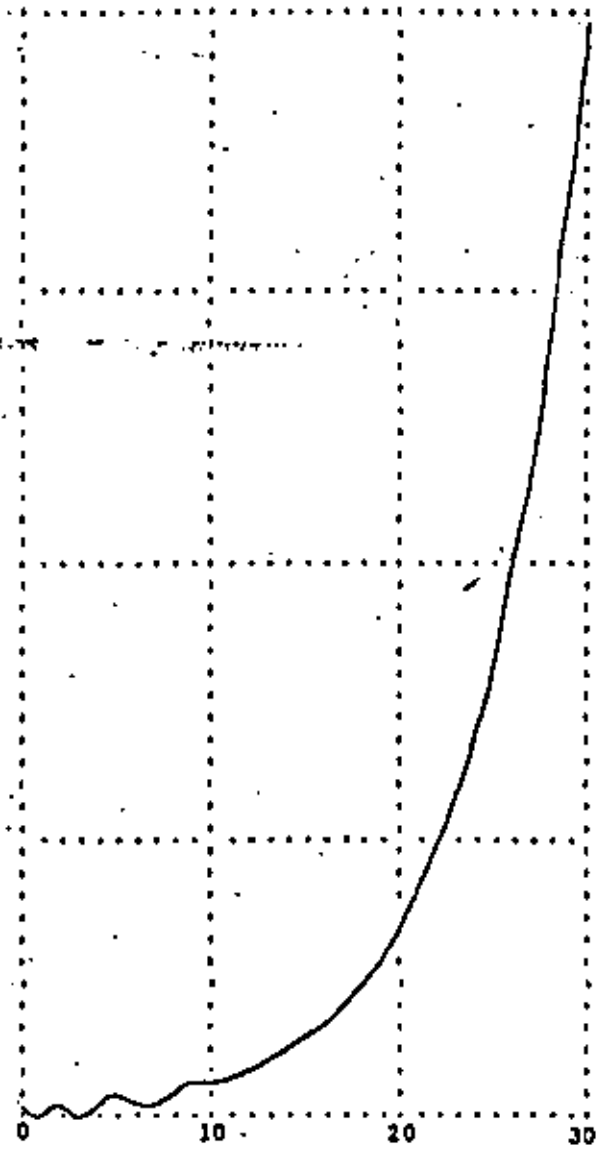
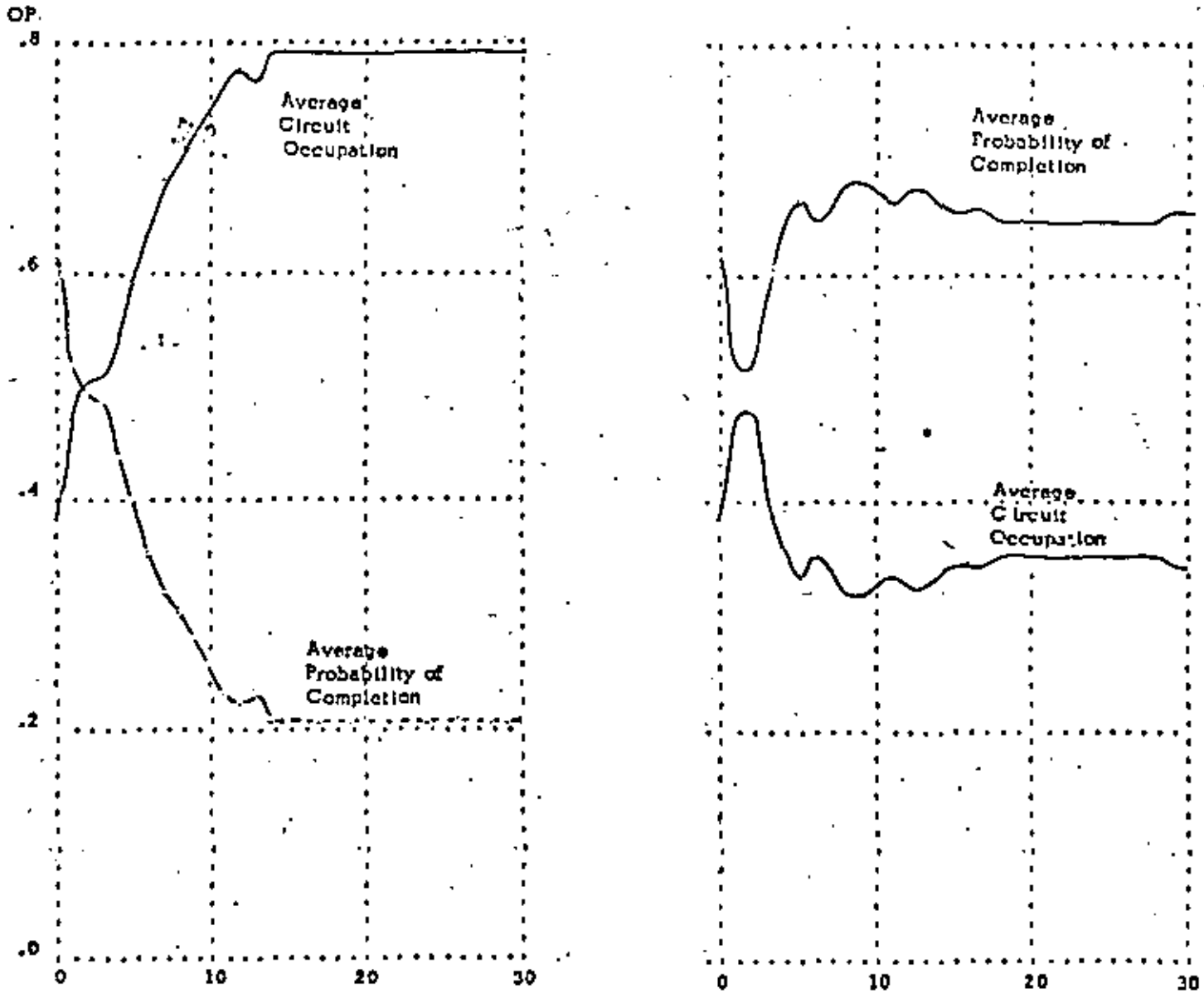


Fig. 16 VARIABLE MARGIN OF SPARE CAPACITY AND FF + FB



ACTUAL POLICY

Fig. 17

VARIABLE MARGIN OF SPARE CAPACITY AND FF + FB

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

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA

EL MODELO DE LA SIMULACION DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

DR. ENRIQUE ZEPEDA

OCTUBRE 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

EL MODELO DE SIMULACION DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

La presentación del complejo sistema de ecuaciones que conforma el modelo de simulación escapa a los fines que se persiguen en este libro. Basta representar en forma esquemática las interrelaciones de causa-efecto que se presentan entre las variables de mayor relevancia, (ver diagrama 1). Se puede apreciar cómo las variables de política afectan el comportamiento de la industria al inducir cambios en alguna de las tres áreas fundamentales de decisión de las empresas: producción y ventas de cemento, expansión de la capacidad instalada y finanzas.

Los parámetros del modelo pueden clasificarse en tres categorías: aquéllos que se conocen con exactitud y acerca de los cuales se dispone de información precisa en el momento de elaborar el modelo, como por ejemplo la capacidad instalada actual, construcciones en proceso, y la magnitud de las interrelaciones entre las variables[2]; los parámetros cuyo valor se debe estimar y pronosticar, típicamente la demanda de cemento, y por último, los instrumentos de política que incluyen el precio de venta del cemento, la tasa promedio de impuestos, la tasa de depreciación y subsidios a los diferentes insumos que intervienen en la producción de cemento.

Combinando diversos pronósticos sobre las variables que se des

(2) Cálculos en base a los datos recabados por la Encuesta del Cemento. Oficina de Asesores del C. Presidente.

conocen con diferentes opciones de política se generaron cuatro escenarios que pudiesen caracterizar el entorno futuro de la industria, con el objeto de analizar el comportamiento de las diversas variables en cada uno de ellos. Como horizonte de planeación se tomó el período 1980-1994. No es conveniente considerar un período mayor, pues existiría una probabilidad más alta de que se presentaran factores imponderables, con lo que las conclusiones perderían confiabilidad. El que se haya escogido precisamente 1994 como el año final, obedece a que la planeación no puede ir desligada de la cronología política.

La gran constante en todos los escenarios es el comportamiento de la demanda. Se calculó econométricamente una relación proporcional entre la demanda de cemento y el Producto Interno Bruto, que resultó estadísticamente significativa. Los requerimientos futuros de cemento quedan así determinados por las tasas anuales de crecimiento de la economía, que se obtuvieron de las proyecciones que aparecen en el Plan Global de Desarrollo(3).

Se supuso también un mismo comportamiento del nivel general de precios en todos los escenarios(4). Además se mantuvieron constantes en cada uno de ellos la tasa promedio de impuestos y la tasa de depreciación. En el diagrama 1 se observa que su modificación afectaría el flujo de cada de las empresas, en forma similar en la que lo haría un control al precio de venta del cemento o bien un subsidio a cualquiera de sus insumos.

(3) Se utilizó consumo nacional aparente (CNA). La relación que se obtuvo es CNA= - 4 527 230 + 40.4309 + PIB. Ver Anexo I

(4) Ver Anexo II

Por otra parte, no es recomendable que se comprometan todos -- los instrumentos disponibles de política en la planeación. Es prudente reservar algunos de ellos para corregir la tendencia de la industria en caso de que los resultados no fuesen los deseados.

Escenario 1: En un primer escenario, se simulan los efectos de adoptar una política de indexación del precio de venta del cemento al nivel general de precios, manteniendo al mismo tiempo los costos unitarios de los principales insumos constantes en su nivel nominal. Adelantando las conslusiones, es el escenario más favorable para el crecimiento de la industria de todos los que se consideraron.

En estas condiciones no se prevé ningún desequilibrio importante en las finanzas de las empresas. Los ingresos totales de la industria se mantendrían superiores a sus costos, y el flujo de caja permitiría un crecimiento continuo y sostenido de la inversión a lo largo de todo el período analizado, (ver gráfica 5.1).

A pesar de ello, a partir de 1984 la capacidad instalada sería insuficiente -en 10% - para satisfacer completamente la demanda y, lo que es aún más importante, dicho déficit se mantendría a lo largo de todo el período que constituye el horizonte de planeación. La explicación de ello es el bajo nivel de las inversiones realizadas de 1974 a 1978, que repercute apenas a

partir de ese año. El precio del cemento, indexado a la tasa de inflación, y por lo tanto constante en su nivel real, no capta el exceso de demanda que se registra en el mercado evitando que la industria se ajuste y logre nuevamente un equilibrio.

Escenario 2: Este escenario se genera al combinar un subsidio al combustóleo con un control rígido al precio del cemento, que lo mantiene en 2,000 pesos/ton. a partir de 1980. Más que plantearse aquí condiciones que pudiesen prevalecer en el entorno, se busca determinar el margen de maniobra con el que cuentan las autoridades comerciales para negar aumentos al precio del cemento, en caso de que éstos sean solicitados.

Bajo estos supuestos, los ingresos totales de la industria se mantendrían por encima de los costos hasta 1986, siendo el flujo de caja suficiente para permitir un crecimiento continuo de la inversión hasta 1987. Si bien la capacidad instalada de la industria no cubre la demanda a partir de 1984, el déficit representa menos de 10% de la demanda hasta 1989. En los años siguientes se incrementa rápidamente hasta rebasar 30% en 1994, (ver gráfica 5.2.)

En conclusión, la política que aquí se simula no tiene efectos negativos en el corto plazo, si bien resulta claro que a largo plazo el incremento inflacionario en el costo de los insumos - excepto combustóleo - corroe gradualmente el precio controlado y en esa medida inhibe la inversión. Así pues, existe un

margen de seis años durante el cual se pueden negar aumentos - al precio del cemento - sin dañar las finanzas de la empresas- si consideraciones políticas o macroeconómicas así lo exigen.

Escenario 3: En este caso se plantean condiciones aún más adversas a la industria cementera, pues se mantiene el rígido control al precio del cemento y se elimina el subsidio al combustóleo. Fundamentalmente se busca conocer lo mismo que en el escenario anterior, y es de esperarse que se produzcan los mismos efectos, pero acentuados.

En realidad es precisamente eso lo que ocurre. Los costos sobrepasan ahora a los ingresos en 1985 y a partir de entonces - crecen considerablemente reduciendo drásticamente las utilidades de las empresas. La inversión anual alcanza su máximo en 1985 y en un monto que es 50% inferior al máximo que se lograría de haberse preservado el subsidio al combustóleo. Al deterioro del flujo de caja acompaña un aumento sustancial en el - déficit de capacidad, que para 1994 sería de casi 40%.

Debo hacerse notar, que, en similitud con los dos escenarios - anteriores, la capacidad productiva es superior a la demanda - hasta 1984. Por contra, el margen de maniobra durante el cual se pueden negar ajustes al precio del cemento se reduce a cuatro años únicamente, (Ver gráfica 5.3.)

Escenario 4: Por último, se plantea un escenario en el que -

se ha eliminado el subsidio al combustóleo y se conceden aumentos continuos al precio de venta del cemento, aunque con un retraso de dos años respecto al nivel general de precios. El objetivo consiste en simular un rezago entre la solicitud de aumentos y la concesión de éstos.

En un entorno así, la eliminación del subsidio al combustóleo no impide que se generen utilidades a lo largo de todo el período, si bien éstas no crecen en la misma forma en la que lo hacían cuando el precio del cemento estaba indexado. Así, la inversión anual se vería considerablemente estimulada, permitiendo una expansión continua de la capacidad instalada. Sin embargo, en este caso como en los anteriores, la demanda rebasa a la capacidad de 1984 y el déficit, aunque menor al 10% persiste hasta el final del período. La caída de la capacidad por debajo de la demanda se debe, nuevamente, a las insuficientes inversiones realizadas de 1974 a 1978, (Ver gráfica 5.4).

Existen varios elementos comunes en los resultados obtenidos para los cuatro escenarios. En primer lugar, la demanda supera a la capacidad instalada en 1984. Independientemente de la política de precios que se adopte existirá un déficit que no se cubrirá en su totalidad durante el período 1980-94, en caso de que no se implementen medidas correctivas. Con ésto se establece claramente que, si bien el control de precios y la eliminación de los subsidios afectan en forma negativa el flujo de caja y por tanto la inversión, no son responsables de los

faltantes de cemento que se presentarán a partir de 1984. Estos serán consecuencia de las bajas inversiones registradas en años anteriores.

Debe concluirse que los aumentos de precios contribuyen a evitar el deterioro de la posición financiera de las empresas. No son suficientes, empero, para lograr que la capacidad productiva crezca al mismo ritmo en el que se espera lo haga la demanda. Se requiere, como condición indispensable, que a los aumentos de precios se sume un cambio en la política de adquisición de capacidad de las empresas para evitar desequilibrios futuros entre la oferta y la demanda.

5.3. Políticas de Adquisición de Capacidad

Es necesario diseñar, entonces, la política óptima de adquisición de planta y equipo. Se pusieron a prueba en el modelo dinámico de simulación tres políticas diferentes, dos de las cuales ya han sido utilizadas en la industria del cemento, en México.

Se simularon los efectos a corto, mediano y largo plazo, que produciría cada una de ellas bajo las condiciones que caracterizan el escenario 4.

Política I. La primera que se consideró es la política previa al compromiso de expansión contraído por las empresas ce-

menteras con el gobierno, que se resume en la fórmula siguiente:

órdenes de construcción	=	capasidad deseada	-	capacidad instalada	-	capacidad en construcción	+	desmontajes en planta

Los faltantes de cementos que en 1980 se hicieron particularmente notorios ilustran claramente la ineficacia de esta estrategia. Su defecto radica en que la capacidad deseada es estimada en función de los pronósticos de ventas, por lo que la inversión es tan inestable como las expectativas de los empresarios. La industria reacciona bruscamente ante cambios en la demanda a la que se enfrenta. Exactamente fue ésto lo que sucedió en 1976, haciéndose evidentes las consecuencias 4 años después.

En el supuesto caso de que esta política no se hubiese modificado, el riesgo de incurrir en un déficit de capacidad de 1985 en adelante sería muy alto, aún cuando el flujo de caja fuese suficiente para financier las inversiones que la demanda requeriría, (ver gráfica 5.5.)

Política 2. Otra estrategia, de uso generalizado en la industria, consiste en calcular los déficits de capacidad que se esperan en el futuro, determinar si las órdenes de construcción actuales son suficientes para cubrirlo y, en caso negativo, aplicar a dichas órdenes un factor proporcional de corrección que asegure un adecuado abastecimiento del mercado. Un ejemplo de la aplicación de esta política es el compromiso concertado en 1980 entre el gobierno y las empresas cementeras con el obje

to de duplicar la capacidad instalada para 1984, buscando lo-- grar una producción de 30 a 33 millones de toneladas en ese pe ríodo.

Sin embargo, una política así puede producir efectos desesta- bilizadores en la industria, ya que si aumentan considerablemen te las órdenes de construcción, por algún tiempo. De esta ma- nera se generaría un exceso de capacidad que hacia 1983 sería del orden de 34% de la demanda. La situación financiera de -- las empresas se deterioraría y reduciría su capacidad para -- amortizar la deuda involucrada en el financiamiento de las - - enormes inversiones de 1980. El freno subsecuente en la inver sión implica un alto riesgo de volver a una situación deficita ria a partir de 1990, (ver gráfica 5.6.).

Política 3. En vista de que la utilización de un factor de corrección proporcional al déficit de capacidad no produce los resultados deseados, se modificó la estructura de la política de adquisición introduciendo un elemento que asegure un compor tamiento estable en las órdenes de construcción. La estrate-- gia consiste en incrementar dichas órdenes en un monto equiva- lente al crecimiento anual promedio de la demanda de cemento,- observando la fórmula siguiente:

órdenes de construcción	=	capacidad deseada	-	capacidad instalada	-	capacidad de const.	+	desmontajes en planta	+	crecim.anual prom.de dem.

Al introducirse este nuevo elemento se elimina la posibilidad del

"stop-go" característico de la política anterior. Las órdenes de construcción serían congruentes con el crecimiento de la demanda y no aumentarían ni disminuirían drásticamente en respuesta a cambios temporales en la tendencia de la misma. La industria reaccionaría suavemente ante los cambios permanentes.

De adoptarse esta política, el modelo de simulación predice que la capacidad instalada se mantendría por encima de la demanda durante todo el período comprendido entre 1980 y 1994, y que la inversión observaría un comportamiento estable, (Ver gráfica 5.7.).

La aplicación de ésta fórmula se ilustra en los cuadros 1 y 2[5]

Implementar esta política significa terminar con la inestabilidad en el abastecimiento de cemento, que es a su vez función de la inestabilidad en las inversiones. El cemento tiene el carácter de producto básico y, por ello, es imperiosa la necesidad de un mecanismo que, como éste, impida la insuficiencia cíclica que ha caracterizado a su oferta en los últimos años.

(5) Otra aplicación de esta política se encuentra en: "The Capacity Expansion Process in the U.K. Electricity Supply Industry - A System Dynamics Study". - Enrique Zepeda Bustos. PhD Thesis. University of Bradford, 1978.

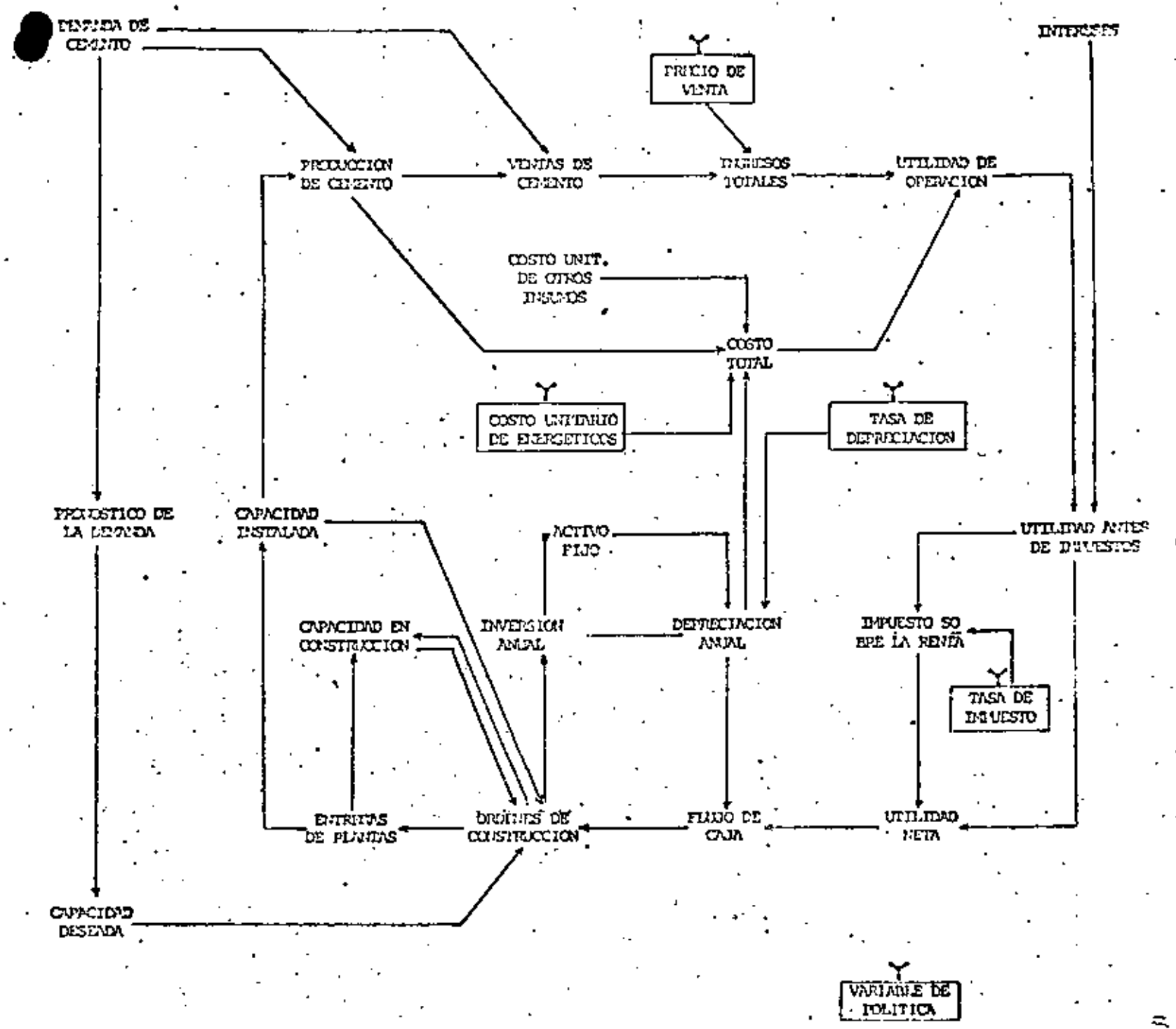


FIG. 2 DIAGRAMA DE CAUSA. EFECTO DEL MODELO DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO.

TABLA 1.

ESCENARIOS FUTUROS PROPUESTOS PARA EL ENTORNO DE LA INDUSTRIA MEXICANA DEL CEMENTO

VARIABLE / ESCENARIO	DEMANDA DE CEMENTO	PRECIO DE VENTA DEL CEMENTO	COSTO UNIT. DE CALIZA Y M. O.	COSTO UNITARIO DE COMBUSTOLEO	TASA DE DEPRECIACIÓN	TASA PROMEDIO DE IMPUESTO	OBSERVACIONES
1	Calculado - utilizando: % A PIB Variable (Anexo I)	$ 2,000/Ton. a partir de 1980	% A = 0 a partir - de 1980	% A = 0 a partir - de 1980	20% anual	60%	Precios de 1980 equivalente a precio de venta del Cemento Indexado.
2			% A Variable (Anexo II)	% A = % A del Precio Internacional (Anexo III)			Costos de Caliza y mano de obra crecen de acuerdo al escenario de inflación planteado en Anexo II. Se mantienen subsidio al combustóleo y control de precio de venta.
3				Aumento al 40% P.Intl. en 1988 y 80% P.Intl. en 1994 (Anexo III)			Se elimina el subsidio al combustóleo. Se mantiene el control del precio de venta del cemento
4		% A Variable (Anexo II)					Se liberará el precio de venta con respecto a [illegible] nivel general de precios proyectados en Anexo II.

FIGURA 3. ESCENARIO 1

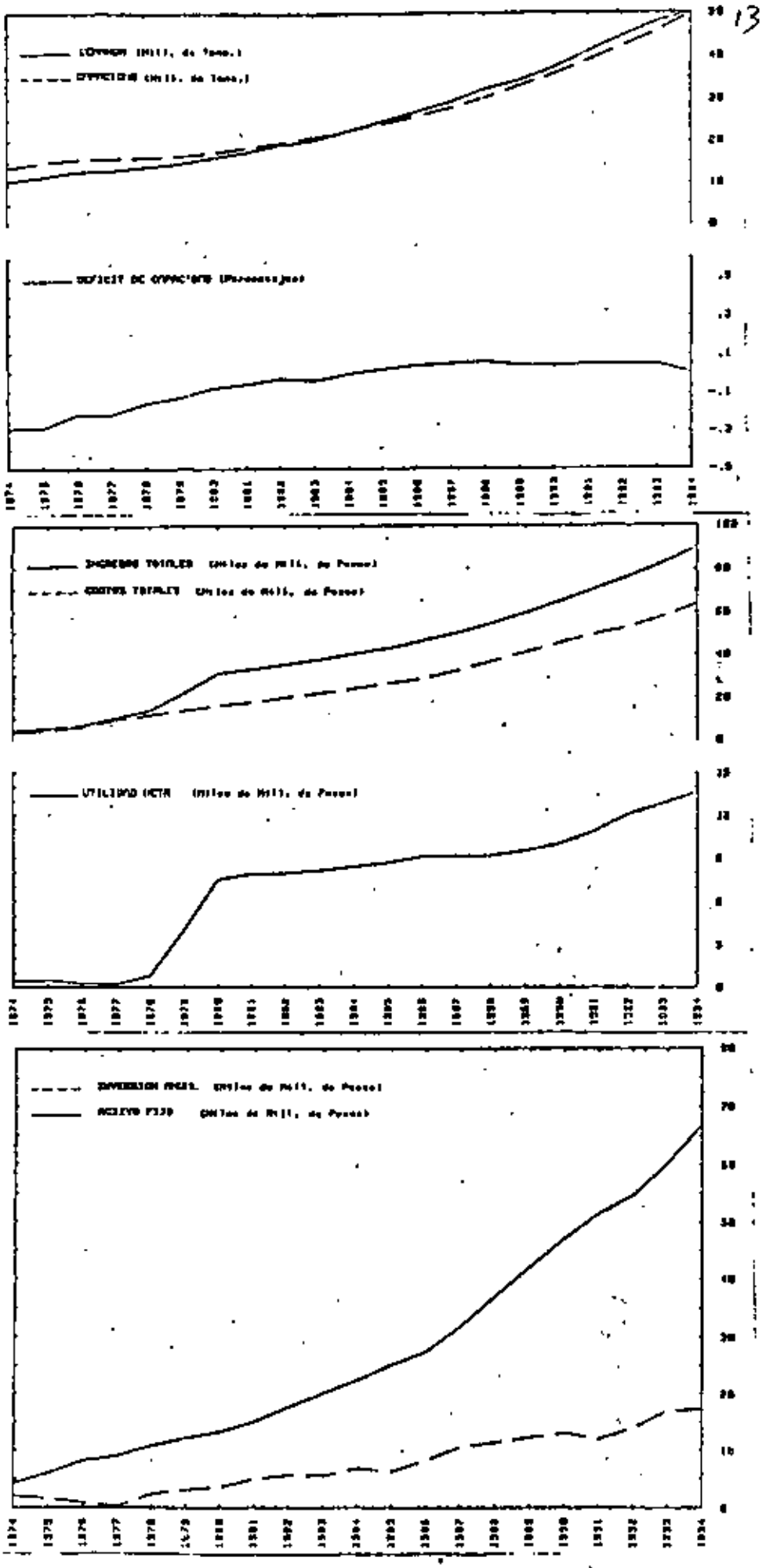


FIGURA 4. ESCENARIO 3

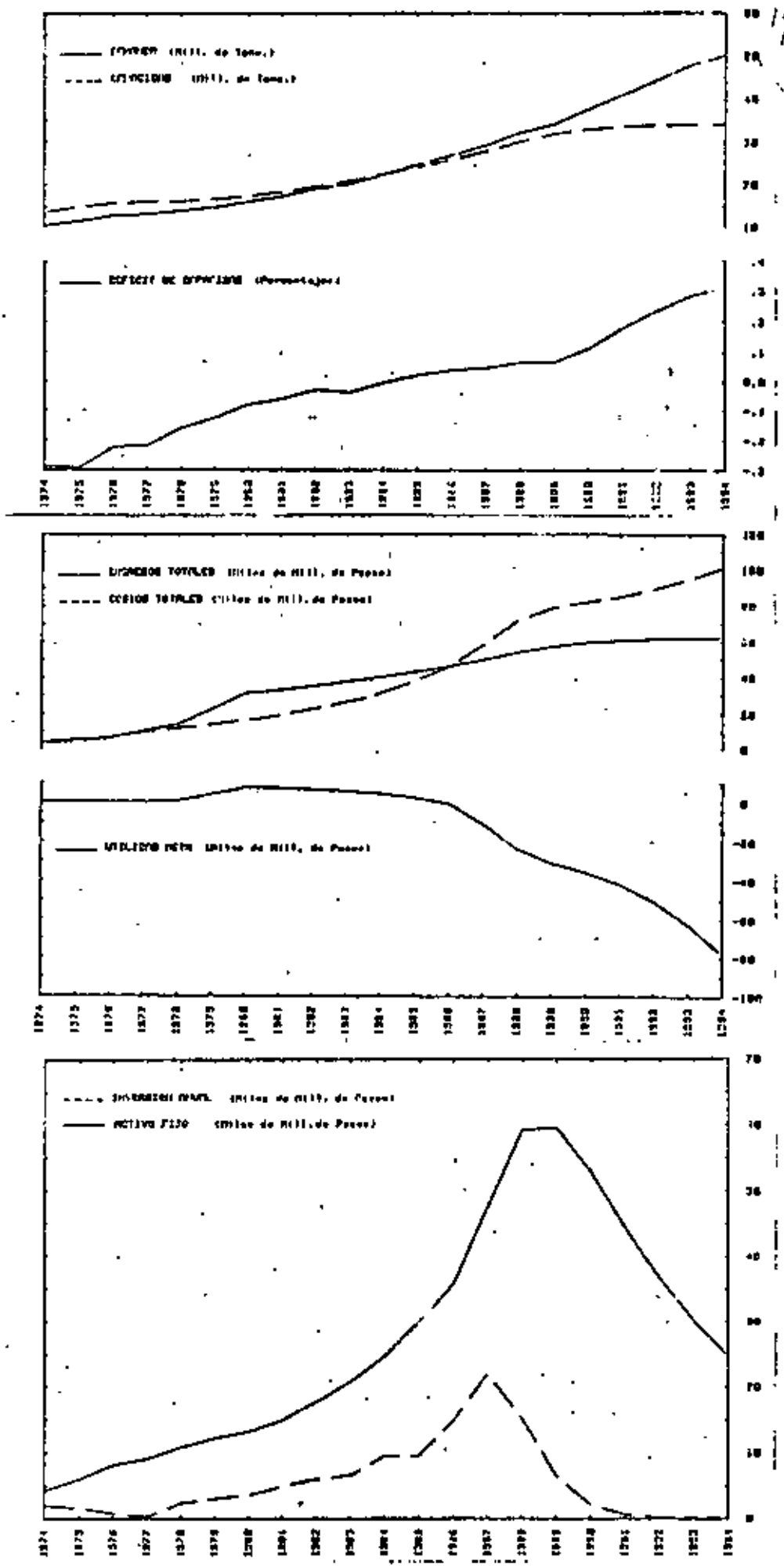


FIGURA 5. ESCENARIO 3

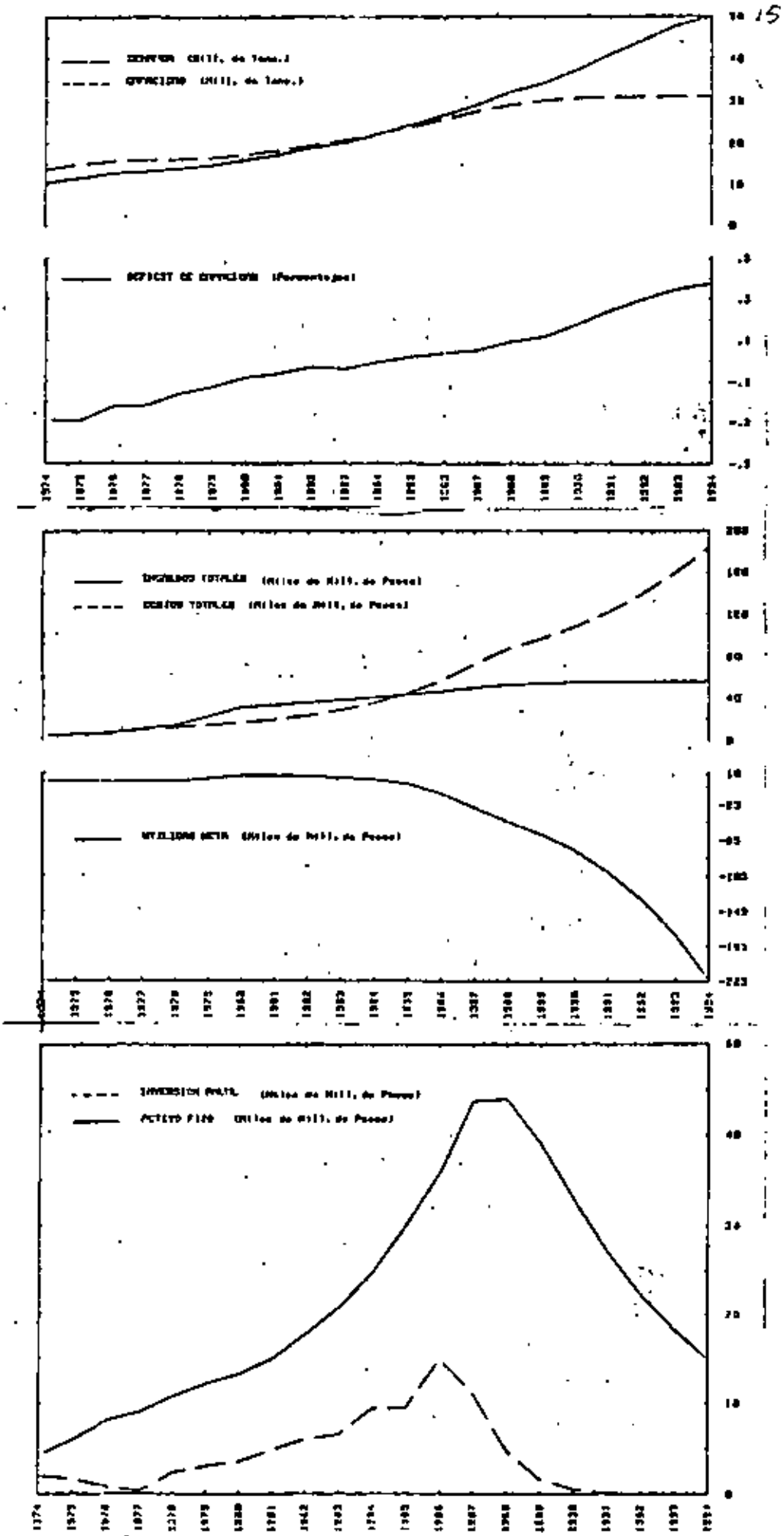
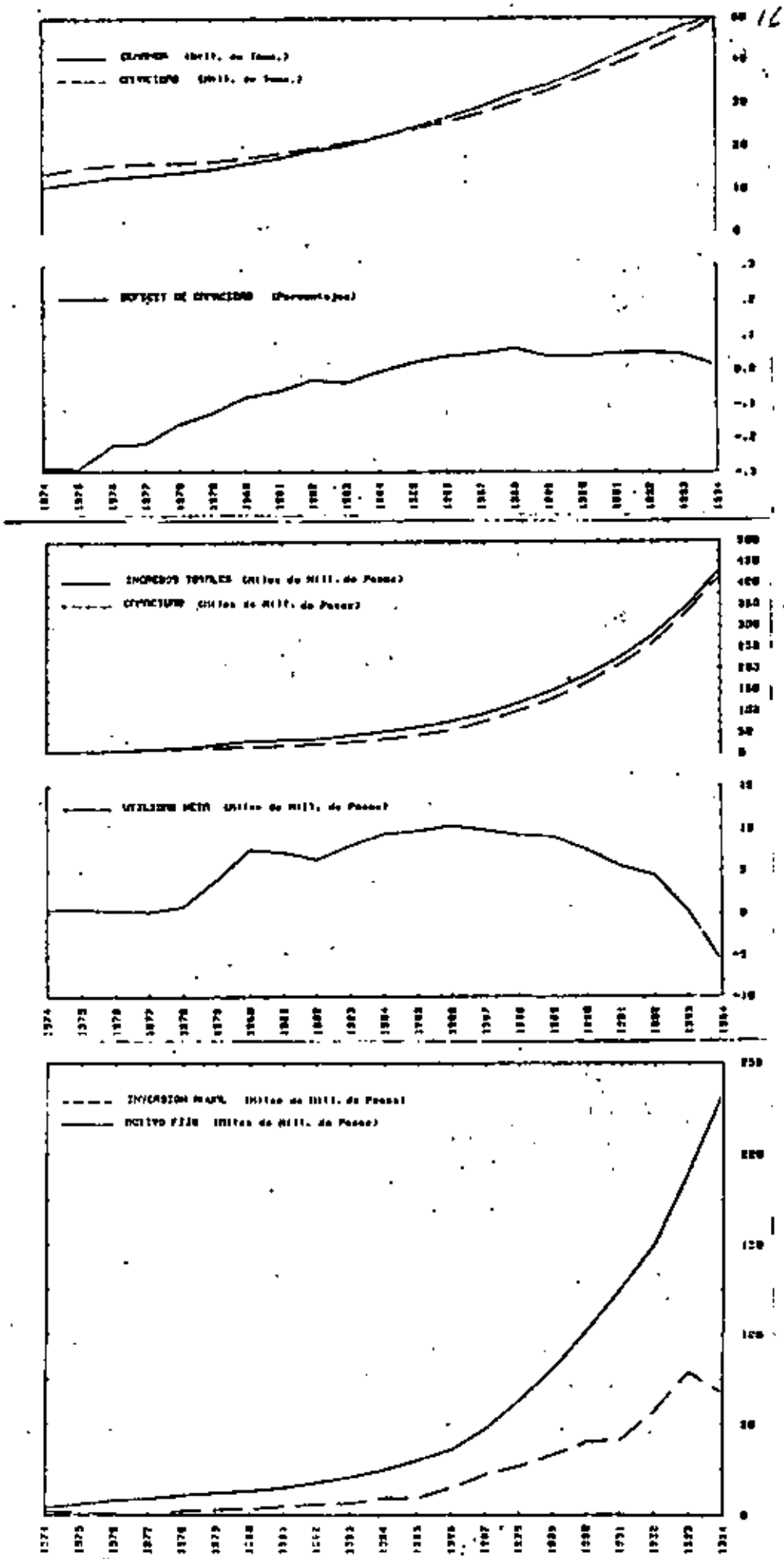


FIGURA 8. ESCENARIO 4



POLITICAS DE ADQUISICION DE CAPACIDAD

1.- Compromiso de Expansión con el Gobierno

$$\begin{bmatrix}\text{Ordenes de}\\ \text{Construcción}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\text{Factor de}\\ \text{Seguridad}\end{bmatrix} * \begin{bmatrix}\text{Capacidad}\\ \text{Deseada}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Capacidad}\\ \text{Instalada}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Capacidad en}\\ \text{Construcción}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{Desmontajes}\\ \text{de Plantas}\end{bmatrix}$$

2.- Política de Expansión previa al compromiso

$$\begin{bmatrix}\text{Ordenes de}\\ \text{Construcción}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\text{Capacidad}\\ \text{Deseada}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Capacidad}\\ \text{Instalada}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Capacidad en}\\ \text{Construcción}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{Desmontajes}\\ \text{de Plantas}\end{bmatrix}$$

3.- Política de Expansión Alternativa

$$\begin{bmatrix}\text{Ordenes de}\\ \text{Construcción}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\text{Capacidad}\\ \text{Deseada}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Capacidad}\\ \text{Instalada}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{Capacidad en}\\ \text{Construcción}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{Desmontajes}\\ \text{de Plantas}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{Crecimiento}\\ \text{Anual}\\ \text{Promedio de}\\ \text{la Demanda}\end{bmatrix}$$

FIG. 1 POLITICA PREVIA AL COMPROMISO DE EXPANSION

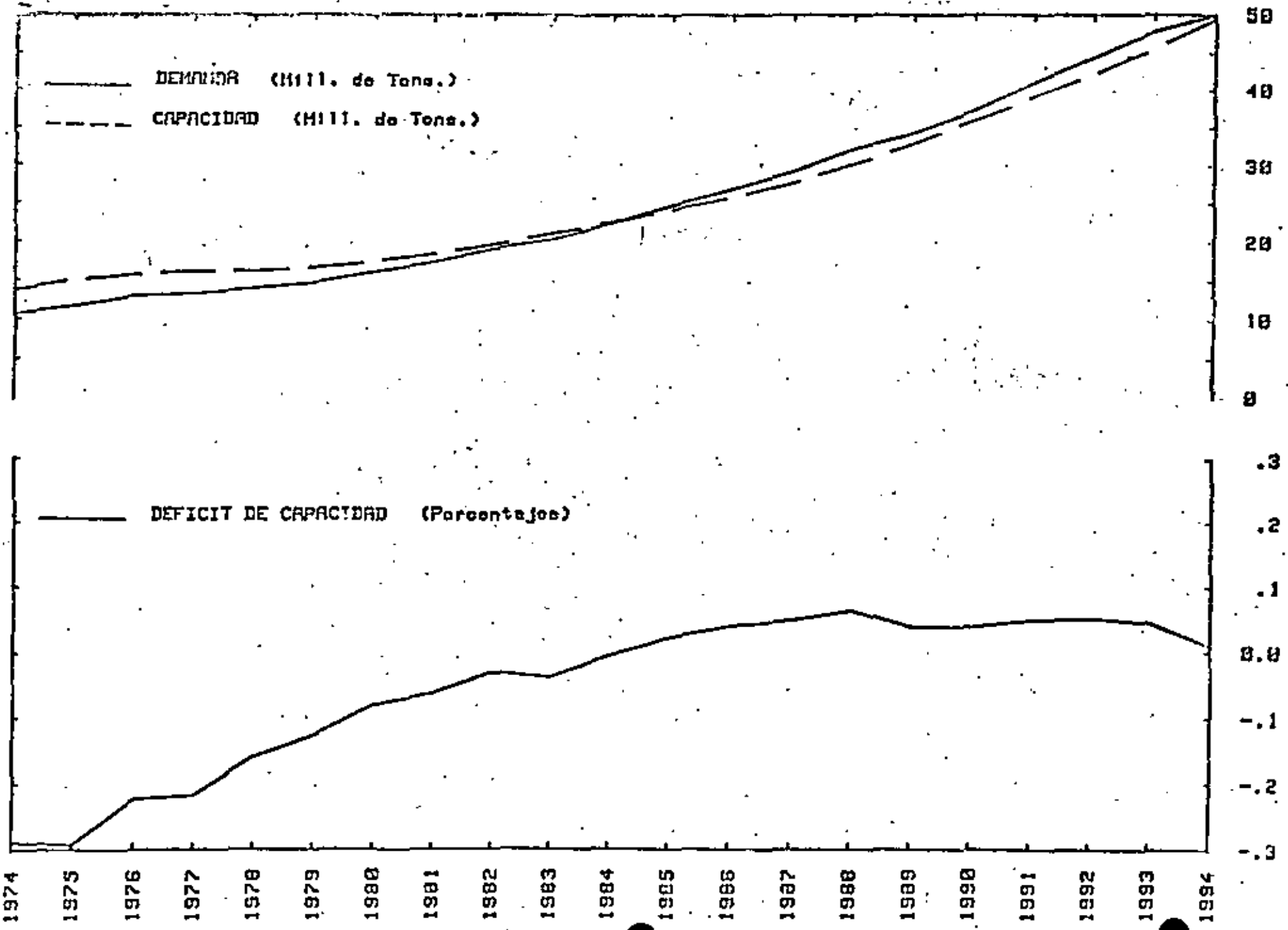


FIG. 1 POLITICA PREVIA AL COMPROMISO DE EXPANSION

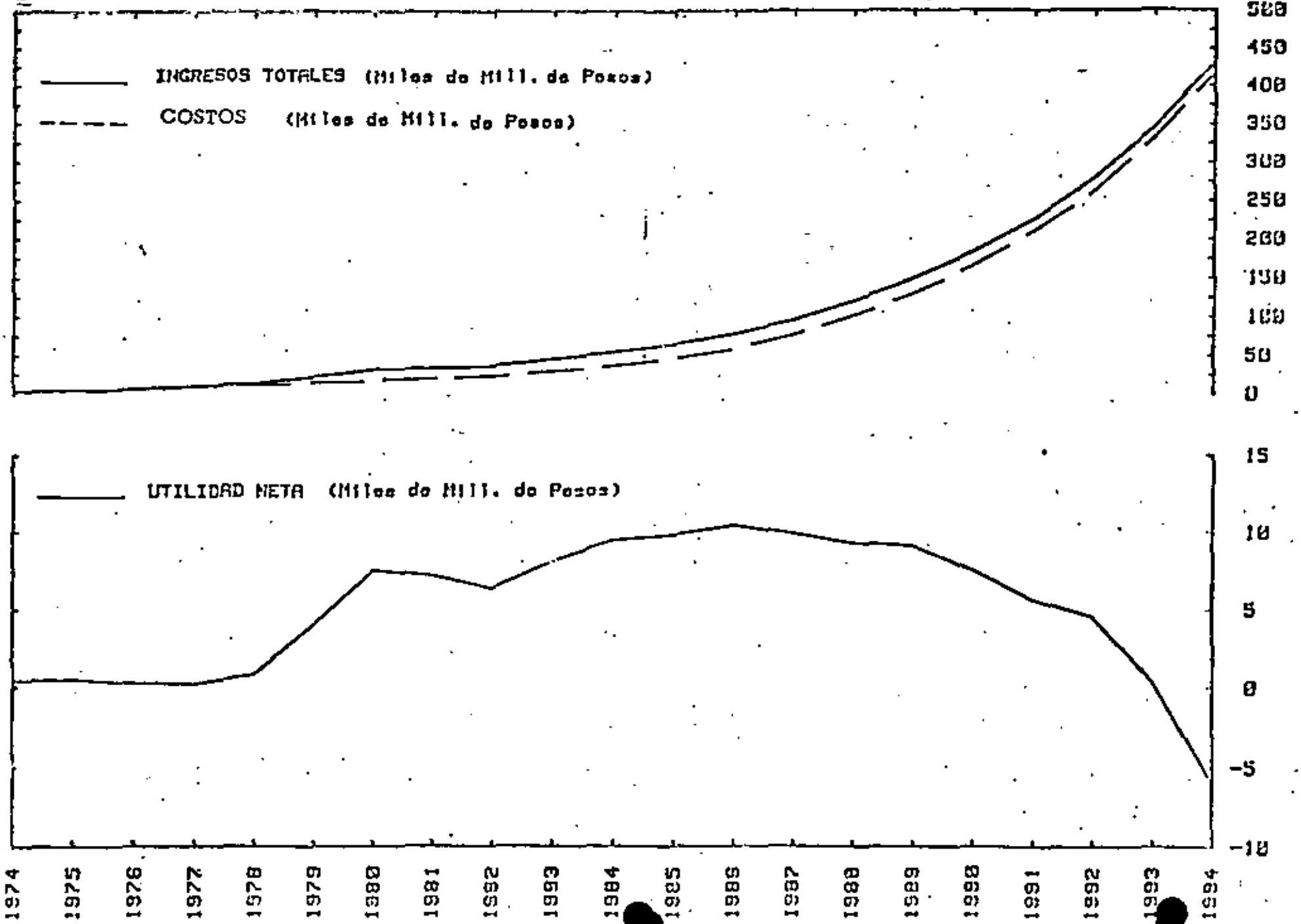


FIG. 1 POLITICA PREVIA AL COMPROMISO DE EXPANSION

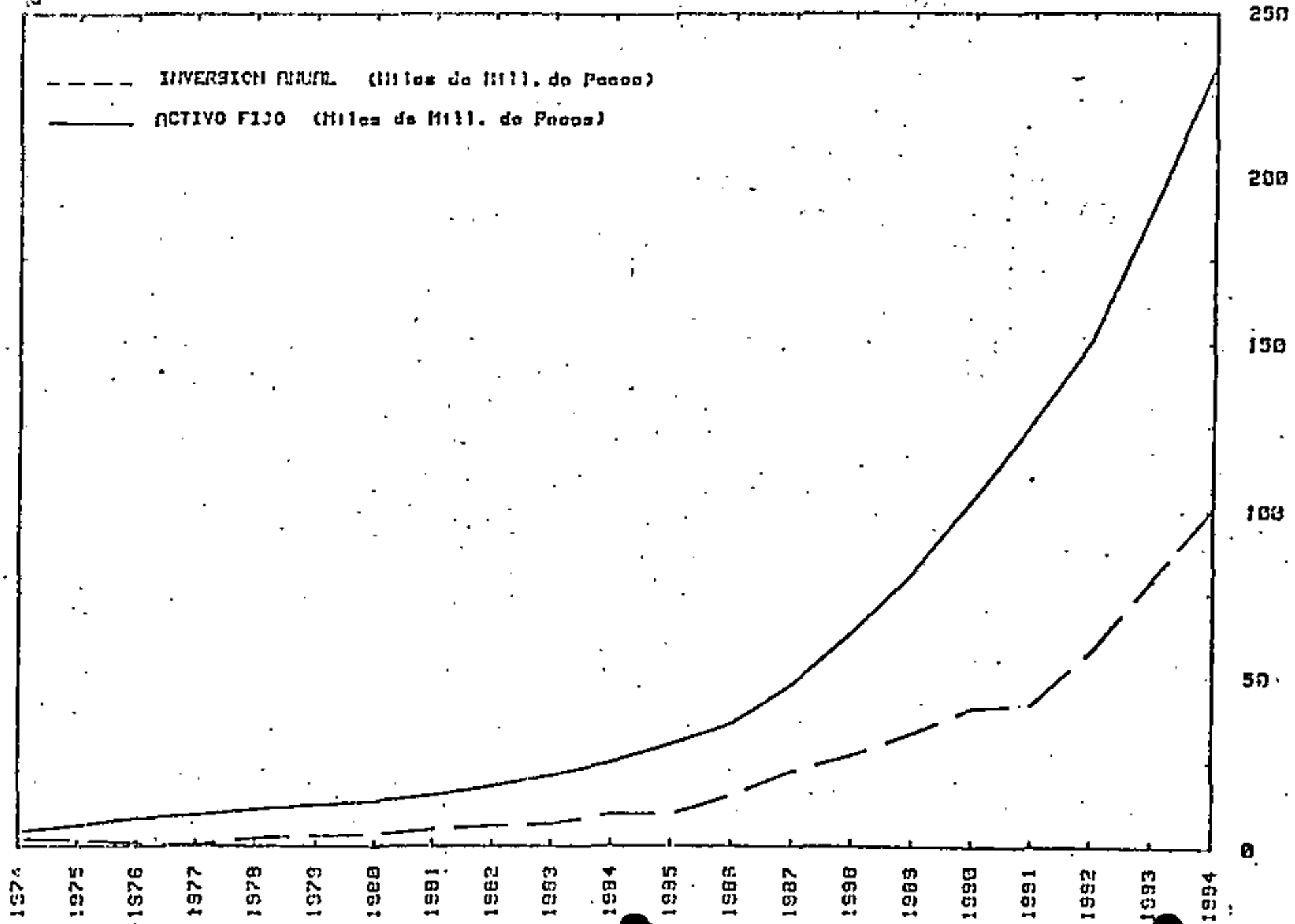


FIG. 2 COMPROMISO DE EXPANSION CON EL GOBIERNO

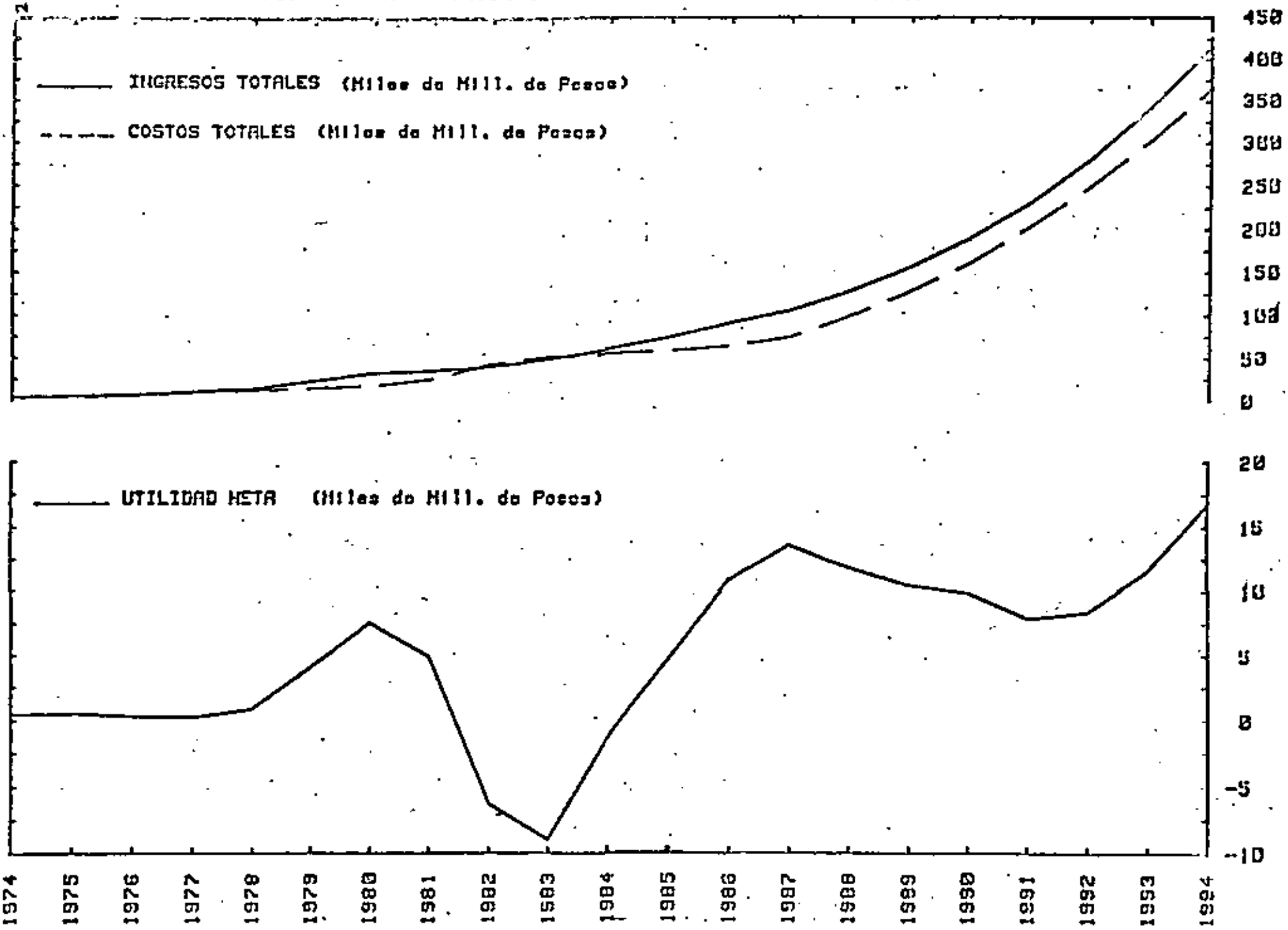


FIG. 2 COMPROMISO DE EXPANSION CON EL GOBIERNO

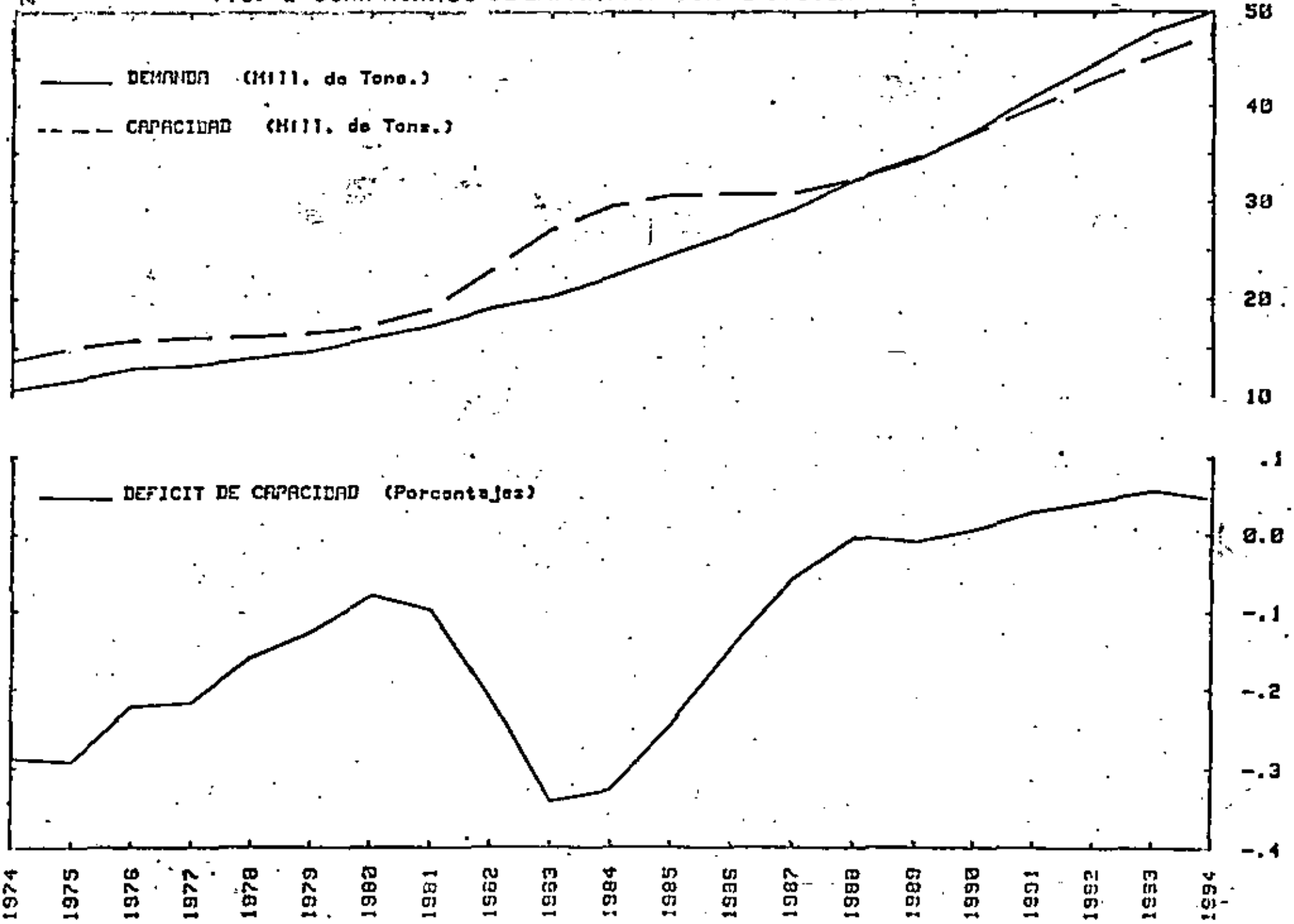


FIG. 2 COMPROMISO DE EXPANSION CON EL GOBIERNO

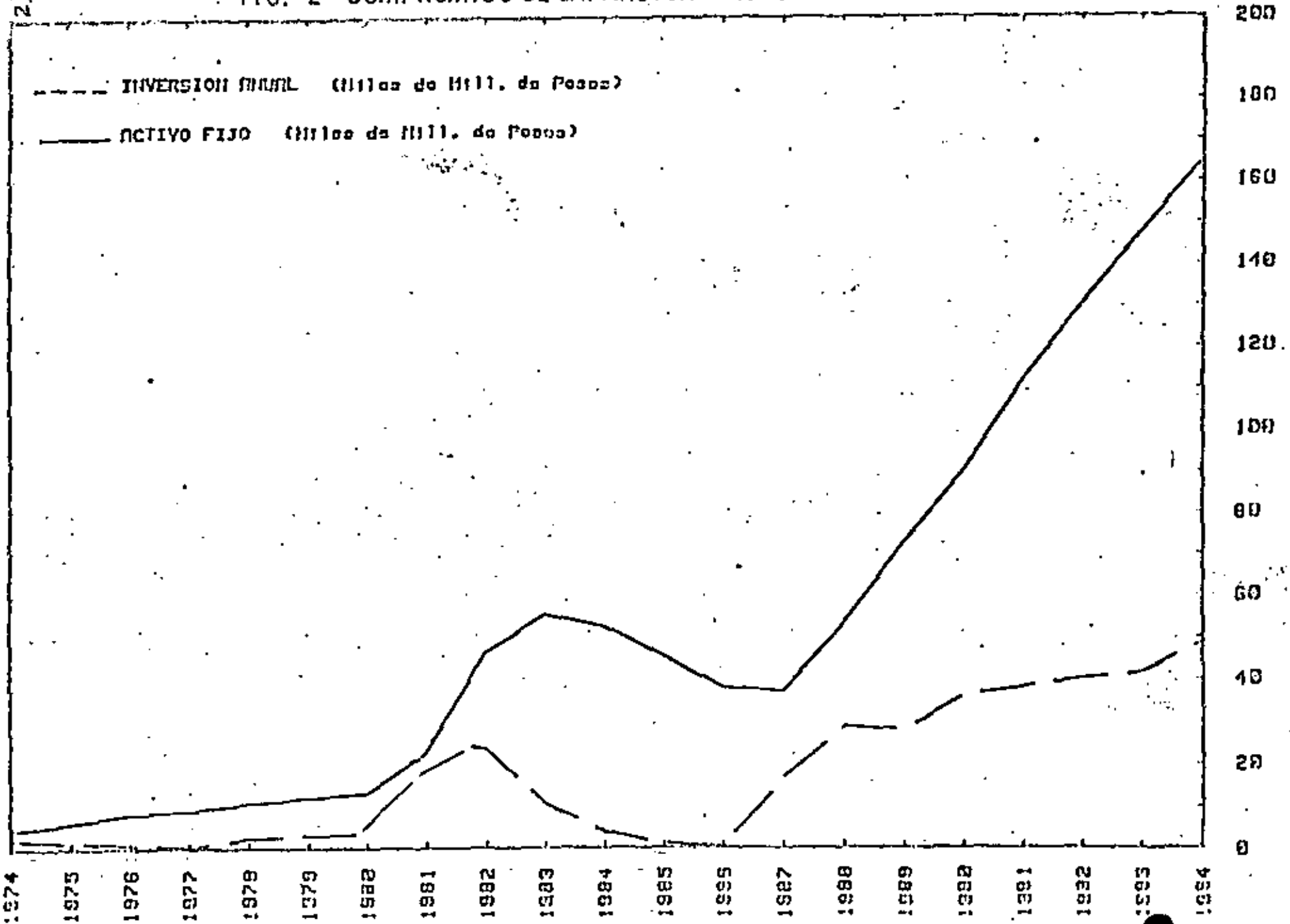


FIG. 3 POLITICA DE EXPANSION ALTERNATIVA

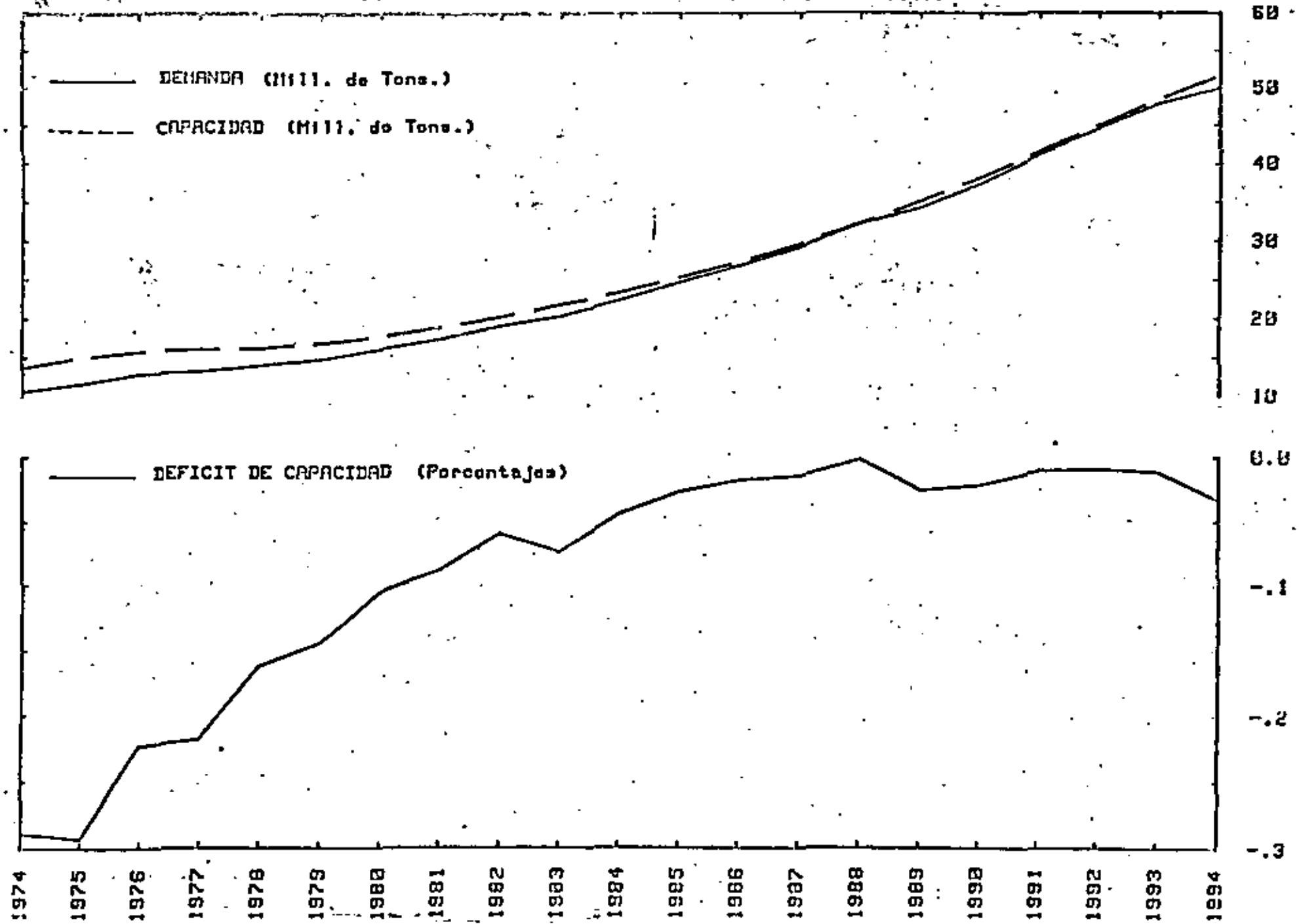


FIG. 3 POLITICA DE EXPANSION ALTERNATIVA

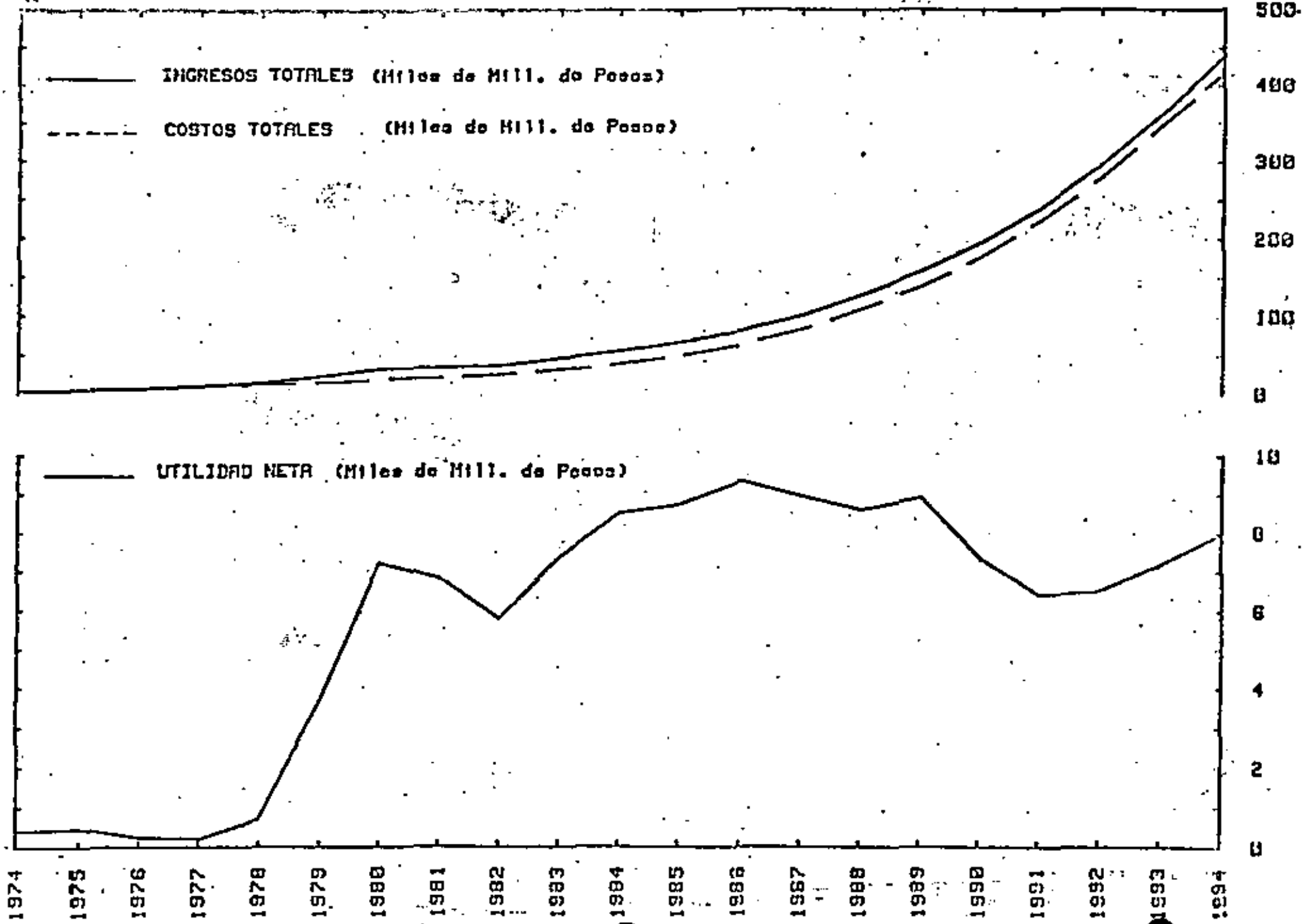
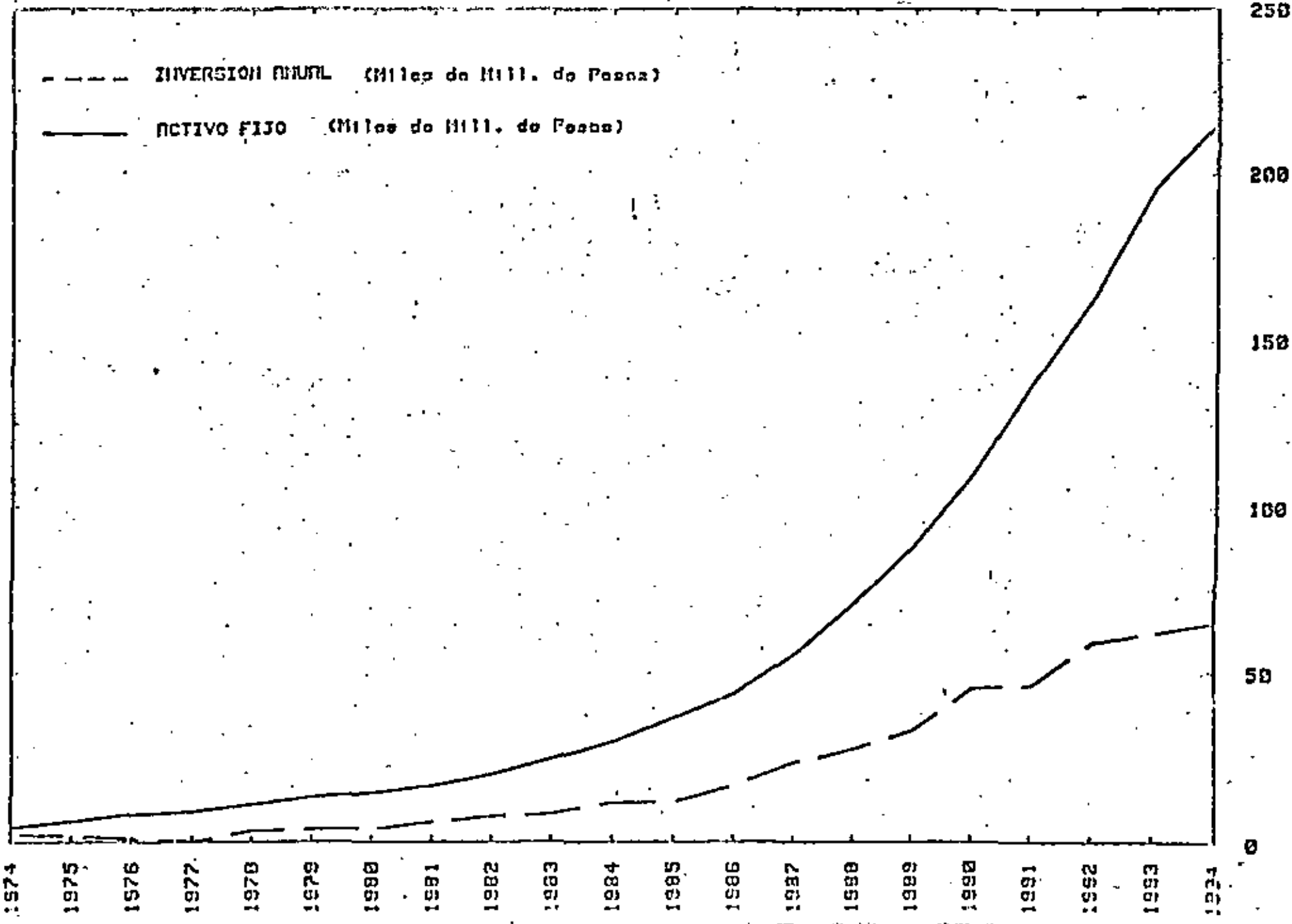


FIG. 3 POLITICA DE EXPANSION ALTERNATIVA



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

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA

NATURALEZA DE LA PLANEACION ESTRATEGICA

OCTUBRE, 1982

o de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 - México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

NATURALEZA DE LA PLANEACION ESTRATEGICA

Planeación estratégica es un concepto que nace recientemente, como respuesta a una serie de restricciones de índole financiera, incrementos en la competencia en los mercados, y tendencias a la diversificación de productos y mercados por parte de las empresas.

Una de sus diferencias fundamentales con relación a la planeación "tradicional", lo constituye un concepto organizacional, también nuevo: el centro de utilidad.

El centro de utilidad es, simplemente, una unidad de una empresa que está orientada en función de metras propias y distintivas de las de otros centros de utilidad. Esta unidad puede ser definida de muchas maneras, dependiendo del criterio que para ello se emplee. Los dos principales criterios utilizados son:

a) Considerar el centro de utilidad como una unidad autosuficiente, en términos de que cuente con departamentos de ventas, producción, manufactura, investigación y desarrollo y otras áreas funcionales.
b) Considerar el centro de utilidad a aquella unidad que tenga un claro objeto de mercado, una estrategia identificable y un conjunto de competidores igualmente identificable.

Por tanto, dependiendo de circunstancias particulares, un centro de utilidad puede ser un "producto", un "segmento del mercado", una "división" o un "departamento".

Al considerar a la empresa como un conjunto de centros de utilidad, la esencia de la planeación estratégica consiste en considerar que cada uno de estos puede jugar diferentes roles en cuanto a su contribución al logro de los objetivos globales de una corporación. No todos los centros de utilidad necesitan crecer al mismo ritmo; no todas estas unidades necesitan producir el mismo nivel de redituabilidad; no todas deben contribuir igual a las metas de flujo efectivo.

En contraste con la práctica tradicional, en que los conceptos que se enfatizaban primariamente y en forma global eran ventas, utilidad neta y retorno sobre la inversión como medidas fundamentales del desempeño, con la planeación estratégica se diferencia a las undiades en términos de si cada una de ellas es generadora o usuario de flujo efectivo e individualmente se le determinan metas de crecimiento, penetración de mercado, utilidad neta y retorno sobre la inversión; es decir, se explicitan las diferencias de capacidad entre las distintas unidades para vender, crecer, producir flujo de efectivo y tener utilidades.

La planeación estratégica por tanto, reconoce la restricción de fondos para inversión y las necesidades de flujo de efectivo. A partir de ello, que implica necesariamente una selectividad en las inversiones, el cuestionario clave al que trata de responder es: ¿como discriminar entre aquellos productos o negocios que requieran fondos y aquellos que los generan, dadas ciertas expectativas de crecimiento?

CARACTERISTICAS DEL PLAN ESTRATEGICO

Un plan estratégico contiene cuatro conjuntos de decisiones interrelacionadas:

1. Definición del negocio
2. Determinación de la misión
3. Formulación de estrategias funcionales
4. Presupuesto

1. La definición del negocio debe incluir:
   a. alcance del producto y del mercado:
      - usuarios a ser servidos
      - funciones o necesidades de los usuarios a ser atendidas
      - formas de atender esas necesidades

b. segmentación producto-mercado:
Es decir, el reconocimiento de diferencias entre los usuarios en términos de sus necesidades y la manera de satisfacerlos.

2. La determinación de las expectativas de desempeño, en términos de crecimiento de ventas, penetración del mercado, utilidades y retorno sobre la inversión.

3. Formulación de estrategias funcionales
Es decir, el planteamiento de objetivos específicos en cuanto al desarrollo de las actividades de mercadotecnia, investigación y desarrollo, manufactura, distribución, servicio, etc.

4. Presupuesto

COMPONENTES DE LA PLANEACION ESTRATEGICA

Son tres:

- Prerequisitos analíticos
- Métodos formales de planeación
- Aspectos creativos y gerenciales

A) PREREQUISITOS ANALITICOS

La formulación de un plan estratégico se basa en dos ingredientes analíticos, a saber:

I El análisis de las oportunidades del mercado y la estimación de la capacidad de la empresa para obtener ventajas de dichas oportunidades.

II El análisis del comportamiento de los costos y de los factores que en ello inciden

El primer análisis debe ser realizado en las siguientes cinco etapas:

1. Análisis de los usuarios, para determinar como puede ser segmentado el mercado y cuáles son los requerimientos de cada segmento

2. Análisis de la competencia, para identificar y entender sus estrategias individuales
3. Análisis de las tendencias ambientales (sociales, económicas, políticas, tecnológicas), para determinar de qué manera inciden sobre el mercado
4. Análisis de las características del mercado, es decir, entender a éste en términos de la evolución de la oferta y la demanda, y la interacción entre estas.
5. Análisis de las características internas de la empresa. Es decir, determinar las fuerzas y debilidades relacionadas con los requerimientos del mercado.

En cuanto al análisis de los costos, dos componentes básicos deben ser considerados:

1. Efectos de escala, en términos del impacto del tamaño de las operaciones sobre los costos
2. Efectos de la experiencia, en términos del impacto del acervo histórico acumulado ("experiencia") sobre los costos.

B) METODOS FORMALES DE PLANEACION

Son tres:

- Análisis de portafolio
- Evaluación posicionamiento de la empresa
- Atractividad del mercado
- Evaluación de impacto asociado a la estrategia

Estos métodos se describen en la parte restante de este documento, conjuntamente con el tema siguiente

C) ASPECTOS CREATIVOS Y ORGANIZACIONALES DE LA PLANEACION

Ver tema intitulado: "Making Planning Work: The Human Side of Planning"

Portfolio Analysis

As indicated in Chapter 1, strategic market planning for multiproduct, multimarket companies is a particularly complex problem. A firm may have tens or hundreds of products serving similar numbers of markets with widely differing potentials. Some of these products may be in a strong position relative to competitors and others may be in a weaker position. Each will have its own strategy. The competing organizations may be numerous, as will be the strategies for their competing products. Some products may need cash to finance growth or competitive battles, while others may be generating more cash than they need. Somehow the organization must deploy its limited financial resources among these products so as to achieve the best performance possible.

Many companies—such as ISC (described in Chapter 1)—manage this complexity by breaking their organization into decentralized profit centers, each of which is then treated as if it was an independent business. Strategies for such "business units" are then assembled into a corporate-wide plan and adjusted independently from one another to meet corporate financial performance targets and constraints.

This decentralized approach is inherently suboptimizing for the corporation as a whole. Its sole advantage is the financial strength and stability arising from diversification. As Bruce Henderson, President of The Boston Consulting Group (BCG), has written:

> A multidivision company without an overall strategy is not even as good as the sum of its parts. It is merely a portfolio of nonliquid, nontradeable

investments which has added overhead and constraints. Such closed-end investments properly sell at a discount from the sum of the parts.[1]

A multidivisional, multiproduct company has an important advantage over undiversified firms because of its ability to channel its considerable resources into the most productive units. Instead of the decentralized approach, a number of such companies conduct integrated strategic planning at the corporate or division level to match product potential with resources and to establish the sequence and timing of resource transfers. For example, a diversified conglomerate may decide to slow down the growth of its paper-board division so that it will throw off cash for the expansion of its light aircraft division. Such integrated planning may deliberately suboptimize a division's activities to optimize corporate performance.

The product portfolio approach, which is the topic of this chapter, differs from most other integrative planning techniques in that strategic roles for each product are assigned on the basis of the product's market growth rate and market share relative to competition. These individual roles are then integrated into a strategy for the whole "portfolio" of products, taking account of the product portfolios of significant competitors. The differences in growth potential, relative market share, and hence cash flow potential—unique to each product—determine which products represent investment opportunities, which should supply investment funds, and which should be candidates for elimination from the portfolio. The objective is to get the best overall performance from the portfolio, while keeping cash flow in balance.

Several ways have been devised[2] to display relevant information about the firm's portfolio while at the same time reducing the inherent complexity of the problem to somewhat more manageable proportions. It is the creation and interpretation of these displays—for the firm and its competitors—that forms the heart of portfolio analysis. The key displays are the growth-share matrix and the growth-gain matrix.

THE GROWTH-SHARE MATRIX

The most prominent display is the so-called *growth-share matrix* (see Figure 1 for an example), that shows a firm's whole portfolio by giving for each product:

[1]Henderson, Bruce, "Intuitive Strategy" (Boston: The Boston Consulting Group, 1970), Perspectives No. 96.

[2]These displays and the associated portfolio concept originated with the Boston Consulting Group. See Bruce D. Henderson, "The Experience Curve—Reviewed. IV. The Growth Share Matrix of The Product Portfolio" (Boston: The Boston Consulting Group, 1973), Perspectives No. 135. Also: "The Product Portfolio" (Boston: The Boston Consulting Group, 1970), Perspectives No. 66.

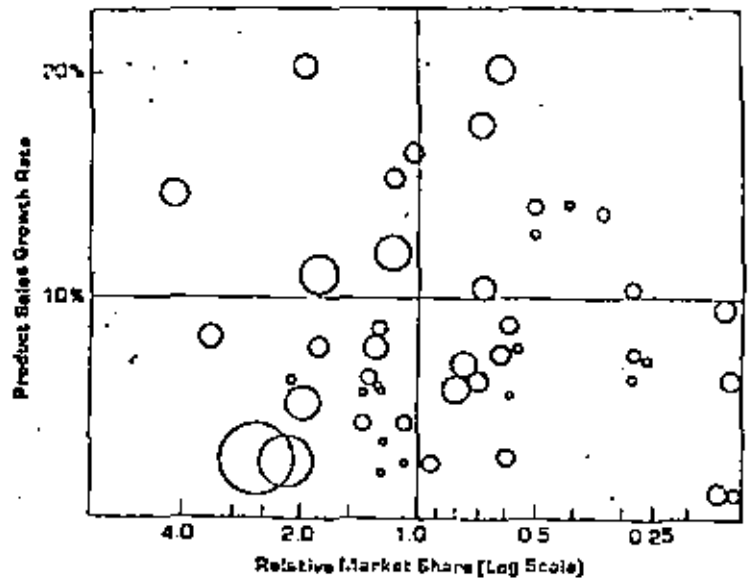


Figure 1

A Typical Product Portfolio Chart (Growth-Share Matrix) of a Comparatively Strong and Diversified Company

Source: Bruce D. Henderson, "The Experience Curve Reviewed: IV. The Growth Share Matrix of The Product Portfolio" (Boston: The Boston Consulting Group, 1973), Perspectives No. 135.

1. Its *dollar sales* (represented by the area of the circle representing it on the matrix).
2. Its *market share relative to the firm's largest competitor* (by the horizontal position of the circle on the chart).
3. The *growth rate of the market* (corrected for inflation) in which the product competes (by the position of the circle in the vertical direction).

[1]Note that some practitioners represent sales by the diameter of the circle rather than by the area. (See for example George S. Day "Diagnosing the Product Portfolio," Journal of Marketing, 41, No. 2 [April 1977], pp. 29–38.) However, we favor area because the visual impact of a circle relates more to area than to diameter. To see this, look at Exhibit 8 of the Electro Industries (C) case (which appears at the end of this chapter), where diameter is used to represent sales. The sales of calculators are only 2.5 times those of Hi-Fi bar and yet one gets the visual impression that they are about six times as large.

Relative market share is the ratio of the firm's unit sales of a product to the unit sales of the same product by the firm's largest competitor, which is the same as the ratio of the two companies' market shares. For example, if Product A's annual sales were 3.1 million units for the firm and 10 million units for the market leader, the firm's relative market share for Product A would be 0.31. The firm will have relative market shares of more than 1.0 for markets in which it is the largest competitor and of less than 1.0 for markets it doesn't lead. A ratio of 1.0 means the firm is tied for the lead. (Relative share is used instead of simply market share, since it captures well the relationship to the leader's share; for instance, a 10 percent market share has quite a different meaning if the leader has a 12 percent share than if the leader's share is 45 percent. Because relative share is so closely related to relative experience, relative share is indicative of relative cost.) A log scale is normally used for the relative market share axis.

A series of charts made for various points in time will provide a trajectory of each product that indicates both its direction and rate of movement. Superimposing two such charts can dramatize movements over time. Similar charts can be developed for each major competitor.

While we have spoken of "products" (e.g., cross-country ski bindings) as the unit of analysis in portfolio analysis, it is sometimes appropriate to have the unit of analysis be a "business" (e.g., skiing equipment) or even a division (e.g., recreational products). The choice of the appropriate unit of analysis is dealt with more fully later in this chapter and in Chapter 8. In the meantime the word "product" should be interpreted to mean "appropriate unit of analysis."

PORTFOLIO STRATEGY

Product growth is usually separated into "high" and "low" growth areas by an arbitrary, 10 percent growth line.* Similarly, relative market share is usually divided at a relative market share of 1.0, so that "high" share signifies market leadership. There is nothing sacred about either of these dividing lines. The point is to place the lines so that, if they just hold share, most products in the lower left corner of the chart would be cash generators, those in the upper right are cash users, and those in the upper left and lower right are roughly in cash balance—neither using nor throwing off significant amounts of cash.

*Note that market growth rate is a rough proxy for stage in the product life cycle; products above the line can be thought of as in the growth phase, whereas those below can be considered mature.

Interpretation of the matrix is based on the following observations:

1. Margins and cash generated increase with relative market share, due to the experience and scale effects described in Chapter 3.
2. Sales growth requires cash input to finance added capacity and working capital. Thus, if market share is maintained, cash input requirements increase with market growth rate.
3. In addition to the above-mentioned cash input to keep pace with market growth, an increase in market share usually requires cash input to support increased advertising expenditures, lower prices and other share-gaining tactics. On the other hand, a decrease in share may make cash available.
4. Growth in each market will ultimately slow as the product approaches maturity. Without losing market position, cash generated as growth slows can be reinvested in other products that are still growing.

Thus, products to the left of the market share dividing line have strong cash flows from operations due to their good margins and those to the right will have weaker or negative cash flows from operations. Products below the market growth dividing line will need relatively little investment to hold share, whereas those above will need significant investment of cash to keep pace with market growth.

This leads to classification of products into four categories, based on their cash flow characteristics (see Figure 2).

"Cash Cows" (indicated by "$" in the lower left quarter of the chart where they are usually found) are products that characteristically generate large amounts of cash, far more than they can profitably invest. Typically they have a dominant share of slowly growing markets. They are the products that provide the cash to pay interest on corporate debt, pay dividends, cover corporate overhead, finance R&D, and help other products to grow.

"Dogs" (indicated by an "x" in the lower right) are products with low share of slowly growing markets. They neither generate nor require significant amounts of cash. Maintaining share usually requires reinvestment of their modest cash flow from operations, as well as modest amounts of additional capital. Because of low share their profitability is poor and they are unlikely to ever be a significant source of cash; therefore they are often called "cash traps."

"Problem Children" or "question marks" (indicated by a "?" in the upper right) are products with low share of fast-growing markets.

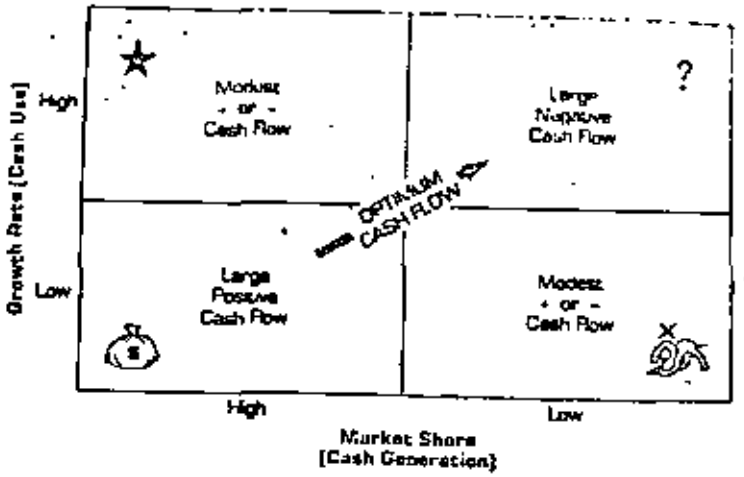


Figure 2

Product Categories in the Product Portfolio Chart

Source: Adapted from "The Product Portfolio" (Boston: The Boston Consulting Group, 1970), Perspectives No. 66

Their low share often means low profits and weak cash flow from operations; at the same time because they are in rapidly growing markets, they require large amounts of cash to maintain market share, and still larger amounts to gain share. Hence their name; market growth is attractive, yet large amounts of cash will be required if they will ever gain sufficient share to be strong members of the product portfolio.

"Stars" (indicated by a "*" in the upper left) are high-growth, high-share products which may or may not be self-sufficient in cash flow. This depends on whether their strong cash flow from operations is sufficient to finance rapid growth. Their present, modest cash needs or throw off will change to a large cash throw off in the future, when the growth rate of their market slows.

The location of products on a portfolio chart is indicative of the current health of a portfolio; over time products will move due to market dynamics and to strategy decisions. The object is to analyze the current state and natural dynamics of the portfolio so that decisions yielding a strong portfolio in the future will result.

Movements in the vertical direction, i.e., changes in the rate of market growth, are largely beyond the firm's control (except when their policies influence primary demand as Black and Decker did; see p. 162

and must be anticipated when developing strategic moves. For example, given only a share-maintaining investment, all products will eventually fall vertically to become either "cash cows" or "dogs," depending upon relative market share held prior to the slowing of market growth and product maturity. "Problem children" ultimately become "dogs" unless enough investment is made during the growth phase to shift the product into the "star" area. "Stars" assure the future in that they will become "cash cows" as growth slows and investment needs diminish.

With market growth largely noncontrollable in most instances, portfolio analysis reduces to determining a market share strategy for each product. The foundation of a sound long-term strategy is to use cash generated by "cash cows" to finance market share increases for "problem children" products in which the company has a strong competitive footing (see arrow in Figure 2). If successful, this strategy produces new "stars" which will in turn become "cash cows" of the future. This "success sequence" is shown in Figure 3. The "problem child" product with a weak competitive position is a liability and should be allowed to remain in the portfolio only on a "no cash input" basis, a strategy that will cause it to become a "dog" eventually. "Dogs" should be retained only as long as they contribute some positive cash flow and provided they don't tie up capital that can be used more profitably elsewhere. At some point, many "dogs" become candidates for elimination from the product portfolio. There are many "disastor sequences," for example: allowing a "star's" share to erode to that of a "question mark" and ultimately to a "dog" or allowing the share of a "cash cow" to erode to that of a "dog." Figure 3 illustrates those basic sequences.

Unfortunately many managements pursue strategies other than the success strategies described in the previous paragraph; they overinvest in seemingly safe "cows" and "dogs." They invest less than needed in "question marks," and instead of becoming "stars," these "question marks" ultimately tumble into "dogs." They spread their resources too thinly among products rather than focusing to achieve outstanding performance from a smaller number, even though that smaller number still provides sufficient diversification from a risk reducing standpoint.

Given those remarks about portfolio strategies, it is easy to see why the portfolio shown in Figure 1 was termed strong and diversified. A large percentage of products are share leaders (relative share greater than 1.0), promising excellent cost positions. Furthermore, these profitable products are among the largest. There are a large number of cash cows to feed the problem children; many of the problem children have good relative market positions; most of the dogs have viable shares; and there are many stars.

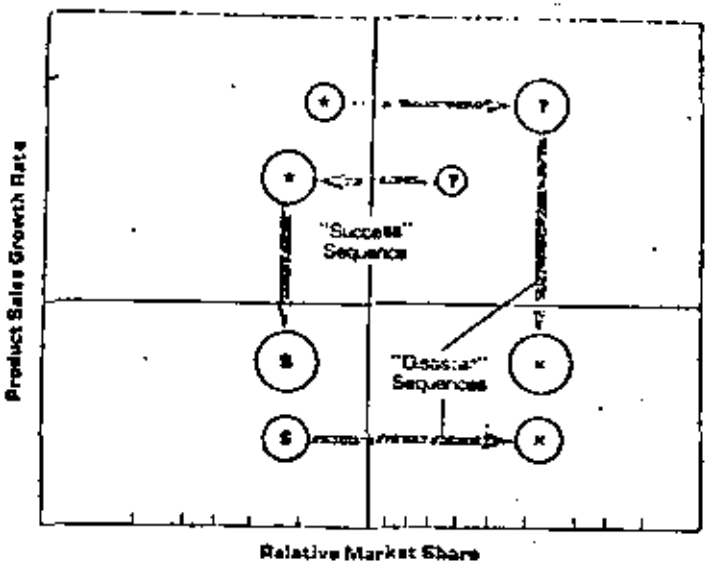


Figure 3
Product Dynamics in the Portfolio Chart

Source: "The Product Portfolio" [Boston: The Boston Consulting Group, 1970], Perspectives No. 66.

THE GROWTH-GAIN MATRIX

A second very useful portfolio display is the *growth-gain matrix*, that indicates the degree to which the growth of each product is keeping pace with market growth. The growth rate of a product [or of its capacity] is plotted on the horizontal axis, and the growth rate of its market on the vertical axis, as shown in Figure 4. [As before, the area of a circle representing a product is proportional to its sales.] Products whose growth just matches market growth are located along the diagonal: they are holding share. Share gainers are below the diagonal and share losers are above.

The ideal location of products on the matrix is shown in Figure 4b. "Dogs" should be concentrated near the market growth axis indicating zero capacity growth. "Cash cows" should be clustered along the diagonal, indicating that market share is being held on the average. "Stars" should appear in the high growth region, near or below the

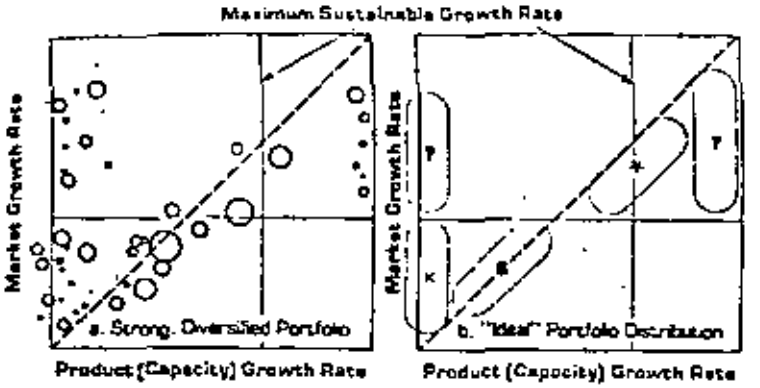


Figure 4
Portfolio Strategy and Maximum Sustainable Growth

Source: The Boston Consulting Group.

diagonal since they are holding or gaining market share. "Question marks" are ideally in two clusters: a group presently receiving little growth capital (on the left) and a group being supported heavily (on the right). Note that the strong, diversified portfolio in Figure 4a has many of the ideal characteristics.

An important consideration for interpreting the growth-gain matrix is the firm's *maximum sustainable growth*,[1] defined as:

$$G = \frac{D}{E}(R - i)p + Rp,$$

where

G = maximum sustainable long-term asset growth rate,
D/E = debt-equity ratio,[2]
R = after-tax return on assets (adjusted for inflation),
p = earnings retention rate [= 1 − dividend payout ratio], and
i = after-tax current cost of debt.

(All of the terms in this formula are decimals except debt and equity.)

[1] Alan Zakon, "Growth and Financial Strategies" [Boston: The Boston Consulting Group, 1971]; this formula assumes that no equity funds are raised from outside.

[2] When this ratio changes over time, use incremental debt divided by incremental equity for the period considered.

The value of maximum sustainable growth is plotted as a solid vertical line on the matrix, as shown in Figure 4. (Although the formula is for asset growth, capacity growth rate is often used as a surrogate, since the two are very closely related.)

The weighted average growth rate of the products cannot exceed the maximum sustainable growth rate; in other words, the "center of gravity" of the spots on the chart cannot be to the right of the vertical line. To the extent it is to the left, the firm can support additional growth. (At a glance it appears that the firm shown in Figure 4 can support more growth, but the existence of balance must be determined by calculation rather than by visual means.)

If adjustments are needed, products can be repositioned by strategy changes. For instance, a "dog" near the maximum growth-rate line can be moved near to the "ideal" zero growth-rate axis by slowing its growth. Clearly, plotting growth-gain matrices for key competitors and highlighting key competitive products can yield significant insights into where competitors are placing their emphasis.

TYPES OF STRATEGIES

There are four basic strategies that can be pursued with a given product: building share, holding share, harvesting, or withdrawal. Which is appropriate depends on such factors as a product's present market and cost position, the product's life cycle stage (market growth rate), the firm's resources relative to competitors, its time horizon, its other products, and likely actions and reactions by competitors. The four basic strategies and when each might be appropriate will now be described.

Building Market Share

Sometimes building share is an offensive strategy: firms with a viable share will build share to increase their profitability. Black and Decker's expansion in the hand-held electric tool market by reducing prices as costs fell with experience is an example; the reduced prices not only helped share, but also increased primary demand by putting "more products in reach of more incomes."[1] Sometimes it is defensive: in most industries a minimum relative market share is needed for long-run viability. Firms without this critical share are in an untenable

[1] Black and Decker, "First Quarter Report: Three Months Ended December 24, 1972."

position; they must increase share, or withdraw. (Often the critical share is of the order of ⅓ of the leader's share.)

The appropriateness of share building depends in part on market growth rate.[2] Unless share leaders are competitively asleep, gaining share in slowly growing, static, or declining markets is difficult and uneconomic. On the other hand, when experience or scale effects are pronounced, when the firm has competitive strength in a product, and when it has the resources to do so, market dominance is the appropriate objective for products in high-growth markets. Market share is usually less expensive to achieve during the rapid growth phase in a product's life cycle because purchase patterns and distribution channels are fluid, and—most importantly—share gains don't have to come from reducing competitor's sales. Instead they can come from capturing a disproportionate share of incremental sales and through sales to new users of the product.

But large share increases are seldom built quickly and they sacrifice short-range profits for profits later. Thus share building is difficult to sell in organizations emphasizing short-run earnings. At the same time, share building is easier to carry out against competitors unwilling to sacrifice short-run profits to hold on to their share.

Share building can be accomplished by price reduction; by improved delivery, quality or product support; or by concentrating on a market segment, isolated in terms of experience, where dominance can be achieved. An example of the latter is the Digital Equipment Corporation's strong performance in the small computer segment of the computer industry, even though IBM dominates the industry as a whole.

Holding Market Share

Holding share is appropriate for mature businesses with leading or strong shares; it is preservation of a desirable status quo. Strongly established products have the advantage of greater experience and consequent lower costs and higher profitability than their rivals with lower shares. Holding share is appropriate for such products, because building share is very costly and time consuming in slowly growing markets. Since increased share must come at the expense of other competitor's sales, it will be resisted strenuously. Furthermore distribution patterns and purchasing relationships are usually stable and difficult to change.

[2] It also depends on antitrust considerations which are beyond the scope of this text. See, for example, Paul Bloom and Philip Kotler, "Strategies for High Market Share Companies," *Harvard Business Review*, 53, No. 6 (November-December 1975), pp. 63–72.

Harvesting

The harvesting strategy purposely allows share to decline to maximize short-term earnings and cash flow (both from operations and freed up working capital). It is especially appropriate for products with poor positions in declining markets. It also may be selected for "problem children" products that have a poor competitive position. The cash generated from harvesting can be used to nurture more promising, growing products. For instance, pharmaceutical companies will often pursue harvesting strategies for proprietary drugs on which patents have expired, allowing producers of generic drugs to gain share. The harvested cash is then invested in R&D and in expanding promising new drugs.

Withdrawal

When a product has less than the critical share for viability—or, in other words, competition is so far ahead in costs that overwhelming short-run sacrifices would be required to catch up—then withdrawal is appropriate. For instance, in the early 1970s, RCA, General Electric and Xerox each realized they had an uneconomic share of the computer market and that they lacked the resources to build share.[4] Each opted for withdrawal.

Selection from among these four basic strategies requires much judgment and analysis. How selection might depend on a firm's current market position and the product's life cycle phase is shown in Table 1. But Table 1 is an oversimplification, meant to convey promising strategies for further investigation; many other factors, beyond the information on the portfolio charts, must be considered before a decision is reached. (For instance, a follower with a growing product might opt not to invest to increase share if it was too far behind or lacked sufficient resources to achieve a viable share.) These other factors are considered in detail in Chapters 5 and 6.

DEFINITION OF "PRODUCT" AND "MARKET"

A crucial prerequisite for this analysis is a careful definition of products and markets. This is as much an art as a science. Consider the following example of a coffee manufacturer serving the New England

[4] William E. Fruhan, "Further Victories in Fights for Market Share," Harvard Business Review, 50, No. 5 (September-October 1972), pp. 100-107.

Table 1
BASIC STRATEGIES APPROPRIATE FOR VARIOUS LIFE CYCLE STAGES AND COMPETITIVE POSITIONS

COMPETITIVE POSITION	PRODUCT LIFE STAGE: GROWTH	MATURITY	DECLINE
LEADER (HIGH SHARE)	Build share by reducing prices to discourage new competitive capacity. Utilize own capacity fully, adding in anticipation of needs.	Hold share by improving quality, increasing sales effort, and advertising.	Harvest: maximize cash flow by reducing investment and advertising, development, etc., (market share will decline).
FOLLOWER (LOW SHARE)	Invest to increase share. Concentrate on a segment which can be dominated.	Withdraw, or hold share by keeping prices and costs below the market leaders.	Withdraw from the market.

region, which is wondering how to analyze its instant coffee offerings on a portfolio display. Possible product-market definitions include:

1. New England region: a. decaffeinated instant
   b. regular instant
2. New England region: all instant
3. Nationwide: all instant

The choice between the first and second alternatives is one of *level*; in other words, how much segmentation is desirable for analytical purposes? Should the two different types of instant coffee be shown as separate products or a single product? The choice between the second and third alternatives is between "*served market*" or "*total market*," as the basis for measuring share. In this case the company's served market is New England, but many of its competitors may serve the national market. Whenever the company's "served market" is less than the "total market" (either on geographic or other segmentation dimensions), this question will arise.

The choice of level and the choice between served versus total market requires addressing two considerations. First, the definition

must be such that relative market share bears some relationship to relative costs. Otherwise the underlying cash flow relationships on which the displays are based become meaningless. Practically speaking this means that the level should be selected in a way that takes account of shared experience or economies of scale arising from shared production or marketing activities on the part of you or your competitors. Usually this consideration pushes you to a broader definition of the market. It can occasionally indicate a narrower definition, especially when there are unique economies of scale or experience in serving a particular market segment.

Second, the definition should separate markets which are essentially different in terms of competitors, strategies, growth rates, and share achieved. In the coffee situation, for example, it would probably not make sense to aggregate instant and regular coffee nationwide since these markets are distinct. Even though share measured on this basis may provide some indication of relative costs, strategy choices must be articulated for each major segment of the business and are meaningless when considered in aggregate.

Usually product and market definition reflects a compromise between these two considerations. The need to relate share to costs often argues for a relatively broad definition; the need to deal with strategically meaningful market segments argues for a relatively narrow definition. When these two considerations lead to sharply differing definitions, it is advisable to repeat the portfolio analysis with several alternative definitions. If the results of the analysis differ significantly, appropriate qualifications of the results of the selected approach should be made.

Particularly challenging definitional problems are posed by businesses that are strongly integrated vertically. An upstream or downstream component may not really be a separate "business" from an analytic standpoint, since it is so interrelated with the rest.

STRATEGIC ANALYSIS OF THE PRODUCT PORTFOLIO

A six-step strategic analysis can be carried out using the growth-share and the growth-gain matrices.

1. Check for Internal Balance

The growth-share matrix should be checked to see if products are properly distributed among the four quadrants. Products with the largest sales (largest circles) should be either "stars" or "cash cows."

Few products should be in the "question marks" quadrant, because of the heavy cash commitment required to transform them into "stars." Also, they can be major losers if something goes wrong. The majority of sales should be from market-leading "cash cows," to provide cash to underwrite the remaining products. Few products should appear as "dogs." (The balance just described is an ideal which a small number of strong firms achieve. Remember that only one product in each market can be the leader; therefore, the average firm will have many more products to the right of the relative share dividing line ("question marks" and "dogs") than to the left.) Tentative ideas for improving balance should result from this analysis.

2. Look for Trends

An equivalent growth-share display should be developed for a period three to five years earlier. It can then be superimposed on the the current chart to reveal the direction and rate of travel of each product. When major shifts have occurred in the interval between these two charts, annual plots for the products affected may be needed to accurately determine the current movement vector. The corresponding growth-gain matrix should be checked carefully to confirm identified trends. A third growth-share matrix should project where each product would be in the forthcoming five-year period if present policies were maintained. Some tentative ideas for improving upon the current trends in the portfolio should result from this analysis.

3. Evaluate Competition

For this step, the two types of displays are developed for each of the firm's major competitors. Although these charts will not be as reliable as those for one's own firm, they will usefully display the best information available about competitors.

The first step in competitive analysis is careful study of each competitor's chart to determine what each is doing. Are their strategies coherent? Which are their "cash cows," "stars," and so forth? How close are they to their sustainable growth rates? Interesting insights and potential weaknesses of competition can be revealed. For instance, it might appear that a competitor is so concerned with one product that it is unlikely to have resources to hold off a market share-gaining strategy by you on another.

Next, the charts of competitors should be compared with yours, taking one competing product type at a time to evaluate competitive strength. This is particularly important when share increase is contemplated. In low growth segments, for example, share gain should only be

attempted where the firm has share roughly on par with the dominant firms, where it has clear leadership in product characteristics, where it has strong leftward momentum (as evidenced by the trend charts), or where competitors appear not to be investing. Attention should be focused on products close to the 1.0 relative share line and in a market of sufficient size to warrant a battle with the leader. It should also be focused on "question marks" with significant leftward momentum. Likewise, products that appear to be doing poorly relative to competition—especially those where competitors appear to be aggressively expanding strong competing products—can be identified and tentatively earmarked for possible harvesting or divestment.

Competitive analysis is crucial for sound strategy development, yet it is often the weakest link. It is difficult and highly speculative, and as a result many analysts retreat to analysis of easier internal issues. Much of the problem is lack of data, but it is surprising what imaginative analysis of data from sources mentioned in Chapter 2 can reveal.

4. Consider Factors Not Captured in the Portfolio Display

The portfolio displays address three of the key characteristics of products relevant to planning: relative market share (and through it, presumably profitability), size, and market growth (which is usually strongly related to the product life cycle stage and market attractiveness). In addition the location of products on the charts usually indicates their cash characteristics. This information about a firm's and its competitor's portfolios, properly employed, can usually carry the planning process a long way.

However, there is a great deal of additional information that must be weighed before deciding on basic strategies for each product (gaining share, harvesting, etc.), and how (acquisition, pricing, etc.) to implement the strategies. The added information includes such important factors[9] as: barriers to entry; technological changes; social, legal, political, and environmental pressures; unions and related human factors; management capabilities; cyclicality of sales; the rate of capacity utilization; responsiveness of sales to changes in prices, promotion, service levels, etc.; the extent of "captive" business; production and process opportunities (including off-shore manufacture); etc. Thus, for example, a small chemical plant might be located near supply sources and pipe most of its product directly to a nearby customer. It would

[9]George S. Day, "Diagnosing the Product Portfolio," *Journal of Marketing*, 41, No. 2 (April 1977), pp. 29–38.

have a small market share, but enjoy a captive relationship with its customer if the nearest alternate source is distant. Thus profits and cash flow would greatly exceed what its "dog" status might indicate. Likewise changes in technology either by a firm or its competition might tip the competitive balance in ways not captured in the portfolio displays.

In addition, separate account must be taken of such considerations as the need for investment to assure continuity of critical supplies of raw material or the need for diversification among economic sectors or markets to reduce year-to-year volatility.[10] Although these factors cannot be represented on the portfolio displays, they must nonetheless be considered in assessing strategic moves. To a large extent, the techniques described in Chapter 5 are designed to take into account such considerations.

5. Develop Possible "Target" Portfolios

By combining the results of the previous four steps of checking for balance, studying trends, studying competition, and considering factors not shown on the portfolio displays, a series of potential "target" portfolios indicating desired portfolio arrangements can be developed along with associated strategies for achieving them. Typical strategies[11] for various types of products are:

"Cash Cows" Normally strategies are to maintain market dominance and the strong cash flows these products generate. These include maintaining product, technological, and price leadership, while at the same time guarding against over-investment in product proliferation and market expansion that would sap the strong cash flow. (Exceptions would include expansion to exploit a competitor's weaknesses, and new, hard-to-copy product innovation, or increases in primary demand.) Generally, once the strong position of the product is assured, excess cash should be channeled elsewhere.

[10]Indeed the term "portfolio analysis" is used among financial analysts to refer to the appropriate diversification among investment securities to achieve a desired balance between risk and return. The reasoning lying behind financial portfolio analysis applies equally to product portfolio analysis although its formal application is difficult in the product setting. See Harry M. Markowitz, *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments* (New Haven: Yale University Press, 1959); and William F. Sharpe, *Portfolio Theory and Capital Markets* (New York: McGraw-Hill, Inc., 1970).

[11]See George S. Day, "Diagnosing the Product Portfolio," *Journal of Marketing*, 41, No. 2 (April 1977), pp. 29–38.

"Dogs" Products near the "cash cow" category can often be treated as such. However, the lower the relative share and slower the growth the greater the need for decisive action. Alternatives include abandonment, divestment, harvesting or a focusing strategy.

"Problem Children" Because of the poor margins and large cash demands associated with having a small share of a fast-growing market, these products are usually in an untenable position. The choices will be to expand a few into "stars," focus the strategies of others, and get out of the rest. Expansion can come from gaining a disproportionate share of new sales or acquisition of competitors. Focus can come through identifying a segment where a firm has the resources to achieve dominance. Getting out can come through divestment of the business as a growing concern, harvesting, or abandonment.

"Stars" Once again the appropriate strategy is usually to hold the dominant share, and in some instances to build share. As mentioned earlier, share increases are often easier in fast growing markets; building share can come from gaining a large portion of new users or applications, while holding share can come through price reductions, product improvements, increased production efficiency, better market coverage and the like. Most "stars" will end up roughly self-sufficient in cash or requiring modest infusions.

6. Check Financial Balance

In this final step, qualitative strategy selections are revised and firmed up on the basis of detailed pro forma cash flow projections. Cash flow needs or throw offs are projected for all products in accordance with the tentative strategies developed in previous steps: A few "dogs" and "question marks" slated for harvesting and divestment produce some cash, and "cash cows" and some "stars" produce the remainder of the internally generated funds. "Question marks" targeted for share gains and certain "stars" will be the only cash users.

Estimates of externally generated cash will be used finally to balance cash flows. If external cash is insufficient, some products will have to be reclassified; more "dogs" and "question marks" may have to be abandoned or harvested. Or some share gaining plans will have to be foregone. Making a comparable cash flow tabulation for major competitors may reveal the growth constraints which will ultimately shape their portfolio strategies. It seems unlikely, for instance, that any computer manufacturer, other than perhaps IBM, could support major growth efforts in more than a few segments of the computer market.

The end result of the foregoing steps is a target portfolio, balanced with respect to cash, with associated strategies to move from the current to the new position. Figure 5 shows how one company (actually a composite of a number of situations) upgraded its portfolio following an analysis of the sort just described. It represents the following strategic decisions:

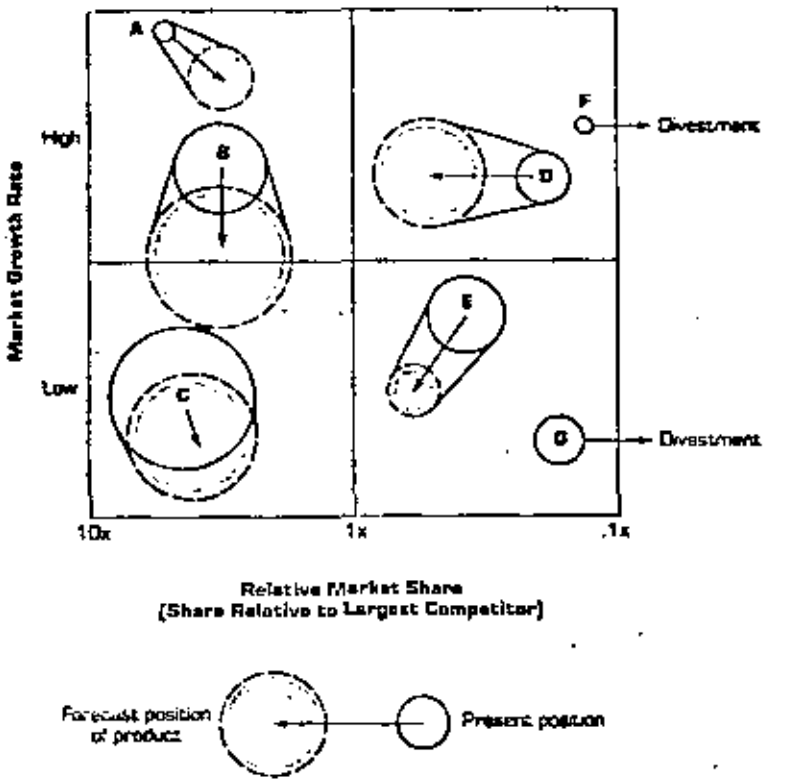


Figure 5
Example of Forecasted Positions of a Portfolio After a Strategic Analysis

Source: Adapted from George S. Day, "Diagnosing the Product Portfolio," *Journal of Marketing*, April 1977, p. 34.

1. Aggressively support the newly introduced product A, to ensure dominance (but anticipate share declines due to new competitive entries).
2. Continue present strategies of products B and C to ensure maintenance of market share.
3. Gain share of market for product D by investing in acquisitions.
4. Narrow and modify the range of models of product E to focus on one segment.
5. Divest products F and G.

It is obvious from this description that strategy development is very much a "cut and try" process, involving frequent returns to earlier steps and a great deal of imagination, intuition, and persistence. To accomplish it requires high quality, skillful staff analysis, and creative display of data. The effort required to deal well with these complex problems is great indeed, but so are the stakes and ultimate rewards.

LIMITATIONS

As previously indicated, two key assumptions of portfolio analysis are: (1) cash flow from operations of products with high relative market shares will be stronger than those with smaller shares and (2) cash needs for products in rapidly growing markets will be greater than for those in slower growing ones. Actual cash flow patterns can deviate from these assumptions for a variety of reasons:

1. The supposed relationship between relative market share and cash flow may be weak. This can occur when:
   - experience or scale effects are small;
   - value added is relatively low;
   - a competitor has a low-cost source of purchased materials unrelated to relative share position;
   - low share competitors are on steeper experience curves than high share competitors by virtue of superior production technology;
   - differences in experience have little impact on costs because innovations in production technology are quickly adopted by all suppliers;
   - capacity utilization rates differ;
   - strategic factors other than relative share affect profit margins, e.g., product quality or other forms of competitive differentiation.

2. The supposed relationship between industry growth rate and cash flow may be weak. This can occur when:
   - capital intensity is low;
   - entry barriers are high so that even in rapid growth, margins are large enough to finance growth and produce positive cash flow;
   - price competition depresses margins in maturity so that even though financing needs decline, cash flow deteriorates;
   - legal/regulatory intervention holds down profits in maturity, with the same result as above;
   - seasonal or cyclical factors produce short-run, supply-demand imbalances which affect profit and cash flow.

When one or more of the above exceptions applies, it must be taken into account in the "off-the-chart" analyses of step 5 of the analytical process.

SOME APPLICATION CONSIDERATIONS

Like most management systems, portfolio analysis is subject to manipulation by managers who are eager to gain a share of corporate resources for their own products, and further their own careers. Market share figures can be made more favorable by manipulating product-market boundaries, especially when they are ambiguous in the first place. Likewise growth rate figures can be stretched. Alert planners at higher levels must challenge such distortions, but unfortunately they are often at a disadvantage, since the suppliers of the information know their markets better than the corporate planners do.

The source of these distortions is often an evaluation system that rewards managers of "stars," gives mediocre marks to managers of "cash cows" and "problem children," and punishes managers of "dogs." Instead, the system must reward results consistent with the mission of the business, which will be different for different businesses.

Equally, the right type of manager must be put in charge of a given type of business. For instance, "cash cows" require efficiency whereas "problem children" earmarked to become "stars" require aggressive marketing, flexibility, and imagination. This is essential not only for performance, but also morale. A manager with the characteristics to run a "star" might be utterly frustrated running a "dog" and vice versa.

The long-range outlook of the product portfolio approach should be underscored. A five-year horizon seems minimal except for markets in which five years represents a large part or all of a product's life cycle.

This relates to the high degree of long-term commitment that managements must make to chosen strategies, especially share-gain ones. To be worthwhile, share gain objectives must be achieved and held, otherwise, considerable expense will have to be incurred for no ultimate benefits in relative costs. Managements who are "hot and cold" on a strategy—who pursue it, let up, then pursue it again—will often be disappointed in the outcome. Indeed, even with properly pursued strategies they must be prepared for mediocre short-run financial results. In many instances, while the ultimate goal is being achieved. If those dips in earnings are likely to dissuade them, then they are usually better advised not to embark on the strategy in the first place.

SUMMARY

The allocation of resources among a diverse portfolio of products is a difficult, complex task involving the weighing of large amounts of internal and competitive information. The portfolio approach deals with this problem through analyzing the growth-share and growth-gain matrices for the firm and its competition, other data, and pro forma cash projections.

The underlying basis of the analysis is maximizing benefits of the experience and scale effect to achieve a strong portfolio of high market-share products, while achieving cash balance. Rapid growth takes considerable cash input, whereas products with high share, in slowly growing markets—"cash cows"—generate cash due to their favorable cost position. The object is to use cash to turn a few well-selected "question marks" into "stars." These will ultimately become "cash cows" that generate cash to support other "stars" and future "question marks." "Dogs" and other "question marks" are harvested, divested, focused, or maintained on a no-cash-input basis.

Doing portfolio analysis is a "cut and try" process involving:

1. Checking the status of the current portfolio,
2. Studying trends,
3. Analyzing competition,
4. Considering information not included in portfolio displays,
5. Determining "target" portfolios, and
6. Achieving cash balance.

This process frequently requires returning to earlier steps to ask new questions raised as a result of analysis in later steps. It is simplified and greatly improved by using growth-share and growth-gain matrices as a guide—not substitute—for strategic thinking.

ELECTRO INDUSTRIES, INC. (C)[1]

Electro Industries, a large diversified manufacturer of computer systems, industrial electronics, electronic components, and consumer electronics and a supplier of a broad range of services, had suffered its first loss in more than 15 years. Preliminary results for 1974 indicated a net loss of $5.7 million on sales of $875 million despite sales growth of almost 20 percent during the year.

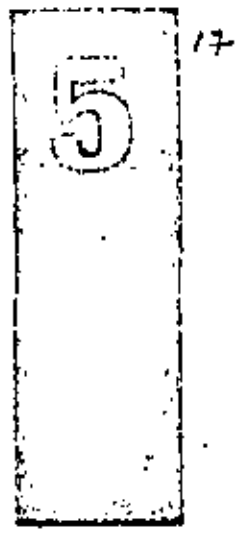
Electro, a $35 million manufacturer of industrial electronic equipment in 1968, had grown to its present size by buying small undercapitalized, high-growth firms for cash. By introducing a significant amount of debt into its traditionally conservative financial structure, Electro grew extremely rapidly between 1968 and 1972, even though its stock price remained relatively depressed for almost the entire period. The years 1972 and 1973 had resulted in high profits as the acquired firms began to benefit from Electro's capital infusion.

By early 1974, however, it had become clear that the corporation could no longer carry its present debt service and still maintain a reasonable level of profitability. The majority of its debt load was short and medium term, reflecting the company's basic reluctance to commit itself to long-term borrowings and its considerable optimism concerning the future of the electronics industry. Rising interest rates had been largely responsible for Electro's first operating loss. Somewhat shocked, Electro management reacted quickly by undertaking an immediate and comprehensive assessment of the company's current position and its long-term strategic outlook.

Each division president had been asked to draw up an assessment of his own position and to prepare a detailed presentation of his plans for one- and five-year periods. These plans were due to be discussed at a week-long meeting of Electro's executive committee beginning January 30, 1975. At that meeting, a tentative decision would be made on the future of each division. Several divestment decisions were probable as management attempted to bring Electro's debt service into line with its currently depressed earnings.

[1]This case was prepared by Gerald H. Allan, in collaboration with John S. Hammond.

Market Attractiveness—Business Position Assessment



17

A critical step in the formulation of a strategic market plan is the determination of an appropriate mission for each business. When a business can be subdivided into parts according to differences in strategic approach or market opportunity, a mission must be determined for each part. Should the business unit or subunit receive investment funds? What goals should be set for sales growth, market share, profitability, and cash flow? These decisions provide a context within which marketing, manufacturing, research and development, and other functional policies can be formulated.

The portfolio charts described in Chapter 4 provide management with a visual check on several important strategic relationships, including internal cash flow balance, and market share and growth trajectories vis-à-vis competitors. Users of product portfolio charts recognize, however, that those insights, while necessary and useful, are in most cases insufficient by themselves to make investment decisions affecting the mission of a business. Critics point to three major shortcomings:

1. In many circumstances, factors other than simply relative market share and industry growth play a significant role in influencing cash flow.
2. Cash flow may be viewed as less important than ROI as a basis for comparing the attractiveness of investing in one business unit as opposed to another.

2. Portfolio charts provide little direct insight into how one business unit might be compared with another in terms of investment opportunity. Is every "star," for example, necessarily better than a "cash cow"? How should one "question mark" be compared to another in terms of whether it should be built into a "star" or allowed to decline?

Concern for these issues has resulted in the development of an approach that we shall call "market attractiveness-business position assessment." As with portfolio analysis, two-dimensional displays are used to portray the situation of a particular business unit or subunit and each business is represented on the chart by a circle whose area is proportional to sales. Instead of industry growth rate and relative market share, however, the axes are labelled "market attractiveness" and "business position." In large part, this approach provides a formal way of reporting and displaying the kinds of analyses described in Chapters 2 and 3.

MARKET ATTRACTIVENESS AND BUSINESS POSITION

Two major sets of factors appear to influence the relative attractiveness of investing in a business unit. First, how attractive is the market in which the business is located? For example, is it growing? Are profit margins high? Is it regulated? Second, how well-equipped and how well-positioned is the business to take advantage of opportunities within the market? For example, does it have technological leadership? Low manufacturing costs? High market share? (For now we shall use the word "business" without specifying how it may be defined or at what level of aggregation the analysis should be carried out. As in earlier chapters a "business" could conceivably be defined as narrowly as an individual product or market segment or as broadly as a division.)

The portfolio displays described in Chapter 4 may thus be viewed as a special case of a more general theory relating market and company variables to performance. In the special case of the portfolio approach performance is measured in terms of cash flow, growth is the only market variable considered to affect performance, and relative market share is the only company variable considered to affect performance.

In the more general case, where some composite measures of market attractiveness and business position are plotted on a two-dimensional display, some conclusions may be drawn about overall investment opportunity, according to where a business is located on the chart. Sometimes such charts are divided into three "bands" as shown in Figure 1. A business with high overall attractiveness, for example would then be plotted in the top left part of the chart.

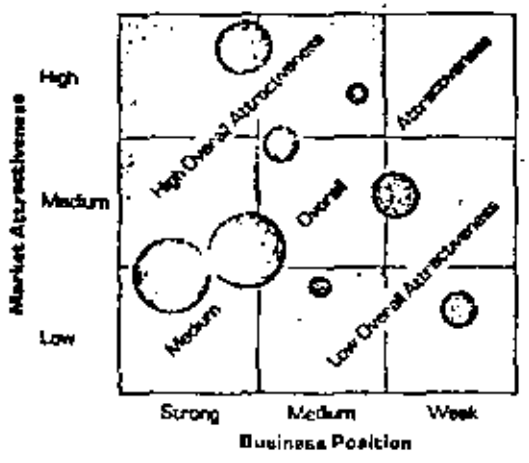


Figure 1
3 × 3 Chart Depicting Relative Investment Opportunity

What makes a market "attractive" or a business position in a market "strong?" Experience has shown that the factors listed in Table 1 below are among the most important.[1] These factors are usually grouped under five major headings: market factors, competition, financial and economic factors, technological factors, and socio-political factors. Note that this requires some rearrangement of the data that might be produced from the analyses suggested in Chapters 2 and 3.

[1] For a much more detailed description of the ways to assess "market attractiveness" and "business position," see William E. Rothschild, *Putting It All Together: A Guide to Strategic Thinking*, New York: Amacom, 1976. See also Peter Lorange, "Divisional Planning: Setting Effective Direction," *Sloan Management Review*, Fall 1975, pp. 77–81.

Table 1
FACTORS CONTRIBUTING TO MARKET ATTRACTIVENESS AND BUSINESS POSITION

ATTRACTIVENESS OF YOUR MARKET	STATUS/POSITION OF YOUR BUSINESS
MARKET FACTORS	
Size (dollars, units or both)	Your share (in equivalent terms)
Size of key segments	Your share of key segments
Growth rate per year:	Your annual growth rate:
Total	Total
Segments	Segments
Diversity of market	Diversity of your participation
Sensitivity to price, service features, and external factors	Your influence on the market
Cyclicality	Lags or leads in your sales
Seasonality	
Bargaining Power of Upstream Suppliers	Bargaining power of your suppliers
Bargaining Power of Downstream Suppliers	Bargaining power of your customers
COMPETITION	
Types of competitors	Where you fit, how you compete in terms of products, marketing capability, service, production strength, financial strength, management
Degree of concentration	
Changes in type and mix	
Entries and exits	Segments you have entered or left
Changes in share	Your relative share change
Substitution by new technology	Your vulnerability to new technology
Degrees and types of integration	Your own level of integration
FINANCIAL AND ECONOMIC FACTORS	
Contribution margins	Your margins
Leveraging factors, such as economies of scale and experience	Your scale and experience
Barriers to entry or exit (both financial and non-financial)	Barriers to your entry or exit (both financial and non-financial)
Capacity utilization	Your capacity utilization
TECHNOLOGICAL FACTORS	
Maturity and volatility	Your ability to cope with change
Complexity	Depths of your skills
Differentiation	Types of your technological skills
Patents and copyrights	Your patent protection
Manufacturing process technology required	Your manufacturing technology
SOCIO POLITICAL FACTORS IN YOUR ENVIRONMENT	
Social attitudes and trends	Your company's responsiveness and flexibility
Laws and government agency regulations	Your company's ability to cope
Influence with pressure groups and government representations	Your company's aggressiveness
Human factors, such as unionization and community acceptance	Your company's relationships

Table 1 is intended to be suggestive only. It should be used as a starting point. Some items will be deleted and others added depending on the situation, as described later in this chapter.

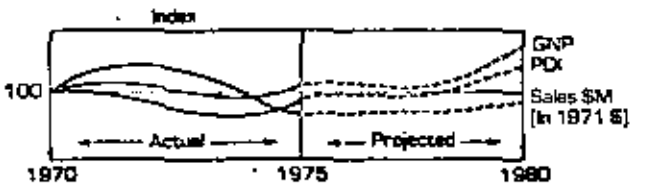
The actual analyses required to develop such specific summary measures require considerable skill. Sometimes "prose" statements about the various characteristics are more revealing than plain numerical estimates. Table 2 shows such an analysis of just two of the five major sets of variables that contribute to market attractiveness, namely market factors and competition. This hypothetical analysis of the color television market shows the amount of detail that may be needed to build up a careful assessment of a market and a company's position in it. Such analyses are constructed from a detailed examination of customers, competitors, market characteristics, the external environment, and the company itself as outlined in Chapter 2.

Table 2
EXCERPT FROM A SAMPLE ANALYSIS OF THE NORTH AMERICAN COLOR TELEVISION SET MARKET

MARKET ATTRACTIVENESS

MARKET

- Large market: at least 7.6 million sets sold in 1975, approximately $3 billion sales.
- Growth erratic, correlates to GNP, and personal disposable income (PDI).



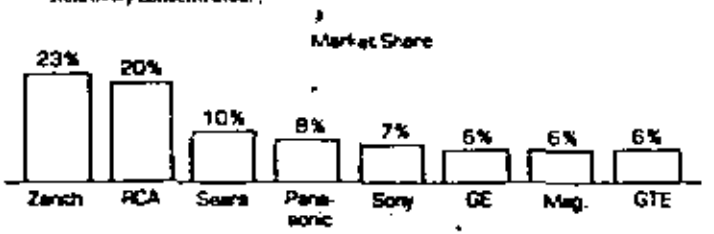
— Compound annual growth
  1971–75 x %
  1976–80:
    most likely y %
    highest %
    lowest %
— Saturation may deflate growth by 1980.
- Mix changing toward more table models, fewer consoles, therefore downward pressure on average price/set.
- Customer segments are not likely to change significantly as percent of total.
- New related product segments won't be significant through 1980:
  — Video player $x million by 1980
  — Large screen $y
  — Video $z

Table 2 (cont.)

EXCERPT FROM A SAMPLE ANALYSIS OF THE NORTH AMERICAN COLOR TELEVISION SET MARKET

COMPETITION

- Relatively concentrated:



50% of market held by 3 suppliers

- GE may drop out.
- Magnavox (Philips) expected to become more aggressive.
- Apparent strategies vary:
  - — Zenith
  - — RCA
  - — Sears
  - — Panasonic
  - — Sony
  - — GE
  - — Magnavox
  - — GTE Sylvania
- Focus of leaders seems to be on performance:
  - — Quality of picture.
  - — Frequency of repair.
  - — Features that differentiate short-term, e.g., Zenith's zoom.
- Leaders advertise heavily—estimates:
  - — Zenith $x
  - — RCA $y
  - — GTE $z

PRACTICAL CONSIDERATIONS

Unfortunately there are three very distinct problems in making assessments of either market attractiveness or business position:

- The relevant list of contributing factors in any given situation has to be identified.

- The direction and form of the relationships have to be determined.
- Each of the contributing factors has to be weighted in any composite measure of "attractiveness" or "position," depending on its relative importance.

The resolution of all three of the above issues depends heavily on whether the financial criterion for measuring the performance of business is return-on-investment (ROI) or cash flow. Since the point of this analysis is to assess investment opportunity, ROI is usually considered more appropriate. This means that a display of high market attractiveness and strong business position is not necessarily indicative of high cash flows. This is especially true in a high growth industry where high ROI may be associated with negative cash flow. In the remainder of this chapter, it will be assumed that ROI is the criterion being used. This, of course, contrasts with the cash flow criterion used in portfolio analysis.

Each of the three issues will now be taken up in turn.

IDENTIFYING THE RELEVANT FACTORS

Each industry is likely to be somewhat different in terms of what factors are important, depending primarily on the nature of the product and customer behavior. With highly differentiated products, for example, for which the customer seeks technical innovation or other special benefits, relative technological position may be a key to a strong business position, and patent protection may be a major factor determining market attractiveness. For commodity products, low manufacturing costs and entry barriers may be prime contributors to business position and industry attractiveness, respectively. Analysts using this approach must rely heavily on management judgment and experience and avoid easy generalizations about what particular factors are relevant. For the same reason, upper-level management, when called on to approve recommendations for investment based on such analysis, must take care to understand why certain factors are included in the analysis and why others have been excluded.

RELATING THE FACTORS TO MARKET ATTRACTIVENESS AND BUSINESS POSITION

Each factor may increase or decrease market attractiveness or business position. Usually the relationship is not a simple one. Supposing, for example, that supplier concentration was considered to be a

20

possible variable affecting market attractiveness. Does high concentration enhance attractiveness? Under all circumstances? Is a two-company industry twice as attractive as one with four major competitors? Usually few clear guidelines are possible since the answers to such questions often depend on the particular company and its markets. As before, management judgment is required. As an example, Table 3 summarizes the judgments of executives in one major industrial company about what makes a market environment "attractive." We should be quick to point out that another company in a different market environment may, quite appropriately, come up with a different list.

Table 3
ISSUE: WHAT IS AN ATTRACTIVE ENVIRONMENT?
EXECUTIVE PREFERENCES IN ONE MAJOR CORPORATION

	HIGH	MEDIUM	LOW
MARKET CHARACTERISTICS			
Size	Over $300 million	$250–500	Under $250 million
Growth	Over 15% /year	10–15%	Under 10%
Cyclicality	Counter cyclical		Cyclical
COMPETITION			
Type	U.S. domination	U.S./some imports	Foreign domination
Concentration	Top three with 75% (One who is recognized leader)	Top 5–75% (Two who alternate as leader)	Fragmented (No leader)
FINANCIAL			
Capital Intensity (plant and equipment)	High	Medium	Low
TECHNOLOGY			
Maturity	Evolving and chance to differentiate	Stable	Revolutionary
Protectability	Patent protectable	Process protectable	Easy to follow
SOCIO/POLITICAL	Many reinforcing positive trends	Many some conflicting	Few or negative trends

WEIGHTING THE FACTORS

A procedure now has to be devised to translate the assessments of the various contributory factors, such as growth rate and maturity, into summary measures of market attractiveness and business position

respectively. This can take one of two forms: either an overall summary measure is judgmentally assessed from the various "high," "medium," and "low" factor scores, or scores are given to each factor, these are then weighted and combined.

Tables 4 & 5 show a scheme by which management can assign weights to the various factors depending on their relative importance. (Many of the factors listed in Table 1 have simply been ignored in this illustration.) As always, what should be included or excluded, and how it should be scored and weighted, is purely a matter of managerial judgment and experience.

Table 4
MARKET ATTRACTIVENESS

FACTOR	SCORE*	WEIGHTING	RANKING
1. Market size	.5	15	7.5
2. Volume growth (units)	0	15	0
3. Concentration	1.0	30	30.0
4. Financial	.5	25	12.5
5. Technology	.5	15	7.5
		100	57.5

*High = 1.0
Medium = 0.5
Low = 0.0

Table 5
BUSINESS POSITION

FACTOR	SCORE*	WEIGHTING	RANKING
1. Product technology			
—Current quality	0	20	0
—New technology	.5	20	10
2. Manufacturing			
—Scale	.5	10	5
—Efficiency	.5	10	5
—Physical distribution	.5	10	5
3. Marketing			
—Expertise	0	10	0
—Sales	.5	10	5
—Service	.5	10	5
		100	35

*High = 1.0
Medium = 0.5
Low = 0.0

CONSTRUCTING THE PRESENT INVESTMENT OPPORTUNITY CHART

Assessment of each factor leads finally to some overall judgments about the position of a business unit (or subunit) on each axis of a two-dimensional display. Normally, as in portfolio analysis, the business unit is represented on the chart by a circle whose size (diameter or area) corresponds to the sales volume of the business. The axes may be divided into high, medium, or low categories, or "scores" of 0 to 100 may be assessed for each axis using some agreed-upon weighting scheme, such as the one just illustrated.

The final result of such an analysis, using the summary scores shown in Tables 4 and 5, is illustrated in Figure 2. This may be thought of as a classification of the present opportunity facing the business, using the present strategy of the business and its competitors, and the present character of the industry in which the business operates to make the assessment.

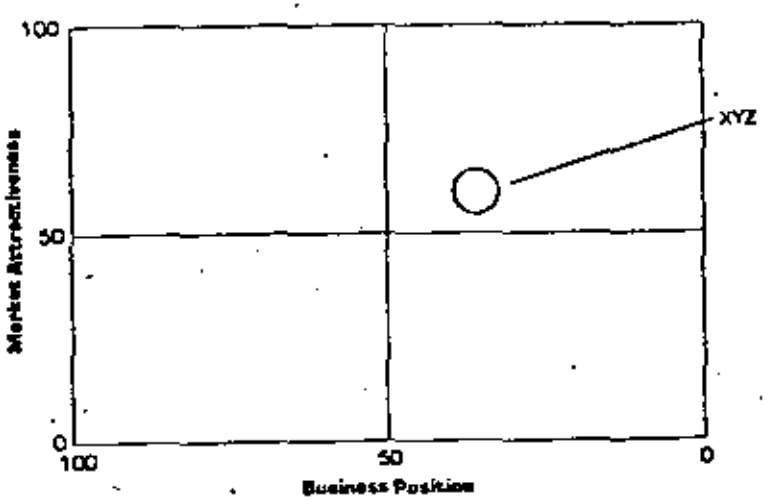


Figure 2
Plot of Rankings for Business Analyzed in Tables 4 & 5; Area of Circle Indicates Sales

ASSESSING THE FUTURE OPPORTUNITY

The analysis of the current position of a business, just described, is relatively mechanical. Experienced analysts will differ somewhat in their assessments of individual factors but they are likely to be in substan-

tial agreement about the present position of a business on the chart.

Far more difficult is the assessment of future opportunity. One frequently used approach is to make a single assessment of market attractiveness at some relatively close future date (such as a year from now) and to omit the current assessment. A variety of strategic options that might change "business position" are then explored against this background. While this approach saves time, it does not deal explicitly with changes in the market environment that alter its attractiveness over time.

A more rigorous approach is to do a thorough analysis of both present and future market environment and position. First, this should be carried out on the assumption that no major changes in strategy are made, and then repeated several times to explore new strategic options.

This is illustrated in Figure 3 for a market where attractiveness is forecast to decline. If no substantial strategic changes are made, the business may be expected to slide vertically downwards on the chart. Alternatively, the business may be moved into a commanding position in a decreasingly attractive market (strategy 1), or position may be allowed to slip as attractiveness declines (strategy 2). Implicit in this is a two-stage analytical process:

Stage 1: Exploring the Impact of a "No Change" Strategy

The analysis required at this step is an exact repeat of the current analysis except that assessments are made at some *future* time point, usually three or five years from now depending on the planning cycle.

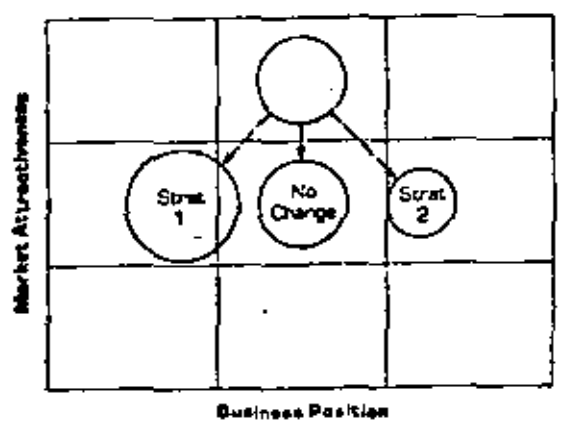


Figure 3
Exploring Strategic Options

22

Such an analysis requires considerable skill. Forecasts have to be made of how the market will evolve competitively, financially, technologically, and environmentally. Unfortunately, theories of market evolution are only embryonic.

Product life cycle theory, as pointed out in Chapter 2, is the most well known theory of evolution, but it focuses on only a very small number of the variables required to assess market attractiveness. Its major focus is on sales and marketing mix variables. There is no explicit inclusion of segmentation changes, technological changes, external environmental changes, market share changes, financial performance changes, or cost changes due to experience, to name but a few. Furthermore the unit of analysis is usually a "product," not "business" or "market." Several other partial theories do exist,[6] but none are comprehensive enough to provide significant help at this step in the planning process.

Assessing the future is, therefore, largely a process of qualitative judgment. It involves answering questions such as:

- How will customer behavior change?
- How will segmentation be affected?
- How will competitors redefine their activities?
- How will competitors change their investment strategies?
- How will competitors' functional strategies change?
- How will product technology change?
- How will process technology change?
- What environmental changes will take place?
- What changes can be expected in the character of competition?
- How will costs change?
- How will financial performance be affected?

This is much more than "sales forecasting," encompassing a much more complex set of factors and relationships that influence future attractiveness.

Once such changes have been forecasted, the next task is to determine what impact they will have on the firm *if no significant change in strategy occurs*. Of crucial importance is understanding, as outlined in Chapter 2, how the "fit" between the firm's particular competence and the requirements of the marketplace may change as the market evolves. Even if this assessment is qualitative it provides some basis for making judgments about the future strength of a business' position in the light of forecasted changes.

[6]See Derek Abell, "Competitive Market Strategies: Some Generalizations and Hypotheses," Marketing Science Institute Report No. 73-107; See also William J. Abernathy and Kenneth Wayne, "Limits of the Learning Curve," Harvard Business Review, 52, No. 5 (September-October 1974), p. 109.

Stage 6: The Strategy Decision

The strategy decision requires that the process just described be repeated several times. However, the "no planned change" assumption is dropped in favor of planned changes in strategy to match the evolving marketplace. Each time the process is repeated, different assumptions are made about the objectives and investments to be made in the business. A final choice of strategy requires estimating the long-run costs and benefits of contemplated changes.

Again, this is a very difficult task. Cost estimates require at least an approximate idea of the actual functional strategies, budgets and fixed investments needed to pursue a particular option. An estimate of benefits requires an assessment of the expected financial and market performance which will result from a strategic change. *It is of paramount importance to consider the reaction of competitors to any strategic change.* This facet of the analysis is most often ignored with serious consequences for the final effectiveness of strategic market plans.

There are usually several major strategic investment options. These correspond closely to those described in Chapter 4. The main difference is that strategy choices are expressed in terms of changes in "business position," a composite of several different variables, rather than in terms of holding, gaining, or harvesting market share.

1. *Investing to hold* aims at maintaining the current position. It calls for sufficient investment to keep up with changes as the market evolves. Figure 4 shows this strategy in a market of declining attractiveness.

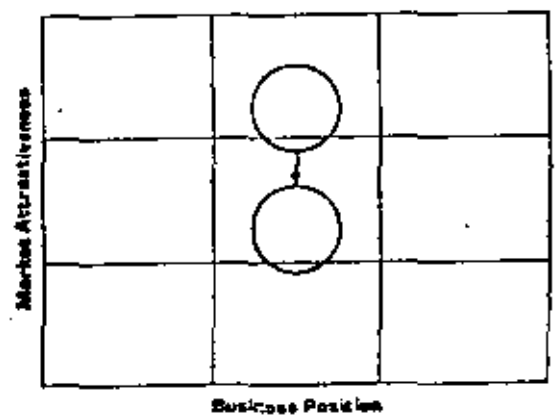


Figure 4
Investing to Hold

2. *Investing to penetrate* (Figure 5) aims at improving business position. It requires sufficient investment to move the business to the left on the chart. Such a strategy is usually undertaken during the early development of a market or growth phase.

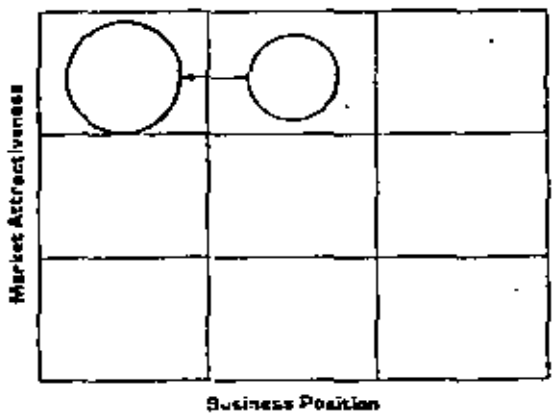


Figure 5
Investing to Penetrate

3. *Investing to rebuild* (Figure 6) aims at restoring a position which has been lost. Such "revitalization" may take considerable investment if the market is entering maturity or declining.

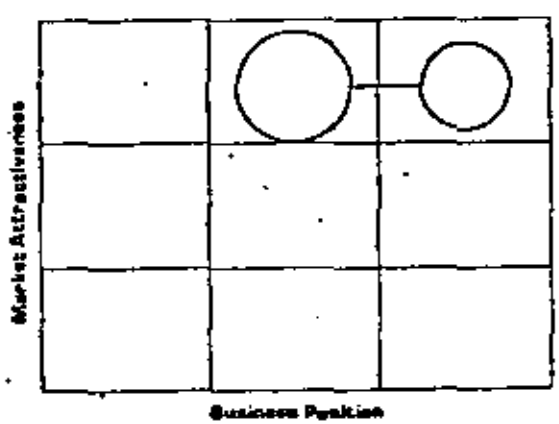


Figure 6
Investing to Rebuild

4. *Selective investment* (Figure 7) aims at strengthening positions in in segments of the activity where the benefits of penetration or rebuilding appear to exceed the costs, and letting position weaken where costs exceed benefits.

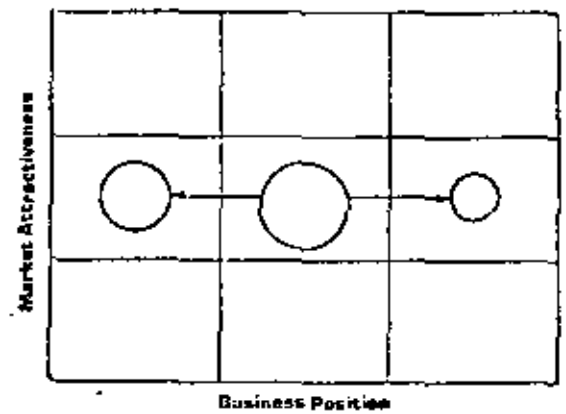


Figure 7
Selective Investment

5. *Low investment* (Figure 8) aims at "harvesting" the business. Usually business position is exchanged for cash. This may be implemented over a fairly long time period, however. In the short

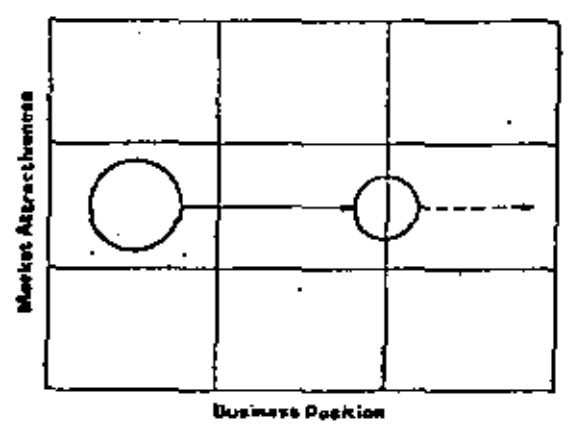


Figure 8
Low Investment

24

run, selective investment may be made with a view to eventual sale of the business at the highest possible prices.

In practice, inexperienced planners tend to spend too much time on the assessment of *present* overall attractiveness, and too little time on the more difficult job of assessing future changes and strategic options for dealing with them. This is natural, perhaps, because the former is relatively easier and more "mechanistic"; the latter is more difficult and requires much more judgment.

DEFINING THE UNIT OF ANALYSIS

As noted earlier, these analytical methods may be applied at a variety of levels of aggregation provided that meaningful measures of the various factors can be made. Theoretically this could be an individual product, a product line, a market segment, a business unit, or even a division. In practice, a level of aggregation is usually chosen which is meaningful strategically, i.e., a level at which plans are drawn-up and implemented, and at which strategic decisions can be made relatively independently of strategic decisions in other organizational units. Thus it is more likely that an analysis would be made for the color-television business than television sets as a whole, and would encompass all color sets rather than focus on any particular size or model.

The choice of level at which to carry out market attractiveness-business position assessments rests with management. There are no easy prescriptions. Often the analysis may be repeated at several different levels. For example, corporate management may be interested in assessing the attractiveness of investing funds in a particular business unit and will ask the general manager of the business unit to provide such an analysis; the general manager may in turn ask his or her subordinate program managers to present an analysis of investment opportunity in each of several major product or market segments. Also, for planning purposes businesses are sometimes divided first on the basis of products, and then on the basis of user industries or geographic markets. In such cases the analytical procedures can be repeated across each of these dimensions.

SUMMARY

The analysis described in this chapter are based on separate assessments of market attractiveness and business position and the display of the results on a two-dimensional plot. The analysis of investment potential proceeds in three distinct stages. First, assessments of current market attractiveness and business position are made. Second, the analysis is repeated to portray the new position of a business as market conditions change with no corresponding change in strategy. Third, alternative strategic adaptions to a changed market environment are explored.

Market attractiveness-business position assessment focuses on the ROI potential of alternative strategic missions for a business. In this sense it complements portfolio analysis which is primarily concerned with the cash flow implications of strategy, and overall cash balances between various units in a division or company portfolio.

52

26

The Use of Pooled Business Experience: The PIMS Project

The previous chapter, dealing with market attractiveness-business position assessment, noted three methodological problems:

1. The factors that impact on "attractiveness" or "position" have to be identified by the analyst.
2. The strength and direction of the relationship between a particular factor and attractiveness or position has to be assessed judgmentally.
3. Overall assessments of attractiveness or position depend on some implicit or explicit "weighting" of the different factors involved.

The so-called PIMS project[1] (for Profit Impact of Marketing Strategy) addresses these difficulties by using empirical evidence from a large number of businesses in a large number of situations. A computer model identifies the most important factors, shows how each factor is related to performance, and "weights" them according to their relative importance in the total equation.

[1] Schoeffler et al., "The Impact of Strategic Planning on Profit Performance," *Harvard Business Review*, March-April 1974.

BACKGROUND[1]

To find better ways to explain and predict operating performance, the PIMS project was initiated in 1960 as an internal project at the General Electric Company (G.E.). After several years of intensive research and testing, a computer-based regression[2] model was constructed that "explained" a substantial part of the variation in return-on-investment (ROI). The model used as input, data from a fairly large number of G.E. businesses in diverse markets and industries. (Such models are called "cross-sectional.") The model identified those factors that related most strongly to ROI and provided an indication of their relative role as explanatory variables.

Development of the model continued throughout the 1960s and early 1970s, first at G.E. and then later at the Harvard Business School and the Marketing Science Institute. At this stage the data base was enlarged to include many corporations in addition to G.E.. In 1975, the Strategic Planning Institute, a non-profit corporation governed by the member companies, was formed to manage the PIMS project. In 1977, membership included more than 150 companies operating more than 1,000 businesses, drawn mostly from the *Fortune* 500 list. These companies contribute data on one or more of their businesses to the data pool and in return receive a variety of useful strategic planning information on each business submitted.

Among the most important questions which PIMS addresses are:

- What factors explain differences in typical levels of ROI and cash flow among various kinds of businesses?
- What rate of ROI and of cash flow is "normal" or "PAR" in a given type of business, under given market conditions, and using a given strategy?
- How will ROI and other measures of performance, in a specific business, be affected by a change in the strategy employed?
- What are promising directions to explore to improve the performance of a given business?

Answers to these questions are useful to management both in establishing overall objectives for a business and in identifying specific ways to reach them. Consequently PIMS contributes to several stages

[1]Additional background on the PIMS program is provided in Appendix A of the Tex-Fiber Industries (C) case (pp. 321-24).

[2]Regression is a statistical procedure for empirically determining how one variable may be affected by changes in one or more others.

of the strategic planning process outlined in Chapter 1. In addition, PIMS can be used to help forecast profits, to help make effective allocations of capital, manpower, and other scarce resources; to measure managerial performance (by comparing "expected" with "actual" profit results); and to appraise new business opportunities.

PIMS DEFINITION OF BUSINESSES AND MARKETS[1]

For purpose of PIMS analysis, a business is usually defined as an operating unit that:

- sells a distinct set of products or services
- to an identifiable group of customers
- in competition with a well-defined set of competitors.

Additionally the business must be defined broadly enough to avoid too many arbitrary allocations of joint costs.

The term "market" refers to a set of customers with similar requirements for products and/or services. However, a business may elect to serve only certain customers in the total market; thus when measuring market size and market share, PIMS uses the "served market" concept. A "served market" is usually smaller than the total market.

THE PIMS DATA BASE

Each participating company supplies more than 100 data items for each business, on five separate data forms. (These forms appear in the Tex-Fiber (C) case, pp. 291-320, following this chapter.)

- *Data Form 1:* asks for a description of the business, its products and/or services, its customers and the relationship of this particular business to other organizational components in the same company.
- *Data Form 2:* asks for operating results and balance sheet information.

[1]Appendix B of the Tex-Fiber Industries (C) case provides a fuller explanation of how to define businesses and markets in a particular PIMS application situation, see pages 325-27 in the case.

- *Data Form 3:* asks for data on leading competitors and the served market.
- *Data Form 4:* asks for a specification of the SIC* code or for certain other "industry" data.
- *Data Form 5:* asks for assumptions about future sales, selling prices, and raw materials costs.

Table 1 shows the composition of the data base in terms of industry, geography, and company size.

Table 1
COMPOSITION OF THE PIMS DATA BASE

INDUSTRY CLASSIFICATION	% OF SAMPLE
Consumer product manufacturers	29
Capital equipment manufacturers	19
Raw materials producers	11
Components manufacturers	23
Industrial supplies manufacturers	14
Service and distribution businesses	4
	100%
GEOGRAPHIC LOCATION	
U.S. based	85
Foreign	15

COMPANY SIZE (ANNUAL SALES)	OVER $100 MM	UNDER $100 MM
U.S.	55%	35%
Foreign	10	0
	65%	35%

Many first-time users of PIMS ask whether conclusions drawn from such a wide variety of businesses are really relevant for their particular business. Often, managers intuitively feel that their own situation is "unique" and "different." Sometimes they feel that more valid conclusions might be drawn from a subsample of the data more closely approximating their particular industry.

This line of reasoning overlooks the fundamental concept of the PIMS models, namely that certain strategic characteristics of the business and its market determine profitability. Each business is described in terms of 37 factors, such as growth rate, market share, product quality, investment intensity, etc. It has been empirically determined that these factors provide more explanation of variation in performance than industry classification, geographic location, or size. Indeed, there are some "universal laws of the marketplace" and these laws apply equally well in a variety of industry sectors.

However, it does seem relevant to question whether the some 37 factors predict performance in equal measure in—say—a service industry, a manufacturing industry, and a distribution industry. "Sector" models are under development to ascertain if such differences are significant.

*SIC = Standard Industrial Classification. The SIC Code is used to classify firms and industries into standard groupings.

USING PIMS

There are two basically different ways that PIMS results can be used to facilitate strategic market planning:

1. By taking into account a series of general observations about the relationship of business performance with strategic and market variables. We shall report on this under the heading "Selected PIMS Findings."
2. By submitting data on a particular business to the PIMS models for detailed analysis of its performance relative to "PAR," and for assessing the implications of strategic changes. We shall report on this under the heading "Using PIMS on a Particular Business."

Each will be dealt with in turn.

SELECTED PIMS FINDINGS

Multivariate regression equations have been used to establish relationships between a variety of different factors and two separate measures of performance: ROI and cash flow. PIMS research indicates that these performance measures are largely determined by general factors: market growth rate, market share of the business, market share divided by the combined shares of the company's three largest competitors (a somewhat different measure of relative share than used for portfolio analysis in Chapter 4), the degree of vertical integration, working capital requirements per dollar of sales, plant and equipment requirements per dollar of sales, relative product quality, etc.

Cross tabulation analysis has been used to illustrate the most important relationships established by regression. The factors which have been tabulated may be grouped into five classes:

- attractiveness of market environment
  - —long run (4–10 years ahead) industry growth rate
  - —short run (up to 3 years ahead) industry growth rate
  - —stage in the product life cycle
- strength of competitive position
  - — market share
  - — relative market share
  - — relative product quality
  - — relative breadth of product line
- "effectiveness" of use of investment
  - — investment intensity (total investment/sales; also total investment/value added)
  - — fixed capital intensity (fixed capital/sales)
  - — vertical integration (value added/sales)
  - — percent capacity utilized
- discretionary budget allocations
  - — marketing expense/sales
  - — research and development expense/sales
  - — new product expense/sales
- current changes in market position
  - — change in market share

Tables showing these relationships appear below. The first group of tables shows the relationship between a variety of factors and ROI, and the second group shows the relationship to cash flow. (Specific definitions of each of the factors are given in the Tex-Fiber (E) case following this chapter, pages 369–71*.) A word of caution is necessary in interpreting the tables. These tables show only the relationships between performance and one or two variables at a time, whereas actual performance would depend on all the other variables also. Therefore, these tabulated values must be interpreted as averages with "all other things being equal."

Statistically, the sample size of close to 1,000 businesses means that a fairly high "confidence level"† can be associated with the tabulated results. Differences of less than three percentage points between table entries in ROI, and less than one percentage point between table entries in cash flow/investment should be disregarded, however.

*In a few cases reference should also be made to the input questionnaires contained in the Tex-Fiber (C) case, pp. 281–320.

†"Confidence level" is a statistical measure of the degree to which the results show a true relationship and are not due to chance. Generally speaking the larger the sample size, the higher the "confidence level" that the sample result approximates the true underlying relationships.

Determinants of ROI*

The major determinants of ROI are a) investment intensity, b) market share (or relative market share), c) market growth, d) life cycle stage, and e) marketing expense/sales ratio. Each has been tabulated alone or with another factor to determine its impact on ROI.

a) The Impact of Investment Intensity

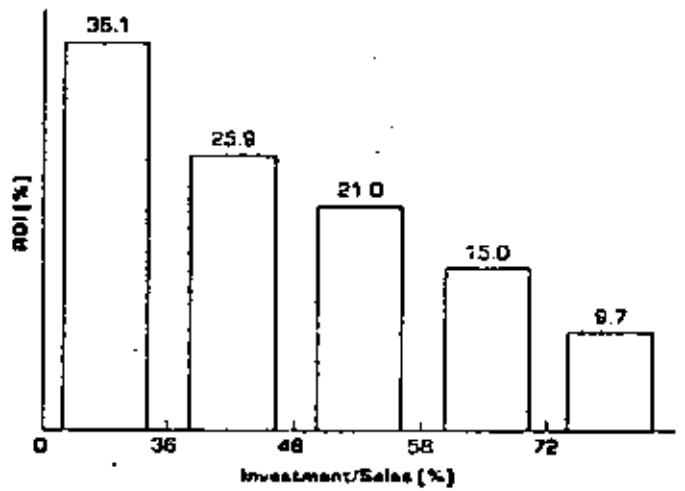


Figure 1
As Investment Intensity Rises ROI Declines

*ROI is measured throughout as: ROI = pre-tax income/average investment, where income is after deduction of corporate expenses, but prior to interest charges, and "investment" equals working capital plus fixed capital at book value. ROI is an average figure for the four years of reported data.

Table 2

LARGE INVESTMENT AND HIGH MARKETING INTENSITY EQUALS POOR ROI

Investment/Value Added	LO – 6%	6% – 11%	11% – HI
LO – 89%	33*	29	25
89% – 130%	24	19	10
130% – HI	11	9	9

Marketing/Sales

*Read: The average return on investment for businesses with low investment/value added (less than 89 percent) and low marketing/sales (less than 6 percent) was 33 percent. Note that in all the tables in this chapter, "cut points" have been chosen so that each cell contains approximately equal numbers of observations (approximately 100 observations per cell).

Table 3

CAPACITY UTILIZATION IS VITAL WHEN FIXED CAPITAL INTENSITY IS HIGH

Fixed Capital Intensity	LO – 70%	70% – 85%	85% – HI
LO – 34%	25	21	28
34% – 64%	20	17	24
64% – HI	7	11	17

Capacity Utilization

Table 4

HIGH CAPITAL INTENSITY & LOW MARKET SHARE EQUALS DISASTER

Fixed Capital Intensity	LO – [illegible]	[illegible] – [illegible]	[illegible] – HI
LO – 34%	13	21	40
34% – 64%	11	17	30
64% – HI	5	17	17

Relative Market Share

b) The Impact of Market Share*

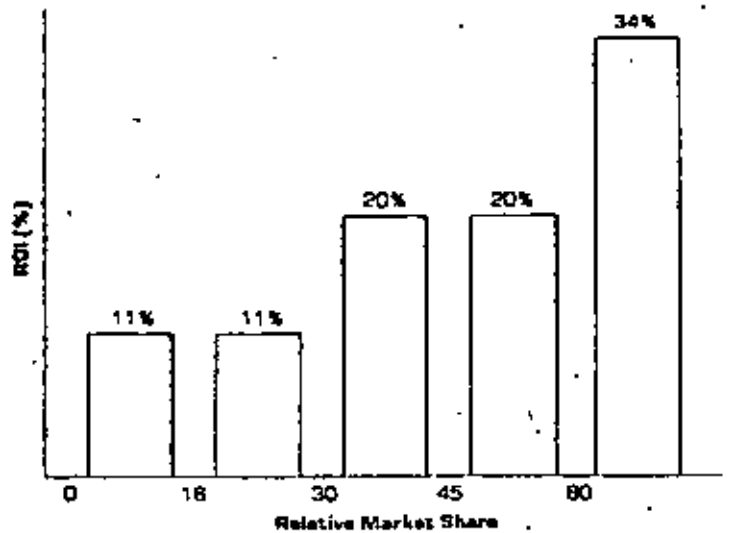


Figure 2

ROI is Closely Related to Relative Market Share

*Buzzell et al., "Market Share: A Key to Profitability," *Harvard Business Review*, January-February 1975.

Table 5
MARKET SHARE IS MOST PROFITABLE
IN VERTICALLY INTEGRATED INDUSTRIES

Relative Market Share \ Value Added/Sales	LO	53%	68% HI
LO	13	13	12
26%	21	20	17
63%	28	34	35
HI			

Table 6
HIGH R&D SPENDING DEPRESSES ROI
WHEN MARKET SHARE IS WEAK

Relative Market Share \ R&D/Sales	LO	1.3%	3.7% HI
LO	17	12	4
26%	14	20	10
63%	27	30	30
HI			

Table 7
CAPACITY UTILIZATION IS MOST IMPORTANT
FOR LOW SHARE BUSINESSES

Relative Market Share \ Capacity Utilization	LO	70%	85% HI
LO	9	11	17
26%	17	18	22
63%	33	31	34
HI			

Table 8
HEAVY MARKETING DEPRESSES ROI FOR LOW SHARE BUSINESSES

Relative Market Share \ Marketing/Sales	LO	6%	11% HI
LO	20	13	7
26%	21	19	19
63%	34	31	34
HI			

Table 9
MARKET SHARE AND QUALITY ARE PARTIAL SUBSTITUTES
FOR EACH OTHER

Relative Market Share \ Relative Product Quality	LO	6%	36% HI
LO	12	10	17
26%	17	17	26
63%	29	29	37
HI			

c) The Impact of Market Growth Rate

Table 10
A RAPID RATE OF NEW PRODUCT INTRODUCTION
IN FAST GROWING MARKETS DEPRESSES ROI

Long Run Market Growth Rate \ New Products (% Sales)	LO	1%	12% HI
LO	21	18	18
6%	20	24	15
9%	24	25	15
HI			

Table 11
R&D IS MOST PROFITABLE IN MATURE, SLOW GROWTH MARKETS

Long Run Market Growth Rate	LO	1.3%	3.7% HI
LO	14	21	19
6%	22	19	15
9% HI	21	20	12

R&D/Sales

d) The Impact of Life Cycle Stage

Table 12
A NARROW PRODUCT LINE, IN EARLY OR MIDDLE STAGE OF THE LIFE CYCLE, IS LESS PROFITABLE THAN AT THE LATE STAGE

Stage in Life Cycle	Narrow		Wide
Early	11	16	27
Middle	13	18	29
Late	23	18	23

Relative Breadth of Product Line

e) The Impact of Marketing Expense/Sales

Table 13
HIGH R&D PLUS HIGH MARKETING DEPRESSES ROI

R&D Sales	LO	6%	.11% HI
LO	21	21	21
1.3%	22	23	19
3.7% HI	19	22	10

Marketing/Sales

Table 14
HIGH MARKETING EXPENDITURES DEPRESS ROI ESPECIALLY WHEN QUALITY IS LOW

Quality	LO	6%	11% HI
LO	17	14	5
6%	22	18	18
36% HI	32	25	25

Marketing/Sales

Determinants of Cash Flow*

Among the major determinants of cash flow are relative market share and investment intensity. These two factors have been tabulated with other factors such as market growth, marketing/sales ratio, and rate of new product introductions, to determine their impact on cash flow.

a) The Impact of Relative Market Share on Cash Flow

Table 15
HIGH RELATIVE SHARE IMPROVES CASH FLOW;* HIGH GROWTH DECREASES IT

Market Growth	HI 75%	60%	LO
HI	5 (Stars)	-1	-5 (Question Marks)
7%	7	3	-2
0%	7	2	-1 (Dogs)
LO	(Cash Cows)		

Relative Market Share

*Cash flow is measured throughout as "cash flow" ÷ cash flow average investment, where cash flow on the right hand side of the equation is cash flow from operations minus changes due to fixed and working capital investment.

32

Table 15 generally corroborates the hypothesized relationships between share, growth, and cash that underpins portfolio display charts. It also provides a quantitative estimate of how these factors actually affect cash flow. Statistical analysis shows that only about 6 percent of the variability in cash flow among businesses in the sample can be explained by relative share and growth alone. This indicates that many other factors also influence cash flow. Some of those are shown in the tables that follow.

Table 16
HIGH SHARE AND LOW INVESTMENT INTENSITY PRODUCE CASH; LOW SHARE AND HIGH INVESTMENT INTENSITY RESULT IN A CASH DRAIN

Investment/Value Added	HI	52%	26%	LO
LO	14	6	1	
80%	6	2	0	
120%	1	-2	-5	
HI				

Relative Market Share

Table 17
HIGH RELATIVE SHARE PRODUCES CASH—ESPECIALLY WHEN MARKETING INTENSITY IS LOW

Marketing/Sales	HI	65%	31%	LO
HI	7	4	-4	
11%	6	4	0	
6%	9	0	0	
LO				

Relative Market Share

b) The Impact of Investment Intensity on Cash Flow

Table 18
LOW OR MEDIUM GROWTH COUPLED WITH LOW INVESTMENT INTENSITY PRODUCES CASH; HIGH GROWTH COUPLED WITH HIGH INVESTMENT INTENSITY IS A CASH DRAIN

Investment/Value Added	LO	6%	9%	HI
LO	8	11	5	
80%	5	1	2	
120%	0	0	-7	
HI				

Long Run Growth of Industry

Table 19
HARVESTING SHARE WHEN INVESTMENT INTENSITY IS LOW PRODUCES CASH; BUILDING SHARE WHEN INVESTMENT INTENSITY IS HIGH IS A CASH DRAIN

Investment/Value Added	Down	Steady	Up
LO	12	9	0
80%	4	5	-2
120%	0	0	-7
HI			

Change in Market Share

33

Table 20
INVESTMENT PLUS MARKETING INTENSITY RESULTS IN CASH DRAINS

Investment/Value Added	LO	6%	11%	HI
LO	9	8	6	
80%	6	2	0	
120%	0	-3	-6	
HI				

Marketing/Sales

Table 21
FEW NEW PRODUCT INTRODUCTIONS COUPLED WITH LOW INVESTMENT INTENSITY PRODUCES CASH

Investment/Value Added	LO	1%	12%	HI
LO	13	7	4	
80%	5	5	-3	
120%	0	-1	-7	
HI				

New Product Introductions (% Sales)

PIMS REPORTS FOR A PARTICULAR BUSINESS

While the foregoing tabulations provide a general indication of what to expect from following a particular strategy in a given market situation, more specific analyses for individual businesses are available to PIMS subscribers. Based upon the data supplied for each business a firm may receive four major kinds of reports. Examples and descriptions of each report are contained in the Tex-Fiber Industries (D) and (E) cases which follow this chapter. (See pp. 328-71.) Here, each will be outlined only.

"PAR" Reports indicate what ROI and cash flow are "normal" or "PAR" for a given kind of market environment, market position, degree of competitive differentiation, use of investment, budget allocation, company type, and historical pattern of strategic moves. It is based on the past performance of real businesses under comparable conditions.

In addition, the PAR Reports show how the PAR ROI and cash flow for a business compare with the average for *all* businesses in the PIMS sample (17 percent for pre-tax ROI and 2.7 percent for the ratio of cash flow to investment). PAR Reports also show what factors account for the variation of PAR from the overall average. If, for example, the PAR ROI for a business exceeds the average by 8 percent, then the PAR model will attribute a proportion of the 8 percentage points to each of the various factors, such as growth, investment intensity, or market share. (See Table 2 of the Tex-Fiber (D) case, pp. 331-32.)

PAR values are useful to management in assessing reasonable performance expectations for a particular business, and for setting a standard against which to control actual performance. Deviations of actual ROI from PAR can indicate that a business is particularly well or badly managed. PAR Reports are also useful for identifying critical success factors in any given situation. These are the factors that substantially contribute to the explanation of differences between PAR values and average ROI or cash flow for all businesses.

Strategy Sensitivity Reports predict what would happen (within the short and long term) if certain strategic changes were made. These reports are based on future values, supplied by the user, of industry sales, costs, and prices.

Strategy Sensitivity Reports show the effect of changes in market share, vertical integration, or capital intensity on performance measures such as ROI, net income, discounted net income, cash flow, and discounted cash flow. Management can, therefore, explore the implication of making fundamental changes in the strategy of a business, and the performance trade-offs that might be involved in the short and long run. For example, market share improvement typically depresses cash flow in the years it is undertaken, but may increase cash flow in the long run.

In reality, changes in these factors would also entail changes in other factors such as product quality, relative prices, capacity utilization, research and development/sales, and marketing expense/sales, etc. Market share improvement, for example, might require increases in marketing/sales and research and development/sales ratios. The model uses the PIMS data base to assess how the various factors typically relate to one another, and how a change in one affects changes in others.

Thus "consistency" between the various factors is determined by the historical experience of other real businesses making similar strategic moves. (See Table 8 in the Tex-Fiber (D) case, p. 341, as an example.)

Optimum Strategy Reports predict which combination of strategic moves results in the best ROI, discounted net income, or discounted cash flow. Individual reports are prepared to maximize each of these measures: each entails different strategic moves and results in suboptimal performance on the other performance measures. For instance, a strategy to maximize cash flow is likely to result in a sharp reduction in market share and low[illegible] net income and ROI. (See, for example, Table 12 in the Tex-Fiber (D) case, p. 345.)

Limited Information Model (LIM) Report combines elements of both the PAR ROI and Strategy Sensitivity Reports, but in a less comprehensive way. It is designed for business planning situations in which it is difficult to collect all the data needed for a complete PIMS analysis. It uses 18 profit-influencing factors rather than 37; these explain more than 60 percent of the observed variation in ROI (as opposed to explanations of more than 80 percent when all the factors are used). (Examples of LIM Reports are in the Tex-Fiber (E) case, pp. 355–68).

Normally there is a progression in the utilization of the PIMS system. Companies usually begin by submitting data on only one or two businesses and define them at a rather aggregate level. A manufacturer of a range of portable typewriters, for example, might initially submit this as one single business. At a later stage, the numbers of businesses may be expanded and each segment of a business in which a differentiated strategy is possible might be explored. In the above example, the portable typewriter business might now be subdivided into geographic or product segments. Sophisticated users progress to developing strategies for "portfolios" of businesses, using a supplementary "model" (not described above) that takes overall cash constraints into account. In the process the hope is that using PIMS will become a routine part of the regular planning process.

In all phases PIMS is best used as an *aid* to management judgment, not as a substitute for management judgment. Strategy Sensitivity Reports, for example, are useful as "directional indicators"—to provide management with a sense of the trade-offs involved in undertaking various strategy alternatives. In other words, a liberal dose of business judgment should be applied in using PIMS print-outs to aid the preparation of actual plans and budgets. As Dr. Sidney Schoeffler, Executive Director of the Strategic Planning Institute and the originator of PIMS, says, "Don't ignore what the model says, but don't believe what the model says either."

SUMMARY

Using pooled business experience to aid planning—as PIMS does—addresses some of the difficulties associated with more judgmental methods for formulating business strategy. PIMS findings indicate that investment intensity, relative market share, industry growth rate, life cycle position, and marketing expense/sales ratios are among the most important factors affecting ROI and cash flow. Altogether 37 variables are used to "explain" variations in these performance measures for the nearly 1,000 businesses in the data base. The PIMS model requires as input more than 100 pieces of data concerning the business, its operating results, the market and competitive environment, and general industry characteristics; output is in the form of reports showing "normal" or "PAR" ROI, "PAR" cash flow, and the impact of strategic changes on various aspects of performance.

Exhibit B
SANDS, TAYLOR & WOOD COMPANY
Flour Sales
Total Market & Shares of Market
(Boston Area Only)

TOTAL MARKET	
1973–1974	592,411 bales
1974–1975	586,309 bales
1975–1976	682,417 bales

	1973–74	1974–75	1975–76
King Arthur	20.5%	18.2%	17.5%
Gold Medal	33.8	34.0	31.1
Pillsbury	28.6	29.1	30.9
Robin Hood	1.6	2.1	1.3
Private Label	15.7	16.6	19.0
Heckers	—	—	0.2

Source: Company records.

DISCUSSION QUESTIONS

SANDS, TAYLOR & WOOD COMPANY

1. Who are they (Sands, Taylor & Wood Company)?
   What should they do?
   What business are they in?
   How should they conceive of themselves?
   How should they conceive of themselves five years from now?
2. What strategic actions should Mr. Sands now take?
3. What administrative processes should he set in motion?
4. If you think he is short of information, what specifically should he collect? Where? How? At what cost?

Making Planning Work: The Human Side of Planning

PROBLEMS IN MAKING PLANNING WORK

Advocates of planning in large organizations usually start out optimistically. Armed with new conceptual tools, such as the ones described in this book, they look forward to bringing order to an important process which has been too haphazard in the past. But far too often their optimism is unfounded; serious problems—of which the following are examples—arise:

- Planning becomes a mindless ritual—the "rites of fall"—rather than an opportunity for sound strategic thinking.
- Higher-level (for example corporate) staff people become embroiled in "we-they" battles with lower levels of the organization.
- Information that exists in other parts of the organization is withheld or begrudgingly surrendered to those who need it for planning.
- Other information presented in plans—such as sales estimates—is "slanted" to justify a particular position rather than provide a sound basis to compare alternatives.
- Future strategies often are unimaginative projections of present strategies.
- Attractive new strategies are proposed but are rejected, and seemingly inferior ones are selected instead.
- The results of the planning process are ignored when actual decisions of long-range consequence, such as acquisitions, are made.

THE UNDERLYING CAUSES OF THE PROBLEMS

The underlying causes of these problems are seldom technical deficiencies with the planning process or the analytical approaches. Instead they are human and administrative problems. Planning requires that people work together on complex issues with a large number of alternatives, great uncertainties, and consequences far into the future. The stakes are enormous for themselves and their organizational unit. When these are added up it seems that the human and organizational deck is stacked against planning. More specifically:

- Planning is fundamentally a resource allocation process; managers perceive that their power base and career prospects are enhanced by receiving a large share of resources. Therefore their inputs to the planning process are geared to achieve these ends. They become advocates for their position rather than seekers of the corporate good.
- Short-range issues with near-term financial consequences are of far greater importance to most managers than the longer-range issues addressed by strategic planning. Thus managers are unaccustomed to thinking about the more distant future and find it difficult and unrewarding to do so.
- The above two reasons stem, by and large, from a common source: the organization's explicit and implicit reward-punishment system. Managers observe that those who are in key positions in faster-growing, larger organizational units are better paid, have better careers, and have more prestige than those in their smaller, slower-growing counterparts. [illegible] more, they know that short-range measures (for example, this year's sales and earnings) receive far greater weight in evaluating their performance than longer-run measures. It is not surprising, therefore, to see them put emphasis where the personal rewards seem to be the greatest.
- Most resource and program managers' jobs are performed at a hectic pace, with constant interruptions, short, verbal encounters, and great varieties of subject matter and issues, primarily having to do with current, ad hoc, specific issues. Such jobs tend to attract managers who prefer doing business this way.[illegible] But planning requires longer periods of deeper, uninterrupted thought having to do with more general, longer-range complex issues. Thus many managers are ill equipped and ill-disposed to plan.

[illegible]

- Many key people are misinformed about planning. A surprisingly large number of those who are expected to plan simply don't understand how to. They don't understand planning, what is expected of them in the planning process, the purpose of the information they are to provide, the importance of their contribution, or the planning tools (such as portfolio analysis) they are to use. Even worse, most organizations have planning sophisticates in planning departments who are often misinformed about their role. They think they are to *do* planning rather than to *facilitate* planning by general managers, resource managers, and program managers. When their clients are similarly misinformed, which is too often the case, planning ends up being abdicated to those too unfamiliar with their businesses to do an adequate job.
- The necessary knowledge to make planning work is unevenly distributed in the organization. This makes it possible for lower-level people with intimate knowledge of individual businesses, products, and markets to present information selectively, or in a manner that favors a preferred strategy. Central staff types, responsible for evaluating and integrating plans, are poorly equipped to challenge them. For their part, higher-ups, in their ignorance of markets, [illegible] to lower units that are strategically unsound. [illegible] higher-level types think their lower-level counterparts [illegible] know how to plan" whereas lower-level (e.g. division personnel) in turn, view the high-level (e.g. corporate) people as "in the ivory tower," "too theoretical," or "don't know our business." This results in suspicion and disdain on the part of each side for the other, a source of the "we-they" behavior described earlier.
- Managers often hide their actual activities or results from higher-level management by arbitrary allocations within the accounting system. When information required for planning can potentially expose some of this activity and reduce a manager's flexibility, requests for the information will be resisted.
- Politics, informal alliances, and friendships among key managers may cause less-than-optimal planning decisions for the organization as a whole.
- Good communication and dialogue necessary for successful planning are made difficult by the large number of people who must interact. They have widely varying backgrounds and are often physically and organizationally remote from one another. The problem is compounded by the need to summarize complex ideas succinctly, such as in portfolio charts or in terse written statements. The analysis and plans for a substantial business may be only [illegible] few pages in planning documents.

HOW TO DEAL WITH THE PROBLEMS

As can be seen, these causes of planning problems have as their source the nature of human beings—especially their concern for their own well-being, the nature of modern-day corporate processes, especially their reward-punishment systems, and the nature of planning—especially its complexity, large stakes, and long-range outlook. There is relatively little that those involved in planning can do to change the causes, but there is a great deal that can be done to work within or around them. Doing so starts with the fundamental realization that the techniques described in earlier chapters are insufficient, by themselves, to ensure that planning works. The ability to successfully address these human and organizational problems is an added ingredient required for success.

Here are a dozen ways to help ensure success:

1. *Get the support of senior management.*
   The support of senior management is an absolute must, because planning is ultimately designed for them to set strategy and allocate resources. Their support may start with words, but must ultimately be reflected in their deeds. Senior management behavior sends important signals to the rest of the organization about what is expected; if it doesn't take planning seriously then the rest of the management won't either. Senior management must be actively involved in planning, and see that decisions subsequent to the plan are consistent with it (or made along with a clearly communicated modification of the plan).
2. *Educate those who will be involved in planning.*
   It is important for those involved in planning to have an overview of the planning process, understand the key analytical approaches to be used, and understand what is required at each major step of the process. A common understanding of the corporation's "model" for planning is essential for proper communication and to ensure that each person's contribution properly fits in.
   Often, education is required before strategic thinking can really take place. We suggest that such education be conveyed in a seminar of several days duration. In it, every effort should be made to support concepts with concrete examples; in fact discussion of cases such as those in this book and ones drawn from company files would be ideal. Presentations should make clear the benefits of planning to those involved. Ample time should be allowed for questions. Answers should be forthright; the difficulties of planning should not be papered over.

A good example of the need for face-to-face education occurred in a major accounting firm. The partner in charge of planning had developed a time-sharing computer model which could be used for planning by the managing partners at each of the branch offices. It was hardly used until he made a personal tour to each office to introduce and explain it. Great enthusiasm followed; some of the managers became so fascinated that they stayed late at night exploring alternatives and analyzing consequences. On the other hand, a large insurance company developed an elaborate and comprehensive planning system which was only partially successful. Its limited success was due in large measure to inadequate attention to the need for education. Instead, there was over-reliance on a thick, abstract planning manual developed by the planning department, which few managers read and most didn't understand.

3. *Ensure that all general managers, resource managers, and program managers are actively involved in planning.*
   All types of management—general management, resource management, and program management—must be active in planning; after all, the future of each part of the operation is being planned in conjunction with planning the whole. All viewpoints will be required in shaping the overall plan. Of course, they can delegate a great deal to staff subordinates but they must be involved and ultimately responsible for the results.
4. *Make heavy, but appropriate, use of staff analyses.*
   The quality of planning will depend in large measure on how effectively staff can be used to conduct analyses, gather data, explore the implications of alternatives, prepare position papers, etc. While some of the staff might be called "planners," managers should remember that planners don't plan; *they help managers do so.*
   For example, this distinction is not understood in a large, diversified corporation, noted as a sophisticated developer and user of the latest planning techniques. Unfortunately, the sophisticated techniques are used outside of the main management stream by planners with relatively little interaction with managers. The resultant "plans" have little impact on actual corporate decisions; they are not managers' plans but planners' plans. In fact, the head of planning and the chief-executive officer are locked in continual battle over the appropriate future course of the organization. It is

[1] John S. Hammond, "Do's and Don'ts of Computer Models for Planning," Harvard Business Review, 52, no. 2 (March–April 1974), pp. 110–123.

not hard to guess who wins. The planners and other staff people may put in the majority of the hours, but they should be just decision facilitators;[1] the managers to whom they report are the decision makers.

5. *Keep planning simple, and add complexity when the organization is ready for it.*

To be effective, planning must be simple and easy to understand. However, what is simple for one organization may be complex for another; clearly an organization that is planning for the first time must use a simpler system and simpler techniques than would be suitable for an organization experienced with planning. This suggests an evolutionary approach, for instance introducing only a few new concepts (such as experience curves and portfolio analysis) each year. What John Little[2] said about computer models applies equally to planning systems.

> The manager carries responsibility for outcomes. ... We should not be surprised if he prefers simple analysis that he can grasp, even though it may have a qualitative structure, broad assumptions, and only a little relevant data, to a complex model whose assumptions may be partially hidden or couched in jargon, and whose parameters may be the result of obscure statistical manipulations ...
>
> The best approach is to lead the potential users through a sequence of models of increasing scope and complexity. ... Often the user, having learned a simple model, will start to ask for just the additional considerations found in the advanced models.

Introduction of new techniques should use as their starting point the attitude and knowledge of the managers about current techniques. While this seems obvious, too often new approaches to planning are introduced as if nothing had come before; when this occurs confusion and resistance can result.

While standardization of procedures and techniques is desirable for consistency and ease of communication, it is important not to be doctrinaire. For instance, techniques should be matched to

[1] John S. Hammond, "The Roles of the Manager and Management Scientist in Successful Implementation," Sloan Management Review, 15, no. 2 (Winter 1974), pp. 1–24.

[2] John W. Drake, The Administration of Transportation Modeling Projects (Lexington, Mass.: D. C. Heath, 1971).

[3] John D. C. Little, "Models and Managers: The Concept of a Decision Calculus," Management Science, 16, no. 8 (April 1970), p. B-466.

decisions, i.e., experience curves for analysis of strategies of individual products and portfolio analysis for decisions among products. The "bottom line" of planning is to come up with good plans based on sound strategic thinking; the techniques are just means to this end.

6. *Be concerned about data inputs.*

A recurring difficulty in planning is the availability of appropriate data, especially about markets and market share. When it is unavailable, ingenuity is required to collect it or to estimate it. Important judgments must be made when the information is "available" but in the wrong form. For instance, market share data from an industry association may assume a market definition different from the organization's market definition. This forces the difficult decision of whether to collect or estimate data according to the proper definition—often at considerable cost and reduced accuracy—or to plan, using the industry data. Other problems arise when data is potentially biased, often because its source is trying to prove a point. Then the issue becomes how to obtain an independent verification or to remove the bias from the data. Sometimes the bias arises because the data is intended for a purpose other than planning. For example, insurance companies are required to keep books according to special accounting rules for regulatory agencies monitoring company solvency. Those public data are among the most easily available in the industry, and the most accurate, yet rarely give a true picture of the current performance and competitive position of the companies. It must be considerably adjusted if used for planning.

7. *Make creation of a good plan the objective, rather than simply planning.*

The distinction between planning and creating a good plan is subtle yet important for creating the right attitude in the minds of those doing planning. If people feel they will be rewarded for planning they will put in their time but a good plan won't necessarily result. On the other hand, if a good plan is expected then chances of it resulting are greatly increased. The distinction is akin to that between working and accomplishing the job, or between traveling and arriving.

8. *Make the reward-punishment system work for planning.*

Planning works best when the organization's reward-punishment system rewards planning, rewards longer-term performance, and is consonant with the behavior required to implement the plan. For instance, if regional exploration managers of an oil company are rewarded for the percentage of successful wells drilled, they

will resist a plan which calls for drilling a high percentage of wildcat wells. Thus, to the extent possible, those responsible for implementing plans and planning should adjust the reward-punishment system to reward action consistent with the realization of the plan, or adjust the plan to fit the reward-punishment system.

9. *Tailor the planning approach to the characteristics of key people.*
The characteristics of those involved in planning [i.e., "typical" managers of various types and upper-level management] must be taken into account in designing planning procedures and selecting approaches. Approaches that result in good strategic plans from one manager won't necessarily get the same results for another. For instance, the former chief executive of one company was a reader who liked substantial written support for all decisions. His planning system generated notebooks of information for his review prior to entering the final stages of planning. His successor was not a reader; he preferred terse oral summaries. When faced with the first planning cycle in his new administration he balked at all the material. As a result, planning was nearly scrapped and was revived only when the system was revised to meet his needs. Unless there is specific information to the contrary, the system should be designed assuming that the managers like verbal communication, short encounters, and prefer "live action" to deep thought. Ways of accomplishing this include: initiating the planning process at some sort of "retreat" away from daily interruptions, verbal discussions to "prime" the thinking process, and conducting as much dialogue as possible verbally (with subsequent documentation) rather than by memoranda. Once the planning process is well underway as many decisions as possible should be made in a number of short encounters, to fit the managers' natural style, rather than a few long meetings.

10. *Have a specific schedule for planning.*
As mentioned earlier, planning is something that few managers enjoy; they will postpone it in favor of fighting short-term "fires" if given a chance. To avoid this, a strict schedule, enforced from the top, is essential. The old management adage "scheduled activities drive out unscheduled activities" works well in planning.

11. *Allow sufficient time for planning.*
The schedule should allow sufficient time in two ways: enough hours and enough elapsed time. The hours are necessary because planning is time consuming; the elapsed time is necessary for data to be collected, staff work to be done, and, more importantly, for subconscious reasoning to take place. Participants do a great deal of the best thinking about planning by "mulling things over" between planning sessions. This subconscious process is especially valuable during the alternative-generation phase. It works best when it has time and stimulation, such as a series of four two-hour meetings, each a few days apart, rather than a single eight-hour session.

12. *Tie planning to year-round decision making.*
Annually, most large organizations create or update a long-range plan. Quite naturally, attention focused on planning is at its highest during this time of the year; it must remain high during the rest of the year if the benefits of planning are to be achieved. As mentioned previously, all major long-range decisions including capital budgeting, financing, new product introduction, acquisitions, and divestitures should be related to the plan. Special long-range studies of products, markets, etc., should continue throughout the year. Competitive, environmental, economic, and other sorts of analysis should be ongoing. Major changes in environmental or competitive conditions should cause the plan to be updated.

SUMMARY

Mastery of the techniques, described in earlier chapters, dealing with the economic side of planning, is not sufficient, by itself, to ensure good results. Success requires consideration of human and administrative issues because humans conduct planning in an organizational setting—not in isolation.

Many problems result; the following are some of the underlying causes. Most corporate reward-punishment systems reward short-run performance more than long-run, so managers spend relatively little time thinking about long-run issues. They use the planning system to enhance the share of the corporate resources that their organizational unit receives. Their jobs are so hectic that they have become attuned to dealing with current *ad hoc* issues in brief verbal encounters; the long periods of deep reflection required to plan effectively are foreign to them. Planning is often misunderstood. Organizational politics further complicate complex technical issues. Communication among far-flung organizational units with widely differing orientations is difficult.

Most of these causes are unavoidable, and the challenge is to succeed in spite of them. We have listed a dozen suggestions for doing so:

1. Get the support of senior management.
2. Educate those who will be involved in planning.
3. Ensure that all general managers, resource managers, and program managers are actively involved in planning.

40

4. Make heavy, but appropriate, use of staff analysis.
5. Keep planning simple, and add complexity when the organization is ready for it.
6. Be concerned about data inputs.
7. Make the objective creation of a good plan, rather than simply planning.
8. Make the reward-punishment system work for planning.
9. Tailor the planning approach to the characteristics of key people.
10. Have a specific schedule for planning.
11. Allow sufficient time for planning.
12. Tie planning to year-round decision making.

BUTLER & HAMMER, INC.[1]

Walter Schmidt, planning specialist and PIMS representative[2] for Butler & Hammer, Inc., and his boss, Carl Philips, vice president for corporate planning were about to conclude their meeting on a study requested by Ralph Barnes, the corporate president. The results suggested some significant changes in the strategy of the company's Power Drive Division which were likely to arouse strong feelings. Consequently, the two men were discussing a "game plan" for introducing the results into the organization. In conducting the study Mr. Schmidt had been heavily influenced by various PIMS analyses. He was one of eight in the corporate planning group: Mr. Philips reported directly to Mr. Barnes. [See Exhibit 1 for an organizational chart.]

Butler & Hammer, Inc. (B & H), with sales of $3.1 billion, was a diversified manufacturer, primarily of industrial products. It was organized into four product groups, each of which had a group vice president to whom reported from four to ten product line divisions. The publicly-held company was among the top hundred in the *Fortune* 500 and had plants in twenty-two U.S. and twelve foreign locations.

B & H was considered to be a well-managed "blue chip" but not a great innovator. Rather, it had compiled a solid record through "bread and butter" conservative management practices. Most of its management had risen through the ranks with a preponderance having engineering and manufacturing backgrounds.

The Power Drive Division, the subject of the study, was located about 1,000 miles from the corporate headquarters, just over two hours by frequent commercial jet service. Management concern about this mature business was growing because it had been slowly losing profitability and share during the past five years of its 45-year life.

The division manufactured and sold power drives to about twenty heavy equipment manufacturers. Annual sales which were $85,000,000, had been growing at 6.5 percent in recent years compared to an estimated industry growth rate of 8 percent. With an 18 percent share of the

[1] [illegible]

[2] [illegible] PIMS [illegible] organization responsible for [illegible]

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

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA

EL METODO DIALECTICO ESTRUCTURAL

Ing. Enrique Villarreal Domínguez

OCTUBRE, 1982

cio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

Introducción

Todo sector concreto de la realidad, ya sea que se manifieste en forma aparentemente estática o con carácter dinámico, puede estudiarse a partir de un sistema* adecuado a él, lo que por definición exige que el tal sistema se configure con elementos de la realidad y que las interrelaciones entre éstos, queden definidas por la estructura del sistema propuesto. (1).

Con base en el postulado anterior surge el método dialéctico-estructural como método de análisis global (2) que, a partir del planteamiento de un modelo de sistema, ofrece simultáneamente las diversas alternativas que revela la estructura del mismo, cuando se hacen interaccionar los opuestos naturales que determinan al sistema. Esto permite, a más de ubicar el objeto de análisis en su propio universo, analizar los sentidos potenciales de su desarrollo.

Al mismo tiempo, la estructura propuesta para el sistema, permite el análisis de éste, tanto sincrónicamente como diacrónicamente, lo que quiere decir que el método se apoya en un modelo dinámico que hace evidentes las características del sistema y, por ende, de la realidad a que se refiere, tanto para el momento 1 como para un momento 2.

---

* Se entiende aquí por sistema, a un conjunto de elementos con sus interrelaciones. Al conjunto de relaciones entre los elementos del sistema se le domina estructura del sistema.

---

(1) Alberto de Ezcurdia. LECCIONES DE TEORIA DE LA LOGICA. México. 1970.

(2) D.C. Phillips HOLISTIC THOUGHT IN SOCIAL SCIENCE. Stanford University Press, Stanford, 1976.

El Método (1)

El método dialéctico-estructural es un método de análisis global cualitativo de sistemas, cuyo propósito es analizar las alternativas que revela el modelo estructural generador del método cuando se relacionan los opuestos internos de los parámetros que determinan, en última instancia, al sistema en cuestión. Esto significa que, definidos los parámetros categóricos de un sistema y detectados sus opuestos internos, al relacionar a estos de acuerdo con las características del modelo estructural que genera al método, se ponen de manifiesto, todas las alternativas que la situación ofrece.

1.- La Ubicación Filosófica del Método

Resultaría un hecho aislado plantear las características de un método al que se ha definido como dialéctico-estructural, sin hacer siquiera mención de sus nexos con la dialéctica y con el estructuralismo.

Cuando se ha querido ubicar el método dentro del instrumental filosófico no es porque se pretenda adjudicarle tal o cual nivel de importancia o atarlo a una u otra corriente, sino porque, con independencia del ámbito en el que hasta ahora se ha aplicado, constituye, como quiera que sea, una respuesta a la caracterización que se ha hecho de un análisis estructural (4, 5).

No cabe duda que el estructuralismo, como método, al incursionar en el terreno de las diversas disciplinas (6), y a pesar de que ha dado lugar a opiniones definitivamente contradictorias

---

(3) Enrique Villarreal. EL METODO DIALECTICO ESTRUCTURAL. Dirección General de Planeación. UNAM, México.

(4) Lucien Seve. "Método estructural y método dialéctico", en ESTRUCTURALISMO Y MARXISMO. Ed. Martínez Roca. Barcelona 1969.

(5) Adam. Schaff. "El estructuralismo como corriente intelectual", en ESTRUCTURALISMO Y MARXISMO. Ed. Grijalbo, S.A. México, 1976.

(6) Jean Piaget. EL ESTRUCTURALISMO. Ed. Proteo. Buenos Aires. 1971.

cuando se le ha asociado a corrientes filosóficas como el marxismo (7) o el existencialismo (8), ha aportado un acervo instrumental muy significativo, lo mismo en la sociología que en la lingüística, lo mismo en la antropología que en la biología o las matemáticas, etc. Y es que efectivamente, "en la historia del pensamiento no suele ocurrir que una idea que es adoptada por las ciencias particulares más diversas alcance también en las disquisiciones filosóficas una importancia particular" (9).

Es difícil, en verdad, intentar una definición demasiado específica del método estructural o simplemente del estructuralismo, "puesto que en la realidad científica -dice Schaff- nos hallamos ante un gran número de teorías que o bien destacan en su propia denominación su pertenencia al estructuralismo, o bien practican, de algún modo, un estructuralismo de hecho" (10). Sin embargo, lo que es indiscutible es la importancia que el análisis de las estructuras ha venido cobrando desde la segunda mitad del siglo pasado a la fecha, de tal modo que el concepto de estructura, lo mismo en la ciencia que en la filosofía está destinado a ocupar un lugar central y desempeñar en él un papel relevante.

De cualquier manera, si como afirma Barthes (11), el objetivo de toda actividad estructuralista, consiste en reconstruir un "objeto" de tal modo que en su reconstrucción aparezcan las reglas de su funcionamiento, el método dialéctico-estructural

(7) Maurice Godelier y Lucien Seve. LOGICA DIALECTICA Y ANALISIS DE LAS ESTRUCTURAS. Ed. Calden. Buenos Aires. 1973.

(8) J.P. Sartre. CRITICA DE LA RAZON DIALECTICA. Ed. Losada. Buenos Aires.

(9) J. Mattelmann. "El problema de la estructura y su posición dominante en la ciencia moderna". Kwartalnik Polozoficzny, Vol. XI, p. 4, 1933.

(10) Adam Schaff. op. cit.

(11) Roland Barthes. ESSAIS CRITIQUES, París. 1964 (Citado por J.M. Brockman en EL ESTRUCTURALISMO. Ed. Herder. 1974)

participa en esa mecánica, porque también "toma en sus manos la realidad dada, la descompone y la vuelve a recomponer".

Por otra parte, es cierto que la sola referencia a una estructura*, no lo da toda su validez a un método que se considera realmente estructural, sino que resulta indispensable que entre las partes de tal estructura se den relaciones dialécticas que garanticen el hecho de que "la modificación de un elemento provoque y signifique la de los demás" (12). En este sentido, Mihailo Markovic (13) define muy claramente las peculiaridades de toda estructura dialéctica.

- La unidad sistemática de las partes.
- El carácter dinámico de todo el sistema, que se da en los conflictos internos de las fuerzas.
- La aparición de nuevas cualidades como resultado de la reorganización de los elementos.
- El momento de la autodeterminación y de la autoproducción, y
- La progresiva transformación de todo el sistema en dirección a un límite determinado.

Estas características, no pueden menos que estar en consonancia con los principios estructurales a que se hace referencia Seve (14):

- El análisis estructural sólo es legítimo si es exhaustivo, es decir, si permite dar cuenta de la totalidad del sistema y del conjunto de sus manifestaciones.
- Toda estructura está hecha de relaciones de posición, y en particular de oposiciones binarias, en las que la relación de elementos entre sí, deriva de la complementareidad.

(12) Jean Pouillón. "Sartre y Levi-Strauss", en LEVI-STRAUSS: Estructuralismo y Dialéctica. Ed. Paidos. Buenos Aires.

(13) Mihailo Markovic. DIALECTICA DE LA PRAXIS. Amorrortu Editores. Buenos Aires. 1968.

* El término "estructura" se define aquí como el conjunto de las relaciones que se dan entre los elementos de un sistema.

(14) Lucien Seve. op. cit.

- Hay que distinguir rigurosamente el punto de vista sincrónico, o sea, el examen del sistema y su funcionamiento en un instante dado, y el punto de vista diacrónico, esto es, el examen de la historia del sistema y su desarrollo de estadio en estadio.

Es por lo menos pues, en este sentido, que al método que estamos proponiendo se la ha denominado dialéctico-estructural. Sin embargo, cualquier método con tales características tiene que desarrollar su explicación con base en "profundos modelos teóricos, modelos que no son simples intermediarios teóricos, sino auténticos accesos a la realidad" (15). No debe olvidarse que "se requiere la semejanza con la realidad para que sea significativo el funcionamiento del modelo" (16).

1.- La Ubicación Técnica del Método

El método dialéctico-estructural, al definirse como un método de análisis global cualitativo de sistemas, fija a éstos como objetos de su investigación.

El concepto de sistema, como el de estructura, es muy antiguo y puede definirse de manera abreviada, como "un todo organizado o complejo; como un arreglo o combinación de cosas o elementos que forman un todo complejo o unitario" (17), o bien estructuralmente, como "un conjunto de elementos junto al de relaciones que se dan entre ellos. Al conjunto de estas relaciones se le denomina la estructura del sistema" (18).

Lo anterior significa que si el objeto de investigación es tratado como sistema, a éste le corresponde una estructura determinada, en cuyo caso la ciencia tiene la tarea de descubrirla. O de otro modo, "tanto el sistema como su estructura poseen un carácter objetivo y que corresponda al conocimiento científico la tarea de descubrir la estructura en cuestión..." (19).

Esta definición, sin embargo, es en realidad una toma de posición dentro de la teoría general de sistemas ya que, en tanto coincide por ejemplo con la escuela de Bertalanffy (20), no concuerda en todo con el criterio de Ashby (21), quien concibe al sistema exclusivamente como "máquina productiva".

Ahora bien, el análisis de un sistema, puede realizarse desde muy diversos ángulos: desde una perspectiva funcional, casi siempre parcial o desde un punto de vista global; con fines cuantitativos o bien con la idea de descubrir las cualidades implícitas del sistema. En este sentido, entre los trabajos más antiguos que se conocen, con miras al análisis global, está el método de Raimundo Lulio descrito en su Ars Magna (22) dada a conocer en el año de 1274.

El método de Lulio -dice Gardner- consiste esencialmente en considerar que, "en cada rama del conocimiento, existe un pequeño número de principios básicos simples o categorías, que deben ser admitidos sin discusión. Luego, agotando todas las combinaciones posibles a esas categorías, estaremos en condiciones de explorar todo el conocimiento que podemos comprender por medio de nuestras mentes finitas. Para contruir tablas de las posibles combinaciones de las categorías, nos podemos servir tanto de diagramas como de círculos que giran".

De aquí se deducen dos cuestiones básicas que caracterizan

(15) Jean M. Brockman. op. cit.

(16) J. von Neumann y O. Morgenstern. TEORIA DE LOS JUEGOS. (Citado por Jan M. Brockman. op. cit.)

(17) R.A. Johnson, F.E. Kast y J.E. Rosaweig. THE THEORY AND MANAGEMENT OF SYSTEMS. Mc Graw-Hill Book Co. N.Y. 1973.

(18) Oskar Lange, LOS TODOS Y LAS PARTES. Fondo de Cultura Económica, México, 1975.

(19) Adam Schaff, op. cit.

(20) Ludwig von Bertalanffy. GENERAL SYSTEM THEORY. George Braziller. N. Y. 1975.

(21) W. R. Ashby. "General Systems Theory as a New Disciplina", General Systems, 3, 1958, 1-6

(22) Martin Gardner. MAQUINAS LOGICAS Y DIAGRAMAS. Ed. Crijalbo. México. 1973.

al método de Lulio y de las cuales participa también el método dialéctico-estructural en tanto método global de análisis.

- El establecimiento de principios básicos simples (en nuestro caso, parámetros categóricos) y
- La contrucción exhaustiva de las combinaciones posibles de esas categorías (en nuestro caso, los opuestos internos de los parámetros categóricos).

Con base en los diagramas de Lulio, surgieron posteriormente los "diagramas lógicos" como figuras geométricas bifimensionales "cuyas relaciones especiales son isomórficas con la estructura de un enunciado lógico" (23) y más tarde aparecieron las "máquinas lógicas" en tanto dispositivos utilizados para resolver problemas de lógica formal, con el mecanismo de Charles Stanhope (1753-1815) en las postrimerías del siglo XVIII.

Muy importantes resultan, por cierto, en el ámbito de los diagramas lógicos, la "representaciones diagramáticas (círculos) de Venn (24).

En el curso de este siglo y particularmente en los últimos años, se han desarrollado diversos métodos de análisis, entre los cuales destaca el método morfológico del Dr. Zwicky (25) que se ha proyectado en muy diversas áreas de la actividad científica, como un método para "identificar, codificar, enumerar y parametrizar el total de dispositivos o de elementos que genera una potencialidad funcional específica" (26).

El método morfológico tiene dos modalidades: el examen sistemático de un ámbito (systematic field coverage) y la construcción de la caja morfológica (morphological box). La primera modalidad se aplica en los casos en que al explorarse el área de investigación se cuente con un número considerable de puntos de referencia. Mediante la segunda modalidad metodológica se trata de profundizar en las relaciones que se dan entre los elementos de un sistema, facilitando las operaciones de investigación y las funciones heurísticas en forma organizada.

Ahora bien, si se analiza el método en su modalidad de la caja morfológica, por ejemplo (27), se puede observar que las tres primeras etapas, a más de recordar el antiguo método de Lulio, revelan por sí mismas, las características de la metodología estructural, a saber:

Primera: formulación concisa del problema (definición del sistema).

Segunda: Localización y análisis de los parámetros de mayor importancia para la solución del problemas.

Tercera: Construcción de la caja morfológica o matriz multidimensional que ha de contener todas las soluciones potenciales del problema.

Además, la primera fase del enfoque morfológico -dice Zwicky- es "la deducción de todas las soluciones de un problema dado incluyendo la visualización de la red completa de sus interrelaciones (estructura)" (28), lo que permite el planteamiento, sin prejuicios, de todas las alternativas disponibles.

En este mismo sentido se ha desarrollado el método dialéctico-estructural, sólo que en este caso, se ha planteado la necesidad de profundizar en la dialéctica de los parámetros, para detectar, primero, no solamente los determinantes del sistema, sino además, sus relaciones internas de oposición. Vale la pena mencio-

(23) Martin Gardner op. cit.

(24) John Venn. SYMBOLIC LOGIC. Chelsea Publishing Co. N. Y. 1971 (Edición facsimilar de la publicada en 1894).

(25) Fritz Zwicky. DISCOVERY, INVENTION, RESEARCH. The Macmillan Company. 1969.

(26) Robert Y. Ayres. TECHNOLOGICAL FORECASTING AND LOGN RANGE PLANNING. Mac Graw Hill Book Co. N.Y. 1969.

(27) Fritz Zwicky. op. cit.

(28) Fritz Zwicky. "The morphological method and vector associations", en Francois Lelionnais. LA METHODEDANS LAS SCIENCES MODERNES. Albert Blanchard, Ed. París.

nar aquí, el hecho de que en casi todos los casos en que se habla de estructuralismo "dialéctico" (29) "el análisis estructural pone de manifiesto las oposiciones y transformaciones entre las estructuras, pero no propiamente las transformaciones internas de esas estructuras". De ahí la importancia de la dialéctica al interior de los parámetros categóricos en nuestro método.

Además, como se describirá en adelante, el método dialéctico-estructural aprovecha una estructura geométrica a propósito que revela las relaciones que se dan entre los diversos opuestos de los parámetros determinantes del sistema, con base en el modelo estructural respectivo.

3.- El Modelo Estructural del Método.

La estructura de un sistema es el conjunto de las relaciones que se dan entre sus elementos, y no simplemente la suma desarticulada de aquellos. Se trata del conjunto de relaciones que se genera a partir de ciertos elementos fundamentales axiomáticamente asociados. (30) que al definir la estructura, dan lugar a que ésta autoproduzca nuevos elementos a partir de las relaciones mismas que la configuran.

Para el caso es conveniente recordar que, aún cuando el término "estructura" puede definirse simplemente como "el conjunto de las relaciones que se dan entre los elementos de un sistema de manera que los elementos resulten interdependientes", no ha sido fácil unificar el criterio en torno a tal definición porque el concepto depende del contexto en que se da.

Ahora bien, los elementos fundamentales generadores de la estructura de un sistema, pueden ser muy diversos, pero dado que todo desarrollo, movimiento o devenir espacial (31, 32) y por ente tridimensional, todos los parámetros que influyan a nivel de determinación de un sistema pueden descomponerse en sus componentes perpendiculares, según los ejes coordenados espaciales, dando lugar a tres ejes que agrupan a esos componentes, que en este modelo se conocen como los parámetros categóricos (A, B y C) del sistema y que por tanto se interconectan homólogamente a los ejes x, y, z de las coordenadas en el espacio.

Como consecuencia, los parámetros categóricos de un sistema, no pueden ser ni arbitrarios ni autónomos dada su interrelación y, en virtud de su origen, constituyen verdaderas categorías paramétricas.

La naturaleza espacial del modelo estructural del método, genera de inmediato un ámbito de desplazamiento en cada uno de los sentidos de los ejes paramétricos, lo que a su vez implica la relación binaria entre los extremos de cada parámetro, es decir, entre sus opuestos internos. De aquí que el movimiento interno del sistema, se dé como un proceso dialéctico entre dichos polos.

Cada uno de los opuestos internos de cada parámetro categórico constituye un elemento y su relación de oposición, exige su ubicación polar, ya que estructuralmente, "cada uno de los términos se define por oposición a su contrario y por su posición en el conjunto" (33). Así pues, el sistema adquiere, de acuerdo con esto, las características correspondientes a un juego de tres

(29) José Rubio Corrales. LEVI-STRAUSS. ESTRUCTURALISMO Y CIENCIAS HUMANAS. Ed. Istmo. Madrid. 1976.

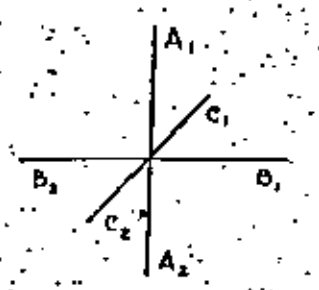
(30) Yona Friedman. HACIA UNA ARQUITECTURA CIENTIFICA. Alianza Editorial. Madrid. 1973.

31) Alberto de Ezcurdia. LECCIONES DE TEORIA DE LA LOGICA. México, 1970.

32) R. Buckminster Fuller. "Conceptualidad de las Estructuras Fundamentales", en Gyorgy Kepes. LA ESTRUCTURA EN EL ARTE Y EN LA CIENCIA. Organización Editorial Novaro. México. 1970.

33) Mariano Peñalver Simó. LA LINGUISTICA ESTRUCTURAL Y LAS CIENCIAS DEL HOMBRE. Ed. Nueva Visión. Buenos Aires. 1972.

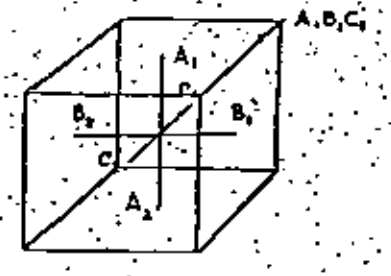
ejes perpendiculares entre sí (matriz de la estructura), que re-



presentan a los parámetros categóricos, con sus respectivos opuestos internos. Como se analizará más adelante, ésto, metodológicamente, exige la dialectización de los parámetros para definir a todos y cada uno de sus opuestos: A_1, A_2, B_1, B_2, C_1 y C_2.

A partir de aquí se hace necesario analizar los posibles modelos estructurales que con base en la matriz propuesta, establezcan las relaciones entre opuestos y descubran los demás elementos del sistema.

Un juego de tres ejes perpendiculares entre sí como el que caracteriza la matriz de nuestra estructura, sólo puede pertenecer necesaria y suficientemente a dos poliedros capaces de establecer relaciones únicas entre los elementos polares de los ejes paramétricos: el hexaedro o cubo y el octaedro (34).



(34) D. Hilbert y S. Cohn-Vossen. GEOMETRY AND THE IMAGINATION. Chelsea Publishing Co. N.Y. 1952.

Sin embargo, si se observan las figuras, es fácil percatarse de que, en tanto que en el caso del cubo los grados de libertad se restringen del plano de la arista y de la arista al vértice (35), ésto es, a medida que los elementos del sistema se complican, como se verá más adelante, en el caso del octaedro los grados de libertad se reducen en sentido contrario, lo que en principio se aleja de cualquier similitud con la realidad a la que se aplica.

Descartada pues la estructura octaédrica, se analizarán las características del modelo cúbico.

En este sentido es interesante mencionar que estas propiedades, desde el punto de vista geométrico, son características naturales del cubo y se han utilizado en otros ámbitos de las matemáticas; es el caso, por ejemplo, del análisis que hace P. Lazarsfeld (36) de las propiedades del "cubo dicotómico" en el análisis estadístico.

Destinada cada una de las caras del cubo a representar el ámbito de cada uno de los seis opuestos A_1, A_2, B_1, B_2, C_1 y C_2, es claro que a cada uno le correspondan dos grados de libertad que les permite "acercarse" al ámbito de sus "vecinos" pero no al de su opuesto. Así pues, cada una de las doce aristas del cubo, que geométricamente son el resultado de la intersección de dos caras del cubo, representan el ámbito de movimiento de cada uno de los elementos que resultan de la combinación de opuestos vecinos: A_1B_1; A_1B_2; A_1C_1; A_1C_2; A_2B_1; A_2B_2; A_2C_1; A_2C_2; B_1C_1; B_1C_2; B_2C_1; B_2C_2.

Estos nuevos elementos binarios, sólo tienen un grado de libertad; únicamente se pueden desplazar en la dirección de las aris-

(35) Arthur L. Loeb. SPACE STRUCTURES. Addison-Wesley Publishing Co. Massachusetts. 1976.

(36) Paul Lazarsfeld. "The algebra of Dichotomous Systems" en H. Salomon. STUDIES IN ITEM ANALYSIS AND PREDICTIONS, University Press, Stanfor, 1961.

tas que los representan, pudiéndose "encontrar" con sus vecinos binarios, en los vértices, dando lugar a los ocho elementos ternarios correspondientes: $A_1B_1C_1$; $A_1B_1C_2$; $A_1B_2C_2$; $A_2B_2C_2$; $A_1B_2C_1$; $A_2B_1C_2$; $A_2B_2C_1$ y $A_2B_1C_1$. Dada la estructura, el grado de libertad de estos elementos ternarios, es de cero.

Ahora bien, con base en este modelo estructural cúbico, si los elementos primarios del sistema: A_1; A_2; B_1; B_2; C_1 y C_2 representan a los opuestos internos de los parámetros, el sistema contiene a esos elementos como propiedades elementales, de las que participa en alguna proporción en tanto se desplaza espacialmente. A su vez, los elementos binarios A_1B_1; A_1B_2; etc. representan a las propiedades parciales del sistema y los elementos ternarios $A_1B_1C_1$; $A_1B_1C_2$; $A_1B_2C_2$; etc. representan a las propiedades totales del mismo.

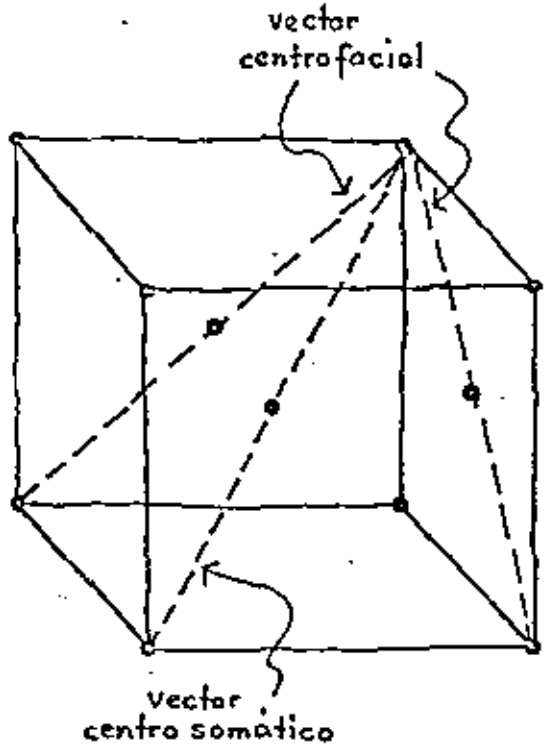
Los esquemas sincrónico y diacrónico.

Cuando el sistema formal correspondiente a la aplicación del método, se caracteriza por estructurar a elementos estáticos, ésto es, invariantes en sí mismos o no evolucionables, se obtiene un esquema sincrónico, como es el caso de los sistemas taxonómicos.

En cambio, cuando se trata de sistemas cuyos elementos son propiedades adquiribles, el hecho de que $A_1B_1C_1$ y $A_2B_2C_2$, por ejemplo, sean estadíos de un mismo proceso, le confiere al sistema real, un carácter dinámico y a la estructura del sistema formal correspondiente, el de un esquema diacrónico.

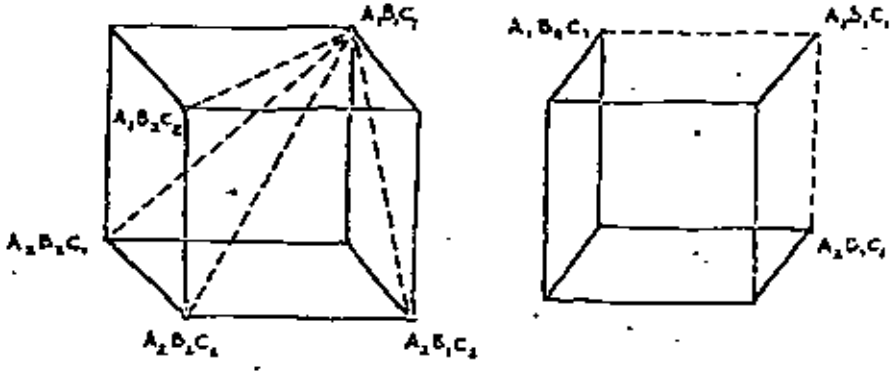
Los vectores de diacronía.

Como resultado de la autoproducción de los nuevos elementos binarios y ternarios, se ponen de manifiesto también nuevas relaciones de oposición dialéctica, como son las que se establecen entre A_1B_1 y A_2B_2, por ejemplo,



o entre $A_1B_1C_1$ y $A_2B_2C_2$ oposiciones éstas que, cuando se refieren a dos estados diferentes del sistema en relación con las propiedades involucradas, generan los vectores de diacronía del sistema, estableciendo la relación entre los tiempos 1 y 2 del mismo.

Ahora bien, los vectores de diacronía, parten de uno de los elementos ternarios, como puede ser el $A_1B_1C_1$ y se dirigen a otro de los elementos ternarios hacia los cuales el primero puede evolucionar. Para ésto, cada elemento ternario puede dar lugar a cuatro vectores diagonales, tres centrofaciales y uno centrosomático, correspondientes todos ellos a los vectores geométricos de traslación (6), además de las aristas que, amén de representar



6.- Arthur L. Loeb., SPACE STRUCTURES. Addison- Wieley Publishing Co. Mass. 1976.

a los elementos binarios pueden convertirse en vectores laterales de diacronía.

Por otro lado, y esto es de particular relevancia, de los vectores de diacronía pueden deducirse las leyes o los modelos de traslación para pasar del estadio 1 al estadio 2.

Así pues, una vez definidos los diferentes elementos, tanto los primarios como los binarios y los ternarios, pueden investigarse las relaciones que se establecen entre los diversos elementos según los vectores de diacronía, y así descubrir no sólo nuevos elementos sino nuevos modelos de comportamiento, esto es, nuevas leyes que expliquen la traslación de un estadio a otro.

Ejemplo de un esquema diacrónico: Las variables de un modelo.

Supóngase el caso de una masa gaseosa para la cual se considera válido un modelo de comportamiento correspondiente a condiciones de alta dilución y baja presión. En estas circunstancias n moles del gas ocuparían un volumen V a una presión P y una temperatura T ($PV = nRT$), variables estas que en el contexto del método dialéctico estructural, constituirían los parámetros genético, limitante y operacional respectivamente.

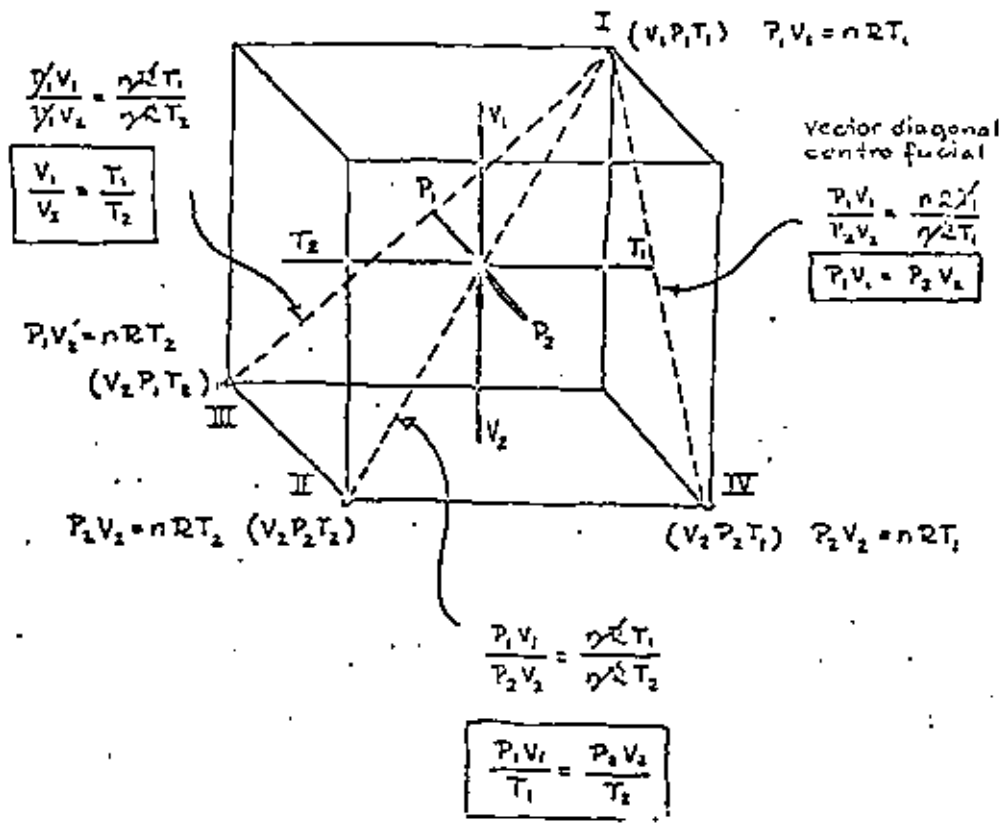
Si en estas condiciones, se plantea la estructura

del método, en base a los límites u opuestos internos de los parámetros, cuando se analiza un cambio en las variables, se tendría como resultado de la dialectización de los parámetros,

- para el volumen, V_1 y V_2
- para la temperatura, T_1 y T_2 y
- para la presión, P_1 y P_2.

referidos ambos límites, en cada eje paramétrico, a las condiciones 1 y 2 del gas.

Ahora bien, al observar el esquema puede advertirse



que cada vértice del cubo se refiere a un estado de la masa gaseosa (PVT) o a un estadio del mismo en un proceso. Al mismo tiempo, los vectores diagonales I – II, I – III y I – IV representan*, como puede deducirse, las expresiones matemáticas de las leyes de transformación entre los estadios extremos.

Por su parte, los vectores laterales, que coinciden con las aristas del cubo, establecen la relación de dos estados gaseosos entre los cuales, al mantenerse constantes dos de las variables (P y V, P y T ó V y T) el cambio manifestado en la otra de ellas (T, V ó P) será consecuencia de una alteración en la masa gaseosa (n).

Así pues, si se analizan los estados II y IV, el vector II-IV representa el cambio de las condiciones $(V_2P_2T_2$ a las condiciones $(V_2P_2T_1)$ lo que solamente será posible si hay un cambio en la masa del gas (n_1 a n_2 o viceversa).

Ejemplo de un esquema sincrónico: La taxonomía de los objetivos académicos.

(Véase el documento adjunto, tomado de E. Villarreal. LA APLICACION DEL METODO DIALECTICO ESTRUCTURAL AL DISEÑO ACADEMICO. Pensamiento Universitario # 8. UNAM. México. 1978).

---

* Es importante aclarar que los vectores de diacronía no son las expresiones gráficas de las ecuaciones de transformación.

OBJETIVOS ACADÉMICOS

en la educación superior

Enrique Villarreal Domínguez

Desde que en 1956, Benjamin S. Bloom[1] y sus colaboradores hacen público su trabajo relacionado a los objetivos educacionales en el área cognoscitiva, la idea de elaborar los programas académicos "por objetivos" ha ido cobrando vigor, al grado de que en la actualidad se ha convertido en una práctica usual en todos los grados, desde la escuela elemental hasta la enseñanza superior tanto técnica como universitaria.

Sin embargo, los esquemas taxonómicos conocidos no han surgido al mismo ritmo que las necesidades de la pedagogía moderna, ni para todos los niveles académicos, de tal modo que, aun cuando diversos autores han realizado esfuerzos al respecto, como Gagné,[2] Beard[3] o Zaki,[4] por ejemplo, la verdad es que no se cuenta con modelos integrales capaces de dar respuesta a los niveles académicos superiores.

Y es que el problema se complica a partir de dos cuestiones que generalmente no son bien delimitadas antes de proyectar una taxonomía de objetivos:

a) Las finalidades de la enseñanza superior y

b) El modelo epistemológico a partir del cual hayan de definirse los diversos[5] momentos y modalidades del proceso cognoscitivo.

En consecuencia, la aplicación del método dialéctico-estructural al diseño taxonómico de objetivos académicos, se hará con base en el supuesto de que se parte de un programa académico bien elaborado.

Incidiendo pues en el fondo del problema, habrá que recordar que el hombre se enfrenta al medio que lo rodea e interacciona con él; es decir, se relaciona con los demás y con la naturaleza. Este hecho constituye la práctica social[6] "Sin el hombre —ha dicho Gramsci—, ¿qué significaría la realidad del universo? Toda ciencia está vinculada a las necesidades, a la vida, a la actividad del hombre."

Por consiguiente, la práctica profesional se da en el contexto de la práctica social, más concretamente en el marco del modo de producción del sistema en que se labora y específicamente en el seno de las relaciones de producción que plantea el mismo sistema.[7]

De cualquier manera, la práctica de una profesión implica la realización de acciones específicas que, a su vez, requieren de un apoyo, esto es, tanto de una preparación académica que garantice la eficiencia de aquéllas, como de un nivel de conciencia que asegure la optimización en las decisiones y el sentido adecuado en la práctica de tales acciones.

Además, hay que tomar en cuenta que, a su vez, la preparación académica necesaria para toda práctica depende de las habilidades potenciales y de los recursos cognoscitivos de que se disponga y que, el nivel de conciencia que requieren las acciones se manifiesta en los recursos cognoscitivos, o sea, en las actitudes asumibles en cada caso.

De aquí se deduce que ubicados los objetivos académicos en la meta de los programas de estudio de una carrera profesional, para que puedan dar respuesta a las necesidades sociales, personales y académicas de un plan de estudios,[8] tienen que plantearse en tér-

minos de recursos o alternativas y no de conductas, pues aparte de que esto se presta al conductismo ideológico, un profesionista debe estar capacitado lo mismo para operar bajo las condiciones de hoy que para modificar mañana las circunstancias o los métodos de su trabajo.

Así pues, en el proyecto de capacitación profesional, los objetivos académicos constituyen el acopio de recursos que en términos de conocimientos, habilidades y actitudes han de adquirirse durante el proceso docente, para tal efecto.

Se parte de las siguientes definiciones:

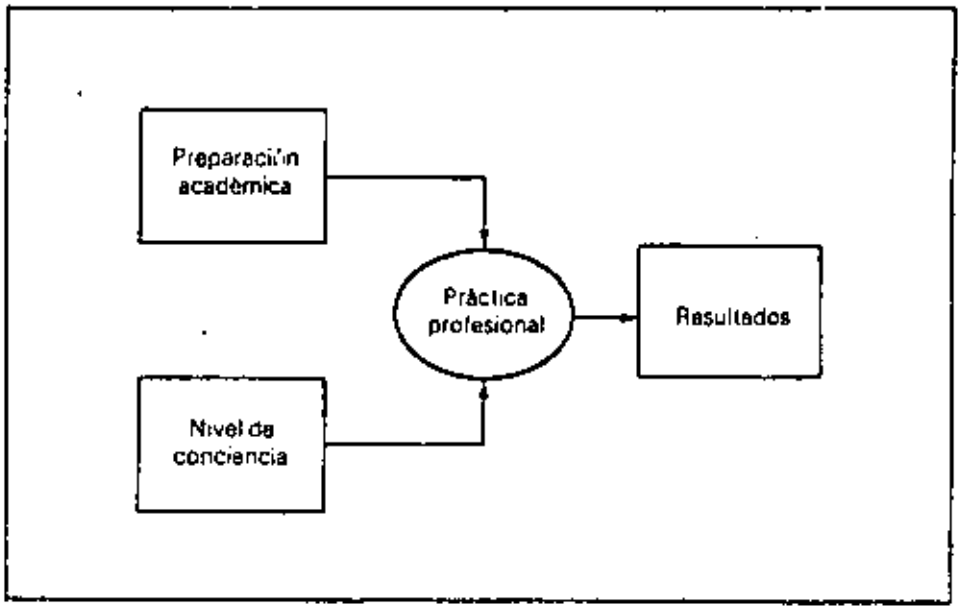
Los conocimientos, como objetivos académicos, son el conjunto de modelos de estructura y comportamiento, en constante proceso de contrastación con la realidad, así como los métodos y las técnicas que permiten abordar a ésta y que han de someterse a la conciencia de quienes participan en el proceso docente, para formar parte de la preparación del egresado.

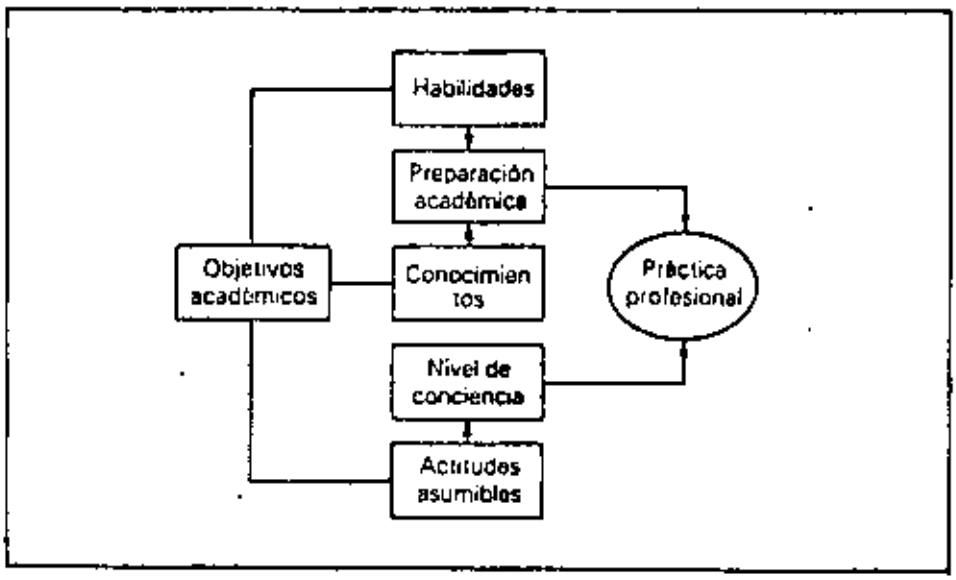
Cabe recordar que un modelo no sujeto a contrastación diacrónica y sincrónica con la realidad, no puede considerarse como un verdadero conocimiento.

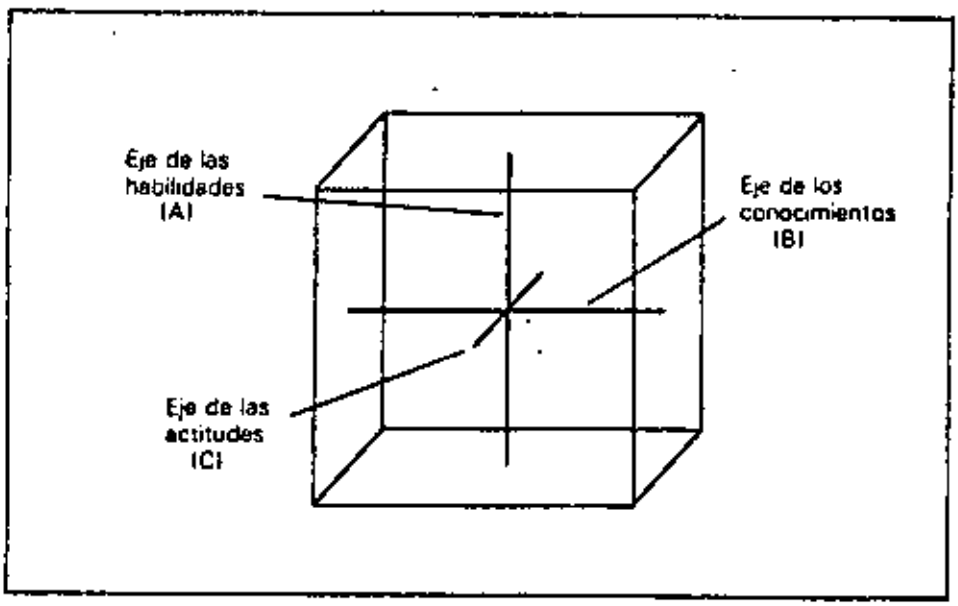
Las habilidades, por su parte, como objetivos académicos, son el conjunto de capacidades (saber hacer) que se han de adquirir durante el proceso docente, para formar parte de la preparación del egresado.

Las actitudes, en cambio, como objetivos académicos, son el conjunto de manifestaciones específicas de los criterios que, en relación con los conocimientos y las habilidades, han de ejercitarse durante el proceso docente, para configurar el nivel de conciencia del egresado.

Por otra parte, como no todos los conocimientos son de la misma naturaleza, ni todas las habilidades tienen la misma calidad, ni todas las actitudes son equivalentes, resulta indispensable interiorizarse en la naturaleza de los objetivos académicos, para lo cual puede considerarse al conjunto de éstos como un sistema "absolutamente aislado".[8]







1. Parámetros categóricos del sistema

Como consecuencia de todo lo expuesto, no es difícil darse cuenta que los objetivos académicos, como sistema, están determinados por los conocimientos, las habilidades y las actitudes, constituyéndose en los parámetros operacional, genético y limitante, respectivamente.

2. Dialectización de los parámetros categóricos

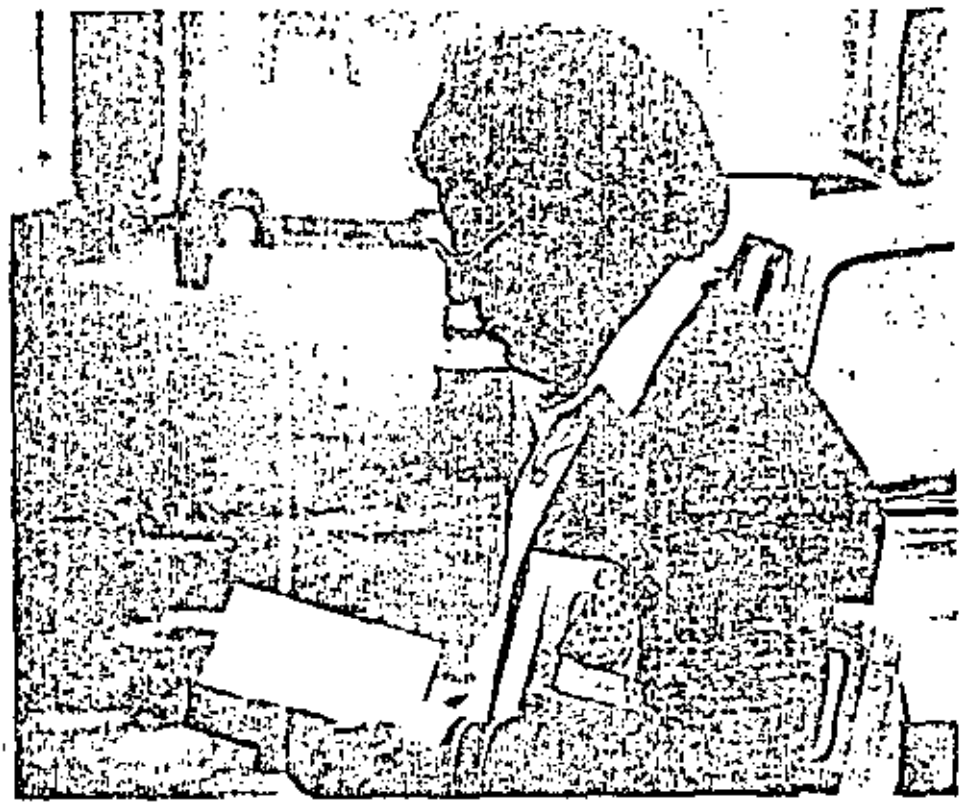
Toda acción, en el contexto de la práctica profesional, reproduce acciones previas o las modifica.[8] En el primer caso, se requiere del adiestramiento generador de habilidades operativas; en el segundo, es indispensable el desarrollo de la creatividad. Por consiguiente, en el parámetro de las habilidades (Eje A), la oposición se da entre las habilidades creativas (A_1) y las operativas (A_2), del mismo modo que se da entre necesidad y libertad o entre cantidad y cualidad.[9]

Las habilidades creativas son capacidades adquiridas o desarrolladas durante el proceso docente para utilizar los conocimientos disponibles con miras a la elaboración de nuevos modelos, nuevos instrumentos, nuevas metodologías, técnicas, etcétera.

Las habilidades operativas, en cambio, son capacidades adquiridas para manejar adecuadamente modelos de estructura y comportamiento, metodología, instrumentos de trabajo, etcétera.

Los conocimientos (Eje B) como modelos de estructura y/o comportamiento, o como métodos y técnicas para abordar la realidad, pueden sencillamente mostrar, por ejemplo, las características externas de la realidad como puede ser la simple relación de los fenómenos; o bien, de otro modo, referirse a las causas y las consecuencias de los mismos. En el primer caso, los conocimientos son informativos (B_1); en el segundo, formativos (B_2). Ambos entran en oposición por complementariedad.[10]

Así pues, los conocimientos informativos constituyen el conjunto de datos, métodos, modelos y referencias que permiten enterarse del cómo de la realidad. En cambio, los conocimientos



formativos, constituyen el conjunto de modelos que se refieren al porqué de los conocimientos informativos.

Esta taxonomía, desde luego, no excluye el hecho de que a más de lo formativo o informativo de un conocimiento, que depende de la profundidad del mismo, éste puedo ser formativo en un ámbito e informativo en otro.

Las actitudes asumibles (Eje C), como objetivos académicos, son el conjunto de manifestaciones de los criterios que, en relación con los conocimientos y habilidades, han de ejercitarse durante el proceso docente, para configurar el nivel de conciencia del egresado.

Así pues, las actitudes, como manifestaciones de criterios adquiribles, pueden agruparse finalmente en aquellas que implican un nivel indiscriminatorio de conciencia y aquellas que manifiestan un nivel analítico de la misma; de otro modo, las actitudes funcionales (C_1) en oposición a las actitudes críticas (C_2).[11]

Las actitudes funcionales manifiestan pues, un criterio indiscriminatorio en la adquisición y aplicación de conocimientos y habilidades, en tanto que las actitudes críticas manifiestan un criterio analítico o selectivo frente a los conocimientos y habilidades adquiridos.

Por consiguiente, los opuestos internos de los parámetros categóricos, es decir, los elementos primarios del sistema, corresponderán a las diversas modalidades de objetivos académicos. Esto es:

A. Parámetro de las habilidades.
   A_1 Habilidades creativas.
   A_2 Habilidades operativas.

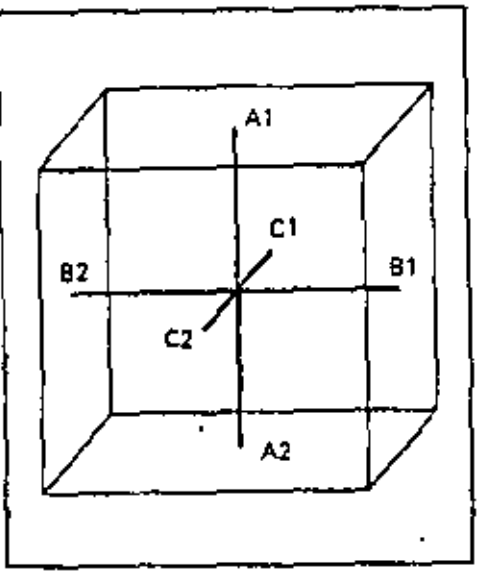
B. Parámetro de los conocimientos.
   B_1 Conocimientos formativos.
   B_2 Conocimientos informativos.

C. Parámetro de las actitudes
   C_1 Actitudes críticas.
   C_2 Actitudes funcionales.

3. Autoproducción de los nuevos elementos

Definidos los opuestos internos de los parámetros categóricos, surge el momento de la autoproducción o asociación de los elementos primarios que, en este caso, corresponde a la primera categoría o asociación cualitativa, ya que se trata de la interpenetración de propiedades no cuantificables

Así pues, los 12 elementos binarios resultantes de la interacción de los pla-



nos, corresponden a las siguientes propiedades parciales del sistema:

(A_1B_1) Habilidad creativa-Conocimiento formativo.
(A_2B_1) Habilidad operativa-Conocimiento formativo.
(A_1C_1) Habilidad creativa-Actitud crítica.
(A_2C_1) Habilidad operativa-Actitud crítica.
(A_1B_2) Habilidad creativa-Conocimiento informativo.
(A_2B_2) Habilidad operativa-Conocimiento informativo.
(A_1C_2) Habilidad creativa-Actitud funcional.
(A_2C_2) Habilidad operativa-Actitud funcional.
(B_1C_1) Conocimiento formativo-Actitud crítica.
(B_1C_2) Conocimiento formativo-Actitud funcional.
(B_2C_1) Conocimiento informativo-Actitud crítica.
(B_2C_2) Conocimiento informativo-Actitud funcional.

A su vez, los ocho elementos ternarios corresponden a las siguientes propiedades totales del sistema:

($A_1B_1C_1$) Habilidad creativa-Conocimiento formativo-Actitud crítica.
($A_1B_1C_2$) Habilidad creativa-Conocimiento formativo-Actitud funcional.
($A_1B_2C_1$) Habilidad creativa-Conocimiento informativo-Actitud crítica.
($A_1B_2C_2$) Habilidad creativa-Conocimiento informativo-Actitud funcional.
($A_2B_1C_1$) Habilidad operativa-Conocimiento formativo-Actitud crítica.
($A_2B_2C_1$) Habilidad operativa-Conocimiento informativo-Actitud crítica.
($A_2B_1C_2$) Habilidad operativa-Conocimiento formativo-Actitud funcional.
($A_2B_2C_2$) Habilidad operativa-Conocimiento informativo-Actitud funcional.

Ejemplo: En un programa de Química Inorgánica.

Tema: OBTENCION DE HIDROGENO

Al finalizar el proceso docente respectivo.

– Objetivos primarios.

Conocimiento informativo:
el alumno deberá saber cuáles son los métodos que existen para la obtención de hidrógeno, tanto a nivel de laboratorio como industrial.

Conocimiento formativo:
el alumno deberá conocer los fundamentos de los métodos de obtención de hidrógeno.

Habilidades operativas:
a) el alumno deberá ser capaz de obtener hidrógeno en el laboratorio.

b) el alumno deberá estar capacitado para resolver problemas numéricos relacionados con la obtención de hidrógeno.

Habilidad creativa:
el alumno deberá estar capacitado para proponer una técnica alterna para la obtención de hidrógeno.

Actitud funcional:
el alumno deberá manifestar un criterio indiscriminado en la adquisición y aplicación de los conocimientos y/o habilidad relacionados con el tema.

Actitud crítica:
el alumno deberá manifestar un criterio analítico o selectivo frente a los conocimientos y/o habilidades adquiridos en relación con el tema.

– Objetivos parciales.

Actitud funcional-Conocimiento informativo:
el alumno deberá conocer los métodos que existen para obtener hidrógeno, independientemente de la eficiencia de los mismos.

Actitud funcional-Conocimiento formativo:
el alumno deberá conocer los fundamentos teóricos de los diversos métodos de obtención del hidrógeno, independientemente de la eficiencia técnica o económica de los mismos.

Actitud crítica-Conocimiento informativo:
el alumno deberá ser capaz de seleccionar, en base a la eficiencia de un método, el más adecuado para obtener hidrógeno, en condiciones específicas.

Actitud crítica-Conocimiento formativo:
basándose en los fundamentos de los métodos, el alumno deberá saber cuáles poseen mayor eficiencia técnica o económica.

Actitud funcional-Habilidad operativa:
a) el alumno deberá estar capacitado para obtener hidrógeno en el laboratorio, por cualquiera de los métodos conocidos.

b) el alumno deberá estar capacitado para resolver problemas numéricos relacionados con la obtención de hidrógeno, independientemente del método que se siga para ello.

Actitud crítica-Habilidad operativa:
el alumno deberá estar capacitado para obtener hidrógeno en el laboratorio por el método más apropiado, según las necesidades y recursos del caso.

Actitud funcional-Habilidad creativa:
el alumno deberá ser capaz de diseñar una técnica alterna para la obtención de hidrógeno, independientemente de las ventajas o inconvenientes que ofrezca la misma.

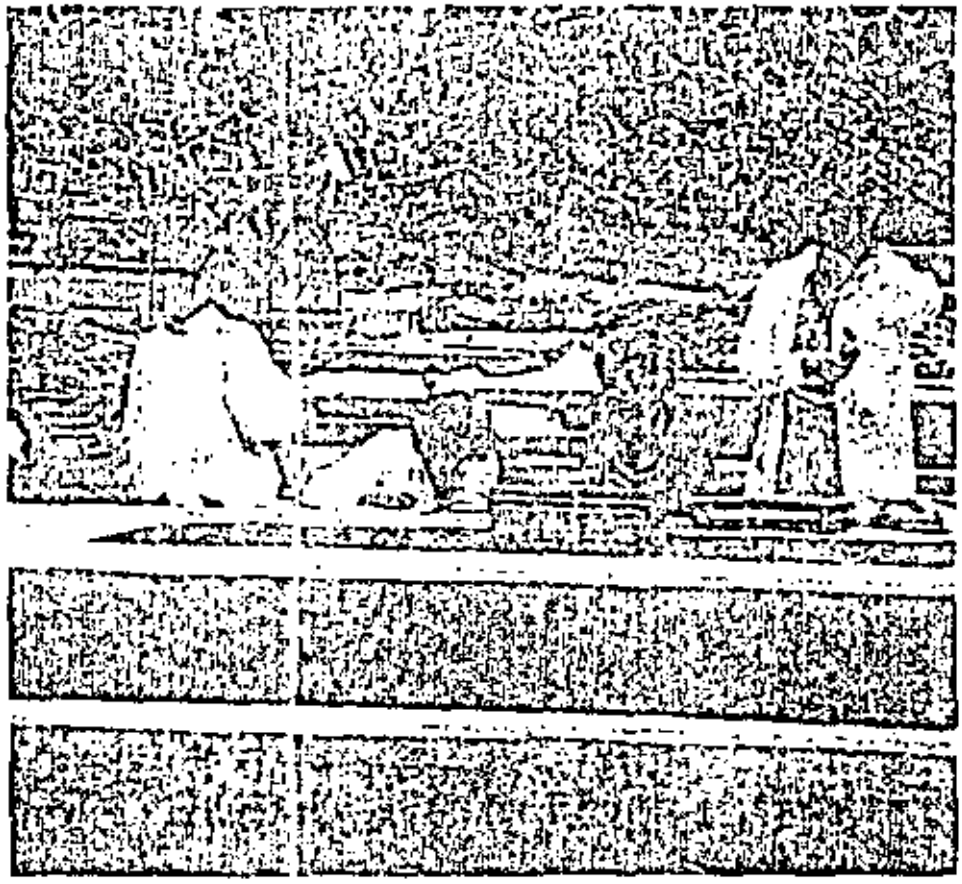
Actitud crítica-Habilidad creativa:
el alumno deberá ser capaz de diseñar una técnica alterna para la obtención de hidrógeno, que supere los inconvenientes de los métodos conocidos.

Conocimiento informativo-Habilidad operativa:
el alumno deberá estar capacitado para proponer una técnica alterna para obtener hidrógeno en el laboratorio, por alguno de los métodos conocidos.

Conocimiento informativo-Habilidad creativa:
el alumno deberá estar capacitado para proponer una técnica alterna para obtener hidrógeno, basándose en la información disponible al respecto.

Conocimiento formativo-Habilidad operativa:
el alumno deberá estar capacitado para obtener hidrógeno en el laboratorio, basándose en las propiedades del elemento.

Conocimiento formativo-Habilidad creativa:
el alumno deberá estar capacitado para proponer una técnica alterna para la obtención de hidrógeno, basándose en el conocimiento de las propiedades del elemento.



—Objetivos totales

Conocimiento informativo—Habilidad operativa-Actitud funcional:
el alumno deberá estar capacitado para poner en práctica cualquiera de los métodos conocidos para obtener hidrógeno en el laboratorio, independientemente de la eficiencia técnica o económica del mismo.

Conocimiento informativo-Habilidad operativa-Actitud crítica:
el alumno deberá estar capacitado para seleccionar de entre los métodos conocidos el que crea más conveniente y ponerlo en práctica, tomando como base la eficiencia del mismo.

Conocimiento informativo-Habilidad creativa-Actitud funcional:
el alumno deberá estar capacitado para utilizar la información disponible en la proposición de una técnica alterna para la obtención de hidrogeno, independientemente de la eficiencia técnica o económica de la misma.

Conocimiento informativo-Habilidad creativa-Actitud crítica:
el alumno deberá estar capacitado para utilizar la información disponible en la proposición de una técnica alterna para la obtención de hidrógeno que, en alguna medida, supere los inconvenientes de los métodos conocidos.

Conocimiento formativo-Habilidad operativa-Actitud funcional:
basándose en las propiedades del elemento, el alumno deberá ser capaz de obtenerlo en el laboratorio, por cualquier método, independientemente de la eficiencia técnica o económica del mismo.

Conocimiento formativo-Habilidad operativa-Actitud crítica:
basándose en las propiedades del elemento, el alumno deberá ser capaz de seleccionar y poner en práctica el método que posea la mayor eficiencia técnica o económica en las condiciones del caso.

Conocimiento formativo-Habilidad creativa-Actitud funcional:
basándose en las propiedades del elemento, el alumno deberá ser capaz de proponer una técnica alternativa para la obtención de hidrógeno, independientemente de la eficiencia técnica o económica de la misma.

Conocimiento formativo-Habilidad creativa-Actitud crítica:
basándose en las propiedades del elemento, el alumno deberá ser capaz de proponer una técnica alterna para la obtención de hidrógeno que, en alguna medida, supere los inconvenientes técnicos o económicos de los métodos conocidos.

BIBLIOGRAFIA

1 Benjamin S. Bloom (Ed.) Taxonomy of Educational Objectives. Handbook: Cognitive Domain. David McKay, N. Y.
2 R. M. Gagne & L. J. Briggs. Principles of Instructional Design. Holt, Rinehart & Winston, Inc., N. Y. 1974
3 Ruth Beard. Pedagogía y didáctica de la enseñanza universitaria. Oikos Tau, S. A. Barcelona, 1974.
4 Claudio Zaki D. Tecnología de la educación. C.E.C.S.A. México, 1977
5 Enrique Villarreal. Teoría del conocimiento e información. Facultad de Química. UNAM, México
6 Guillermo Garcia. La educación como práctica social. Editorial Axil. Rosario. República Argentina, 1975
7 Luis Razeto M. Ingeniería y clases sociales. Cuadernos americanos. Año XXXIV No. 6. México, 1975
8 Véase el apartado anterior
9 H. Grekewicz, op. cit.
10 Nathan Rosenberg. Perspectives on Technology. Cambridge University Press. N. Y., 1976
11 Antonio Gramsci. Introducción a la Filosofía de la Praxis. Ediciones Península. Barcelona, 197
12 Georges Gurvitch, op. cit.
13 Eugene J. Mecha. Introducción al pensamiento crítico. Editorial Trillas. México, 1975

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

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA

ESTRUCTURA DE LA PLANEACION

Dr. Ovsei Gelman Muravchick

OCTUBRE , 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

LA PLANEACION COMO UN PROCESO BASICO EN LA CONDUCCION*

O. Gelman**, G. Negrete

Instituto de Ingeniería,
Universidad Nacional Autónoma de México,
México, D.F. 04510, México

SUMMARY

Using the procedures developed under the Systems Approach, a general scheme of the planning process with four interrelated steps: Diagnosis, Prescription, Instrumentation and Control has been elaborated considering the role of the planning as a basic tool in the Management Process oriented to the directed social change.

RESUMEN

Usando los procedimientos desarrollados bajo el enfoque sistémico, se elabora un esquema general del proceso de planeación que consta de cuatro etapas interrelacionadas: diagnóstico, prescripción, instrumentación y control, al reconocer el papel de la planeación como herramienta básica dentro del proceso de conducción orientado al cambio social dirigido.

* Se presentó y discutió en el Simposium sobre la planeación como proceso social. UAM-Iztapalapa. Febrero 26, 1981.
** Miembro Titular de la Academia Nacional de Ingeniería.

1. INTRODUCCION

Se ha reconocido y enfatizado la importancia de la toma de decisiones en el proceso de conducción, que constituye una de las funciones básicas de los organismos de la administración pública y privada. Sin embargo, el proceso de conducción no se reduce a la toma de decisiones, sino debe considerarse como un sistema de diferentes procesos interrelacionados que se orientan, en su conjunto, a lograr los objetivos fundamentales de dichos organismos, entre los cuales destacan los de operación y crecimiento, así como los del desarrollo del sistema socioeconómico nacional.

La conceptualización del sistema de conducción y el análisis de los procesos que lo constituyen permiten especificar el papel importante que desempeña el proceso de planeación, dentro del de conducción, como herramienta fundamental en la toma de decisiones; dando un énfasis especial sobre el planteamiento y solución de problemas.

El enfoque sistémico que se desarrolla a través de dos procedimientos de construcción de sistemas: por composición y descomposición, constituye el marco conceptual del estudio y sirve como herramienta metodológica para conceptualizar una estructura general del proceso de planeación.

Es de esperar que el esquema elaborado del proceso de planeación

facilite el desarrollo y la aplicación, en forma unificada, de la planeación en diversas áreas y constituya una guía heurística para utilizar la planeación como herramienta fundamental del proceso de conducción orientada a la solución de problemas reales. Además, permite ubicar, analizar y explicar los diferentes tipos de planeación para su comprensión en actividades académicas.

2. ENFOQUE SISTEMICO

La concepción de un organismo gubernamental como agente de cambio y desarrollo del sistema socioeconómico del país implica la necesidad de usar un enfoque sistémico para analizar las relaciones de *conducción*[a] entre el organismo gubernamental, como sistema conducente, y su sistema focal u objeto conducido.

Un análisis del enfoque sistémico constituye una tarea especial y, para fines de este estudio, se presenta solamente el procedimiento de conceptualización de sistemas, que consiste de dos formas parciales y complementarias de construcción de un sistema: por composición y por descomposición (1). El concepto *sistema general* se determina como un constructo que se obtiene con la composición de ambas representaciones.

[a] El concepto que en inglés se denota con el término management, no cuenta en español con una palabra que lo defina en su totalidad, sino que constituye un conjunto de significados que cubren aspectos tales como regulación, gobernación, manejo, administración, control, gerencia, conducción, dirección, mando, guía y los verbos timonear y regir; se ha considerado como apropiado el término conducción, y se justifica en el análisis metodológico del proceso de construcción del concepto correspondiente.

2.1 CONSTRUCCION POR COMPOSICION

Este procedimiento principia con los intentos iniciales de definir al sistema, que corresponden a las primeras etapas de elaboración del concepto, cuando se empieza a comprender que el conjunto de elementos seleccionados se encuentra organizado e interconectado en cierta totalidad gobernada por leyes comunes (1). En una siguiente etapa se intenta construir el concepto al deducir las propiedades del sistema mediante el estudio de sus componentes básicas, su comportamiento y las relaciones que los vinculan. Con este procedimiento, que parte del elemento y busca llegar al sistema, se corre el riesgo de no comprender la naturaleza integral del mismo, esto es, de aquellos aspectos estipulados, por el papel que juega, en un sistema mayor denominado *supersistema*. Este tipo de construcciones, el conjunto de elementos, los vínculos e interrelaciones, constituyen una de las nociones parciales del sistema (Fig. 1).

2.2 CONSTRUCCION POR DESCOMPOSICION

Este tipo de procedimiento se aproxima más al espíritu sistémico; corresponde a un movimiento cognoscitivo opuesto al de construcción anterior. Esto es, se parte del sistema hacia sus componentes, lo que constituye una forma típica de enfoque integral. Este procedimiento se basa en la descomposición funcional, que consiste en desmembrar un sistema en subsistemas, cuyas funciones y propiedades aseguren las del sistema en su conjunto, mediante una organización adecuada.

Esta construcción se realiza tomando en cuenta la estructura externa y la interna del sistema en consideración. La primera se establece por medio del papel que el sistema juega en su suprasistema, al definir los objetivos y funciones totales y determinar otros sistemas al mismo nivel. La estructura interna del sistema, en particular su estructura funcional, se obtiene al considerar un sistema como un agregado hipotético de subsistemas interconectados, de tal forma, que asegure su funcionamiento (Fig. 2). Este procedimiento se utiliza en el trabajo como base para seleccionar y establecer los subsistemas concretos y definir sus interrelaciones y funciones.

Los procedimientos mencionados conducen a una noción del sistema general (Fig. 3).

3. ANALISIS DEL PROCESO DE CONDUCCION

Con base en el procedimiento de construcción sistémica por descomposición, el proceso de conducción se manifiesta como la relación determinante entre los subsistemas conducente y objeto conducido. Esta relación se visualiza a través del análisis y contraposición de dos paradigmas: *conducción connectiva y conducción planificada.*

La primera se estipula por las presiones del momento, trata de mantener al objeto conducido en un estado deseado y lograr su optimación local.

El otro tipo de conducción se presenta cuando se ha prestablecido un estado futuro deseado del objeto conducido, así como ciertos criterios para seleccionar y organizar las actividades adecuadas, en forma de proyectos y programas, que contribuyan al cambio del estado actual al deseado (Fig. 4).

En resumen, el concepto de conducción consiste en un proceso de cambio controlado (que incluye el caso de no cambio) del objeto conducido, según cierto objetivo, a través de actividades que lo garanticen, y sirve para seleccionar y realizar la trayectoria adecuada de cambio.

Con este marco de referencia, la planeación se considera una actividad adicional, que apoya al proceso de conducción, visualiza y especifica el objeto conducido, los objetivos de la conducción y las actividades que permiten realizar el cambio, de manera directa, a través de programas y proyectos, e indirecta, mediante criterios de selección contenidos en las políticas, las cuales son generales y, por esto, útiles al presentarse cambios imprevistos. Los elementos proporcionados por la planeación enriquecen el procedimiento de toma de decisiones del primer paradigma elaborado ya que brinda un marco conceptual, así como bases y criterios teóricos para ampliar la experiencia y tomar decisiones en forma no restringida, y prever y prevenir los problemas futuros o mitigarlos en caso de ocurrencia.

5. ESTRUCTURA DEL PROCESO DE PLANEACION

El análisis de los cuatro subsistemas fundamentales del sistema conducente muestra que es el de planeación el encargado de satisfacer al tomador de decisiones en sus necesidades de conocimiento e información, estipulando los datos que requiera.

Es frecuente que el proceso de planeación se confunda o sustituya con captación de información, así lo señalan muchos autores, entre ellos McLoughlin (2) al mencionar a Patrick Geddes, como profeta del movimiento de planeación, quien destacó la necesidad de información amplia y profunda para clasificar problemas y comprender el contexto en el que opera un plan. Se le interpretó de manera equivocada, a pesar de su preocupación manifiesta del diagnóstico antes que el remedio, entendimiento antes que acción, presentándose la tendencia a coleccionar información. Dicho autor menciona que la colección de información se transformó en un tratamiento ritual a pesar que muchos de los planes no requieren de grandes catálogos de información.

La literatura es abundante en ejemplos de sustitución del proceso de planeación por recopilación de datos y captación de información no relevante. Esto se explica por la falta de una estructura de planeación prestablecida. Es así que, al no tomar en cuenta la estructura del proceso de conducción y de planeación, ya sea por desconocimiento o por no presentarse de manera explícita, el resultado es tratar de captar toda la información disponible.

Uno de los objetivos de este estudio es el desarrollo de un esquema de la estructura de planeación general y representativo, tarea difícil dada la diversidad de tipos y estructuras descritas en la literatura.

Se planteó la posibilidad de seguir dos caminos distintos: uno fue el estudio de la literatura, detectando y describiendo diversos esquemas del proceso de planeación, para generalizarlos y construir uno general; sin embargo, estos esquemas no sólo no son comparables, sino incompatibles por la falta de un enfoque general, un marco conceptual, un paradigma, que los ubique e integre. El otro camino consistió en desarrollar un esquema general que explique la estructura del proceso de planeación y que, además, sirva como paradigma para visualizar, entender y clasificar los esquemas empíricos.

La construcción lógica del esquema requiere de herramientas metodológicas, habiéndose seleccionado el procedimiento de construcción por descomposición funcional; conforme el cual, el proceso de planeación se desglosa, a través del análisis de sus funciones básicas, en un sistema organizado de subprocesos, los que a su vez, de la misma forma, se descomponen en subprocesos en otro nivel y así sucesivamente (Fig. 6).

En la última década se ha enfatizado la importancia de la continuidad en el proceso de planeación que no termina con la producción de planes y sus elementos; por lo que hay que distinguir

4. REPRESENTACION FUNCIONAL DEL SISTEMA CONDUCENTE

Con base en el procedimiento de construcción por descomposición y en el análisis del proceso de conducción, se trata en este capítulo de especificar la estructura funcional del sistema conducente.

El subsistema fundamental es el de toma de decisiones, que se especifica en dos aspectos. El primero actúa según el momento presente y el futuro cercano; sus problemas son los que surgen en el tiempo. No se presentan los objetivos ni se toman en cuenta los orígenes y fines del sistema en forma explícita, sino que son considerados como dados a través de la experiencia e información con que cuenta el tomador de decisiones.

El segundo de los aspectos, que de alguna manera se desvincula de las acciones inmediatas que requiere el sistema; se orienta hacia la construcción de objetivos y su logro a largo plazo, tratando de obtener soluciones integrales. Este tipo de toma de decisiones debe basarse en un proceso de previsión de actividades futuras y contar con un proceso que especifique objetivos para desarrollar el proceso de conducción, para lo cual se requiere identificar y evaluar los caminos desde un punto de vista de factibilidad en cuanto a la existencia de recursos, restricciones, etc. Se forma así una función básica denominada planeación, que apoya la toma de decisiones al proporcionar un marco de referencia y criterios para seleccionar soluciones inmediatas a los problemas presentados.

Para definir los demás subsistemas del sistema conducente es necesario analizar sus vínculos con el objeto conducido (Fig.5).

El primer vínculo, la información, permitirá al proceso de toma de decisiones y al de planeación conocer los elementos necesarios para desempeñar sus funciones. Es necesario en cualquier momento conocer el estado actual del objeto conducido, de manera que el conducente capte la información a través de indicadores relevantes que provengan no únicamente del objeto conducido, sino de otros sistemas vinculados, de modo que la toma de decisiones sea adecuada al medio en que funciona el sistema. Para la planeación se requiere adicionar la información del desarrollo del objeto conducido y la de otros subsistemas interrelacionados. La eficacia del proceso de toma de decisiones y de planeación depende de la información disponible en el momento oportuno; de aquí la importancia de contar con un diseño conceptual del subsistema de información que permita captar, generar, seleccionar, transmitir, procesar y presentar la información. Este subsistema puede emplearse como retroalimentador del proceso de toma de decisiones al proporcionar la información sobre el estado actual del sistema, los resultados de las acciones ejecutadas y las condiciones de los sistemas exteriores.

El segundo vínculo entre el objeto conducido y el subsistema conducente es la ejecución de acciones como resultado del proceso de toma de decisiones.

entre el procedimiento y su producto. Esta postura se basa en la crítica a los planes rígidos y preestablecidos, ya que en el lapso en que se prepara e implanta un plan es posible surjan cambios en el entorno del proceso de planeación, esto es, en el sistema conducente, el objeto conducido o sus suprasistemas respectivos. Puede también darse el caso de que la información sea escasa o de mala calidad, y el cometer ciertos errores al tomar decisiones.

Por lo anterior, los planes y sus elementos no pueden preestablecerse sino que deben sujetarse a evaluación periódica para realizar cambios y ajustes adecuados. Esto es, los resultados de la implantación de algunos elementos del plan y el cambio producido en el sistema conducido se evalúan considerando los logros alcanzados de acuerdo con lo esperado del plan; de no ser así, se analizan las causas probables de discrepancia a fin de obtener y realizar los ajustes apropiados.

La necesidad de un subproceso de retroalimentación y adaptación, coincidente con la planeación adaptativa definida por Ackoff (3), se debe a que la planeación no se restringe a la producción de planes sino que incluye su implantación y revisión; es así que, en una primera fase del proceso de descomposición, el sistema planeación se descompone en cuatro subsistemas funcionales (Fig. 7).

El subsistema *planeación* tiene como objetivos producir los planes con sus elementos (objetivos, políticas, metas, programas y proyectos).

El subsistema *implantación* constituye una actividad básica tanto del proceso de planeación, como de conducción, inclusive Maquiavelo mencionó que no tiene sentido ningún plan si no está prevista su implantación. Ackoff (3) también comenta que esta actividad consiste en el diseño de los procedimientos para tomar decisiones y de su organización para realizar el plan. Esta actividad debe tener su mapeo en la ejecución del plan; por ello, la implantación se divide en dos aspectos: planeación de la ejecución y la ejecución propiamente dicha; el primero corresponde al proceso de planeación y el otro al de ejecución.

El subsistema *evaluación* de los resultados permite observar la eficiencia de los planes en su consecución de metas y objetivos, para realizar ajustes, cambios y adaptaciones que mejoren el proceso de planeación y de la conducción, constituyéndose así la función del subsistema *adaptación*.

En la literatura se ha definido la actividad de control como el procedimiento que permite prever o detectar los errores o fallas de un plan, y la forma de prevenirlos o corregirlos sobre una base de continuidad. Analizando este concepto se puede observar que los subsistemas de evaluación y adaptación se ajustan a la parte referida a la detección de errores o fallas de

un plan; estos dos subsistemas y el de implantación, constituyen la etapa de control (Fig. 8).

El siguiente paso es la visualización del subsistema planeación, analizado con mayor detalle dada la importancia de sus productos. Algunos autores consideran que su desarrollo requiere de un proceso operativo que interprete ciertas soluciones de problemas del sistema objeto conducido y las transforme en planes; soluciones que serán alcanzadas en el futuro. Es así que al proceso de planeación se le considera como una herramienta de ayuda para resolver (aliviar) los problemas planteados.

El subsistema planeación se ha descompuesto en tres etapas: planteamiento del problema o diagnóstico, solución del problema o prescripción, y su transformación en planes, esto es, la instrumentación de la solución (Fig. 9).

El diagnóstico trata de detectar, definir y plantear los problemas que se quieren resolver a través del proceso de conducción. Es posible identificar un problema reconociendo su origen en la desviación, impedimento o conflicto entre los diferentes objetivos del objeto conducido, esto es, entre los de su suprasistema, los del propio sistema y los de sus subsistemas. Al considerar el esquema de conducción en su totalidad, se detectan tres modos distintos de visualizar los problemas (Fig. 10); uno de ellos de tipo interno, producido por la organización del proceso de conducción, esto es, por las relaciones entre el sistema conducente

y el objeto conducido (I); y los otros dos externos, uno de los cuales es debido a la relación del objeto conducido con su suprasistema*, con sus subsistemas y con otros objetos (II), y el otro por las relaciones entre el sistema conducente con su suprasistema y con otros sistemas conducentes (III). Es necesario destacar la importancia de definir al objeto conducido como sistema, esto es, visualizarlo como parte del suprasistema, relacionado con otros objetos, así como especificar sus subsistemas. Además, es importante su estudio para conocer sus estados anteriores y actual, cuya comparación con su estado normativo permite detectar y evaluar discrepancias y analizar sus causas. Además, con un análisis de las causas de las posibles discrepancias futuras entre los pronósticos de los estados del sistema y su estado deseado, es posible identificar y plantear los problemas actuales y futuros. Estas actividades que constituyen la etapa del diagnóstico se presentan en la Fig. 11.

La etapa de la prescripción trata de dar solución al problema planteado mediante el análisis de distintas alternativas factibles (con sus restricciones o limitaciones) para lograr un estado deseado (Fig. 12). Puede descomponerse en cuatro partes:

- Construcción de modelos** para obtener y simular la solu

* En cierta forma, se trata de problemas derivados de las relaciones entre la oferta y la demanda en diversos niveles.

** Es importante mencionar que la naturaleza del modelo depende del tipo de problema planteado, siendo necesario tomar en cuenta la disponibilidad de la información e incluir el método que diseñe el sistema de proporcionamiento de datos. Se distinguen los siguientes tipos de modelos: los descriptivos de la situación en cierto instante del tiempo, los predictivos de los estados futuros, y los prescriptivos, que generan estados futuros deseados del sistema.

ción del problema, así como para desarrollar en el diagnóstico el pronóstico del sistema.

- Definición de las distintas restricciones y formulación de criterios.
- Búsqueda de soluciones.
- Evaluación de las alternativas, a través de las diferentes técnicas de optimación y modelado, para seleccionar las factibles y mejorar según los criterios desarrollados.

La función básica de la tercera etapa, instrumentación de la solución, trata de formular los objetivos a lograr, de manera explícita, así como las políticas y programas, tomando en cuenta la asignación de los recursos. Para la definición de metas y formulación de programas, Ackoff (3) señala que los elementos de la planeación se establezcan en forma jerárquica, mediante una planeación adecuada, esto es, los ideales por medio de la normativa, los objetivos por la estratégica, las metas por la táctica, los medios por la operacional, y por último, los recursos; interrelacionados todos a niveles diferentes (Fig. 13).

Al integrar las distintas etapas (Figs. 8, 9, 11, 12, 13) se enfatiza que el proceso de planeación no es lineal, sino que las interrelaciona en su desarrollo, produciendo ciclos (Fig. 14).

6. REFERENCIAS

1. Gelman O, Metodología de la ciencia e ingeniería de sistemas: algunos problemas, resultados y perspectivas. *Memorias del IV Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería*. Mérida, Yuc. (1978).
2. Mc. Loughlin J B, Urban and Regional Planning. A Systemes Approach. *Faber and Faber*. Londres (1969).
3. Ackoff R L, Un concepto de planeación de empresas. Ed. *Limusa*. México (1980).

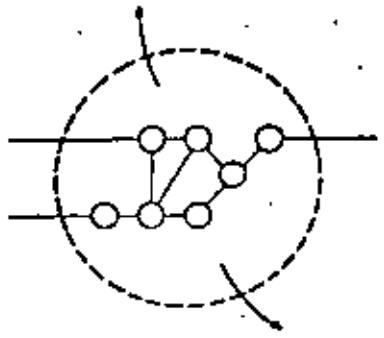


FIG 1 Representación "compuesto" del sistema a través del proceso de construcción por composición

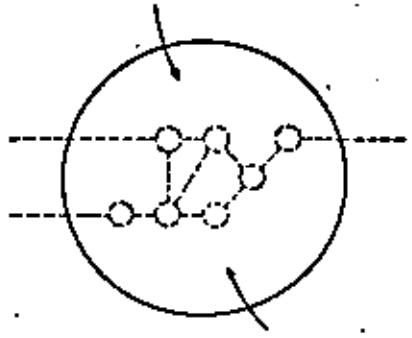


FIG 2 Representación "entero" del sistema a través del uso del proceso de construcción por descomposición

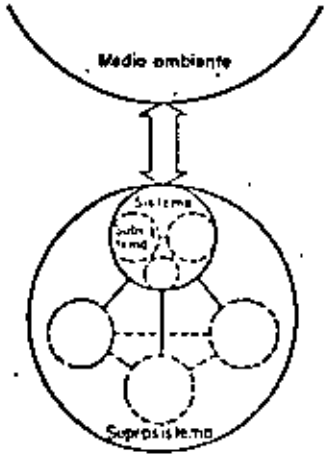
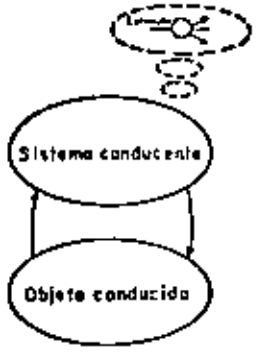
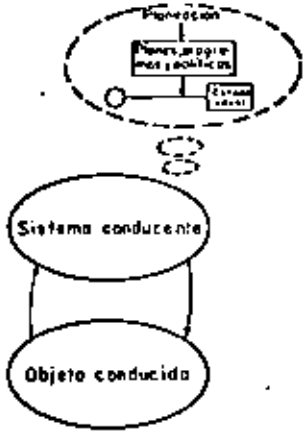


FIG 3 Representación de las relaciones entre el suprasistema, sistemas y subsistemas, y el medio ambiente



a) Paradigma de la conducción restringida a corto plazo



b) Paradigma de la conducción planificada

FIG 4 Paradigmas del proceso de conducción

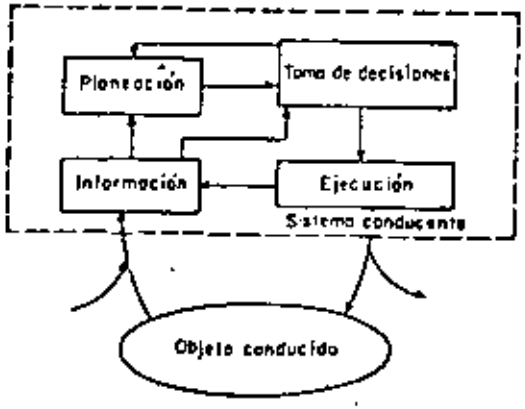


FIG 5 Representación funcional del sistema conducente

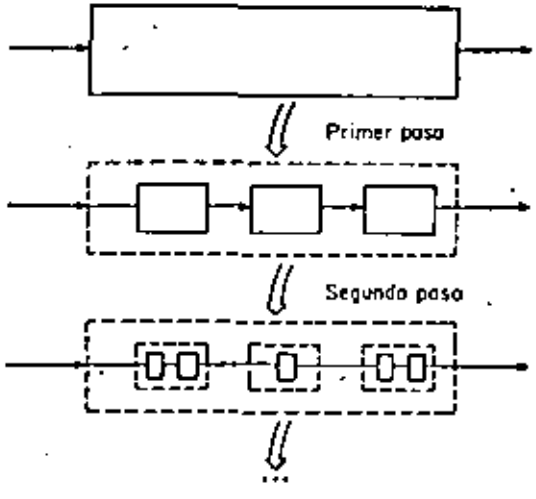


FIG 6 Esquema de uso del procedimiento de construcción por descomposición para análisis del proceso de planeación

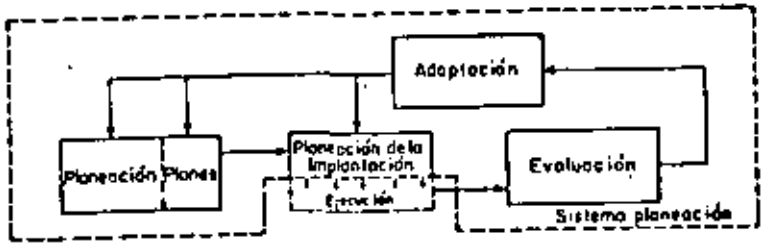


FIG 7. Estructura del proceso de planeación (primer paso)

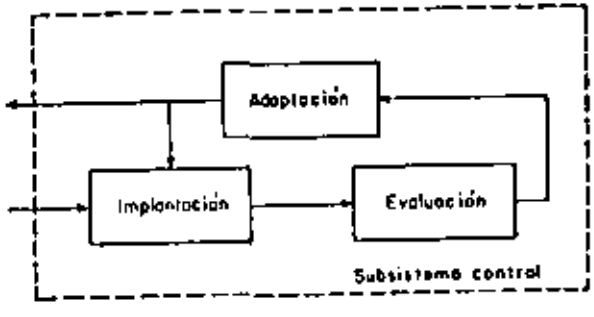


FIG 8 Estructura del subsistema control

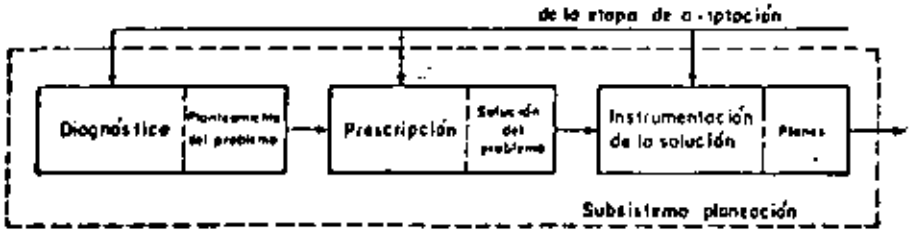


FIG 9 Estructura del subsistema planeación

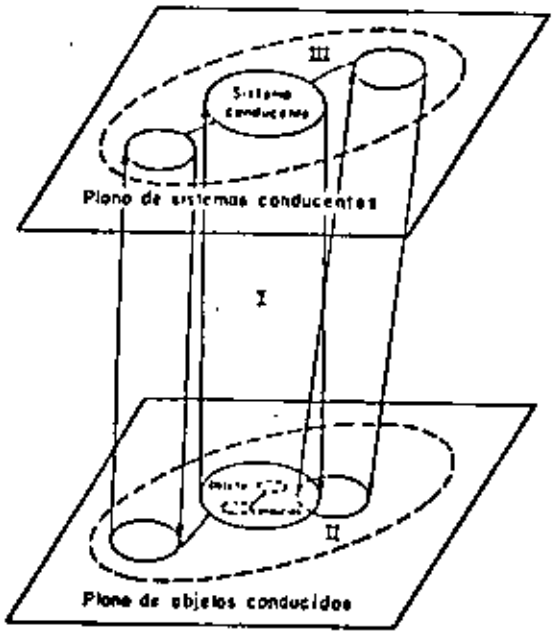


FIG 10 Paradigma para la identificación de tres clases de problemas

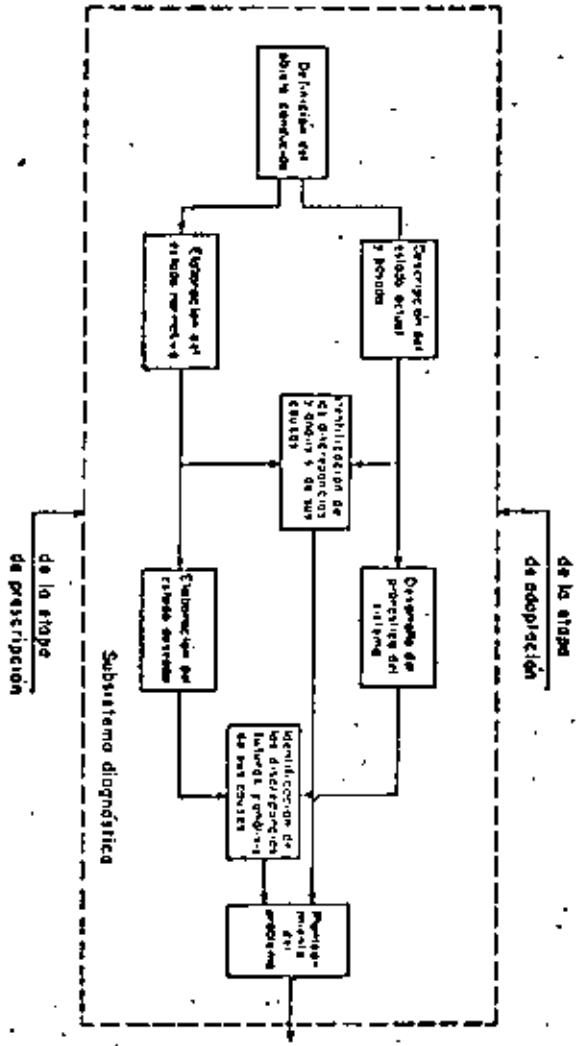


FIG 11 Esquema de la estructura de la etapa de diagnóstico

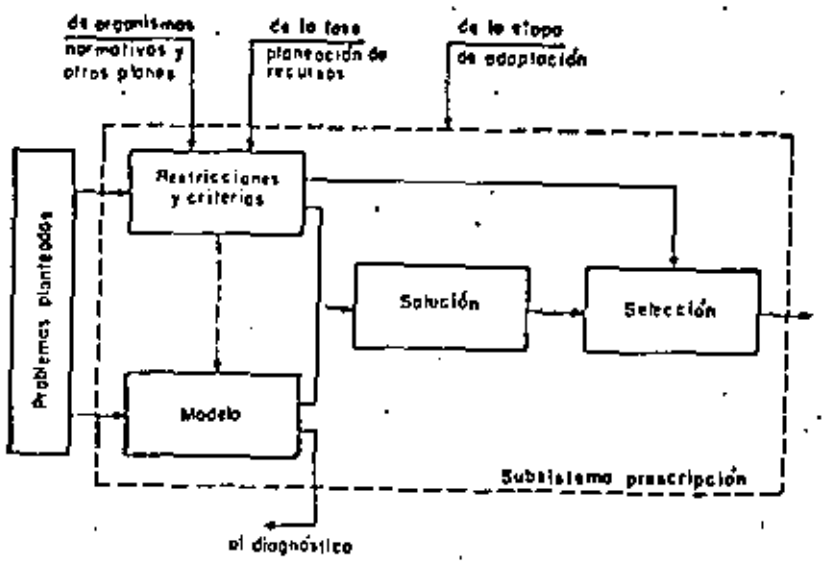


FIG 12 Estructura de la etapa prescripción

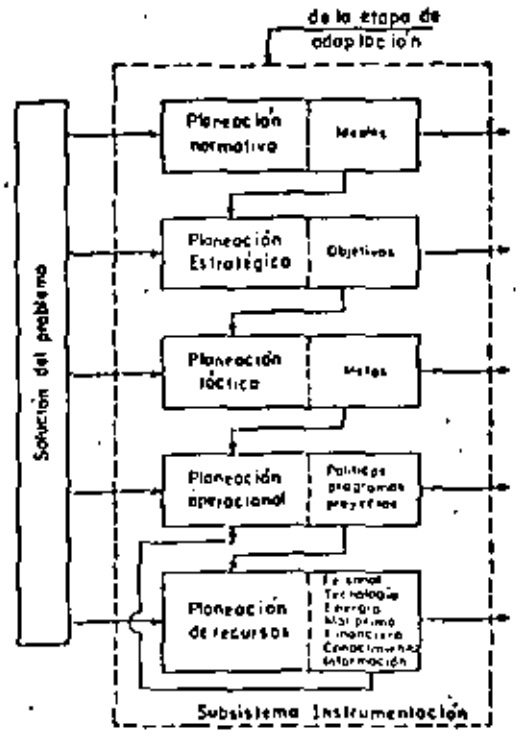


FIG 13 Estructura de la etapa de instrumentación de la solución

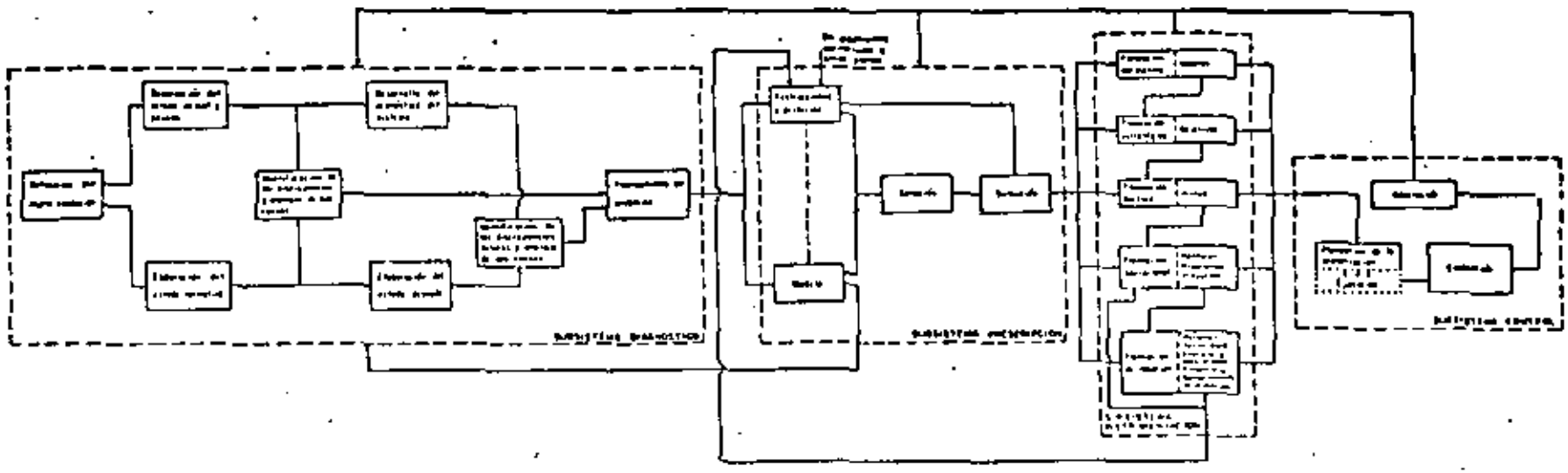


FIG 14 ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO DE PLANEACION

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

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA

METODO MORFOLOGICO

M. en I. Arturo Talavera Rodarte

OCTUBRE, 1982

Pa' 'o de Minería Calle de Tacuba 5 primer ' Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 ' Postal M-2285

METODO MORFOLOGICO

. METODOS DE PROGNOSIS NORMATIVOS

Los tres métodos más comunmente utilizados para elaborar prognosis o pronósticos de tipo normativo son los modelos morfológicos, los árboles de relevancia y los diagramas de flujo de misiones. Siendo los modelos morfológicos los más adecuados para atacar y/o resolver problemáticas que puedan descomponerse en partes más o menos independientes las cuales pueden tratarse por separado.

Los árboles de relevancia son más adecuados para situaciones en las cuales existe alguna clase de dependencia jerárquica. Siendo los diagramas de flujo de misiones los más idóneos para problemáticas que incluyen flujos, procesos y/o secuencias de alguna clase.

Sin embargo, muchas situaciones y/o problemáticas pueden ser manejadas por más de alguno de estos métodos. Donde el especialista en planeación o tomador de decisiones deberá seleccionar el método más adecuado para la problemática específica que tenga que resolver.

. METODO MORFOLOGICO[1]

El método morfológico fue desarrollado por el astrónomo Zwicky en su trabajo sobre el campo de motores jet[2], en el que indica más de 30 aplicaciones industriales obtenidas con su enfoque, además de un gran número de implicaciones y/o usos puramente teóricos en el área de las perspectivas tecnológicas (prognosis tecnológica).

La investigación morfológica es la concerniente al desarrollo y aplicación práctica de métodos básicos, que permiten descubrir y analizar las interrelaciones estructurales o morfológicas que existen entre objetos, fenómenos y conceptos, así como explorar los resultados obtenidos para construir un todo armonioso. Definición que va más allá que otras aplicaciones de prognosis con enfoque sistemático para concebir y encontrar alternativas para resolver problemas.

Ver Referencia 1
Ver Referencia 2

. DESCRIPCION DEL METODO MORFOLOGICO

La descripción de la investigación morfológica como un método de prognosis y/o pronóstico y el examen de su capacidad para predecir efectiva y exactamente desarrollos tecnológicos y ambientales, lo realizó Zwicky en cinco pasos esenciales que constituyen el método morfológico; los cuales se describen a continuación:

PASO 1: El problema debe ser explícitamente formulado y definido

PASO 2: Todos los parámetros que puedan entrar en la solución deben ser identificados y caracterizados.

PASO 3: Se debe construir la matiz multidimensional (caja morfológica), la cual contiene todos los parámetros identificados en el PASO 2, por lo que esta matiz contendrá todas posibles soluciones.

PASO 4: Todas las soluciones de la caja morfológica deberán ser examinadas en cuanto a su factibilidad (posibilidad) y analizadas y evaluadas con respecto a los propósitos y/o finalidades que se desean alcanzar.

PASO 5: Las mejores soluciones identificadas en el PASO 3, deberán ser analizadas, posiblemente con estudio morfológico adicional, de acuerdo a su factibilidad y los recursos y medios disponibles.

. EJEMPLO 1: MOTORES JET ACTIVADOS POR ENERGIA QUIMICA

El siguiente ejemplo es uno desarrollado por Zwicky en los 30's

para identificar los propulsores potenciales de plantas de energía que pudieran ser activadas por energía química. El proceso es el siguiente:

PASO 1: El medio a través del cual el motor jet se mueve. Hay cuatro componentes relacionados a este primer parámetro:

P_{11}: denota que el motor jet se mueve a través del vacío.

P_{12}: denota que el motor jet se mueve en la atmósfera.

P_{13}: denota que el motor jet se mueve en grandes masas de agua.

P_{14}: denota que el motor jet se mueve en una superficie terrestre sólida.

PASO 2: El tipo de moción del propulsor en relación a el motor jet. Donde se tienen los siguientes cuatro componentes:

P_{21}: denota un propulsor en reposo (descanso)

P_{22}: denota moción de tipo translatoria

P_{32}: denota moción oscilatoria

P_{42}: denota moción rotatoria

PASO 3: El estado físico del propulsor. El cual tiene los siguientes tres componentes:

P_{31}: denota un estado físico gaseoso

P_{32}: denota un estado físico líquido

P_{33}: denota un estado físico sólido

PASO 4: El tipo de aumento de presión (empuje), con los siguientes tres parámetros:

P_{41}: denota que no hay un aumento de la presión

P_{42}: denota que no hay un aumento interno de la presión

P_{43}: denota que no hay un aumento externo de la presión

PASO 5: El tipo de ignición, con los siguientes dos parámetros:

P_{51}: denota un motor con auto-encendido

P_{52}: denota un motor con ignición externa

PASO 6: La secuencia de operaciones, con los siguientes dos parámetros:

P_{61}: operación continua

P_{62}: operación intermitente

Entonces, en esta caja morfológica de seis parámetros se pueden identificar 576 combinaciones de éstos (4x4x3x3x2x2 = 576), las cuales pueden representar diferentes máquinas y/o motores jet. Cada una de las cuales debe ser estudiada para determinar su factibilidad, y analizada y evaluada con respecto a su capacidad (habilidad) para alcanzar un conjunto específico de objetivos.

Por otro lado, debido al gran número de alternativas es imposible el análisis de todas ellas (PASO 4), y aún después de que Zwicky se enfrentó a un gran número de motores que habrían de ser cuidadosamente estudiados para determinar sus características, deseabilidad, factibilidad (con tecnología existente o por desarrollar), costos, y ante la posibilidad de que cierta combinación de factores podrían tener una alta posibilidad de combinarse en un futuro cercano; Zwicky seleccionó algunas de ellas de manera aleatoria y empezó a estudiarlas con el fin de descubrir algún principio que relacionará y conjuntará el número de alternativas posibles, de tal manera poder estudiarlas en forma agrupada, lo cual realizó con el fin de reducir, tanto como sea posible, el número de alternativas a ser evaluadas.

Si es necesario resolver la problemática a estudiar con una enorme cantidad de trabajo, se puede utilizar en forma sucesiva el método morfológico. Zwicky, por ejemplo con el análisis descrito anteriormente fue capaz de sugerir nuevas invenciones de tipo completamente radical, que fueron realmente innovadoras, al menos conceptualmente, muchas de las cuales fueron posteriormente desarrolladas en forma exitosa. El también menciona la concesión de 16 patentes como resultado de su estudio sobre motores jet, reconociendo que fueron obtenidas principalmente por uso del enfoque morfológico.

Siendo una característica atractiva de la investigación morfológica la evaluación de probabilidades de una tecnología futura (o cuadro en la caja morfológica) que será realizada, la cual se calcula como una función de lo que Zwicky llama distancia morfológica (es decir, el número de parámetros por medio de los cuales una tecnología existente difiere de alguna otra específica, en la caja morfológica), obteniéndose que mientras más grande es la distancia, es más pequeña la oportunidad (probabilidad) de que dicha tecnología sea realizada. Además, en adaptaciones y/o ideas similares, las oportunidades tecnológicas, pueden ser evaluadas como una función del número de combinaciones existentes en la unidad de la tecnología, de la cual dependerá, teniéndose que mientras más grande es el número, es más alta la oportunidad (probabilidad) de que la tecnología se materialice por accidente.

Entonces, la investigación morfológica puede ser vista como una lista de clase especial, la cual servirá como una manera sistemática de enumerar todas las combinaciones tecnológicas posibles. Además de que su principal ventaja es de que permite utilizarla para identificar las oportunidades: ocultas, latentes, no comprendidas, no tomadas en cuenta, o raras de factores tecnológicos que pueden ser [illegible] y con altos beneficios. Obteniéndose de esta lista especial o caja morfológica, la investigación de nuevas tecnologías, así como de sus respectivas posibilidades de ser materializadas.

No obstante que el análisis morfológico es de una naturaleza simple es una herramienta poderosa en la búsqueda para esclarecer una imagen del futuro.

OTROS EJEMPLOS DE APLICACION

En los anexos que a continuación se presentan, se tienen otras aplicaciones importantes implícitas o explícitas del método morfológico.

BIBLIOGRAFIA

1. Wheelwright y Makridakis, "Forecasting Methods for Management", Ed. Wiley (1973)

2. Zwicky, Fritz, "Morphology of Propulsive Power", Monographs on Morpholigical Research No. 1, Society for Morphological Research, Pasadena, California (1962)

3. Hall Arthur, "Three-Dimensional Morphology of Systems Engineering", IEEE Trans. Syst. Sci. Cybern , Vol. SSC-5, pp 156-160. (Abril 1969)

4. World Future Society. "An Introduction to the Study of the Future" pp 174-176.

5. Hauser, G, "A Forecast Electric Power". Generation Technology: 1975-2000" , Electric Light and Power (1975)

ANEXO I : MORFOLOGIA TRIDIMENSIONAL DE LA INGENIERIA DE SISTEMAS (3)

(3) Ver Referencia 3

Three-Dimensional Morphology of Systems Engineering

ARTHUR D. HALL, III, SENIOR MEMBER, IEEE

Abstract—A study of the structure and form of systems engineering using the technique of morphological analysis is presented. The result is a model of the field of systems engineering that may be rich in applications. Three uses given for illustration are in taxonomy, discovery of new sets of activities, and systems science curriculum design.

I. Introduction

MORPHOLOGY refers to the study of structure and form. Morphological analysis, a term coined by Zwicky [1], means to decompose a general problem or system into its basic variables, each variable becoming a dimension on a morphological box. When the values that each variable can assume are found, a set consisting of one value of each variable defines a solution to the problem or a species of the general system. This valuable approach is essentially a search technique for piling up alternatives in a design problem [2]. In this paper the technique will be used to present a new and simple model of the field of systems engineering that may be useful in surprising ways.

II. Morphological Analysis

Investigation of systems engineering reveals (at least) three fundamental dimensions which are as follows.

1) The first is a time dimension which is segmented by major decision milestones. The intervals between these milestones can be called phases, and they define a coarse structure depicting a sequence of activities in the life of a project from inception to retirement.

2) The second dimension models a problem solving procedure, the steps of which may be performed in any order, but each of which must be performed no matter what the problem. These steps may be repeated in successive phases. The flow of logic, not time, is the essential feature of this dimension, and this logic comprises the fine structure of systems engineering.

3) The third dimension refers to the body of facts, models, and procedures which define a discipline, profession, or technology. A possible measure for this dimension is the degree of formal or mathematical structure. The intervals along this scale in decreasing order of formal structure might be: engineering, medicine, architecture, business, management, law, the social "sciences," and the arts.

Manuscript received August 12, 1968; revised December 27, 1968.

The author is with the Moore School of Electrical Engineering, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pa. 19104.

Combining the first two dimensions produces a model of the methodology of systems engineering which at once organizes and defines the field independent of any profession. This does, of course, imply that systems engineering is not a profession, since it does not contain facts, models, technology, etc., that are unique to it. To the extent that systems science is succeeding in abstracting models, concepts, facts, etc. that apply to several fields, it is fair to characterize systems engineering as an emerging profession. Fig. 1 depicts this model, called the activity matrix because each element in the matrix is defined by a unique activity at the intersection of a phase and a step of that phase. The model encompasses a vast panorama including design, which is centered about phases 2 and 3.

Most of the two-dimensional structure has been discussed previously [3]. Therefore, these broad phases and steps will be defined only briefly. By program planning is meant conscious activity in which an organization strives to discover the kinds of activities and projects it wants to pursue into more detailed levels of planning. In the language of finance, it is portfolio design.

Project planning is distinguished from program planning by interest focused on just one project of the overall program. The terminal milestone of this phase occurs when a decision is reached to develop the best of the alternative systems disclosed during the planning or to dispose of the project in some definite way.

This or any phase can be defined in terms of the steps which comprise it. Thus problem definition, activity a_{21}, includes a study of the needs and environment, and collection and analysis of data to be used in formulating the problem. Value system design, activity a_{22}, uses these data in stating the objectives to be met and prescribing a (generally multidimensional) decision criterion against which all alternatives will be measured. System synthesis refers to all means of compiling a set of contending alternatives, whose consequences are systematically deduced during the systems analysis step. These consequences are evaluated and combined according to the rules prescribed by the value system in the decision making step, which selects the best alternative. Rational choice among alternative systems requires that each system be proportionated to meet, as best it can, the objectives comprising the value system; this is the role of optimization. In the sense that this step entails iteration of the first four steps, it should not be singled out as a separate function. However, optimization often carries out this iteration by using a model for selected aspects of the system with the express purpose of optimally

Reprinted from *IEEE Trans. Syst. Sci. Cybern.*, vol. SSC-5, pp. 156-160, Apr. 1969.

Phases of the Coarse Structure ↓ \ Steps of the Fine Structure → Logic	1 Problem Definition	2 Value System Design (develop objectives & criterion)	3 Systems Synthesis (collect & invent alternatives)	4 Systems Analysis (develop consequences of alternatives)	5 Optimization of alternatives (iteration of steps 3-4 plus modeling	6 Decision Making (application of value system	7 Planning for Action (to implement next phase)
1 Program Planning	* 11	* 12				* 16	* 17
2 Project Planning (and preliminary design)	* 21						
3 System Development (implement project plan)							* 37
4 Production (or construction)				* 44			
5 Distribution (and phase in)							
6 Operations (or consumption)	* 61						
7 Retirement (and phase out)	* 71	* 72				* 76	* 77

Fig. 1. Morphology of systems engineering and its activity matrix.

proportioning the selected aspects. It is this modeling activity which justifies singling it out as a separate step. The final step is planning for action, which includes communicating results, scheduling effort, allocating resources, determining how performance is to be measured against the plan, and designing a feedback system for controlling the ensuing action. Were we not modeling a multiphasic system, we would include implementation, i.e., starting and controlling action, as a final step. However, in this model, implementation refers to the next phase.

Thus system development means to implement the plan. It entails another cycle of steps, dealing mostly with components rather than overall alternatives. The phase ends by preparing detailed specifications, drawings, and bills of materials for the manufacturer or construction organization.

Production, in the case of a manufactured product, or construction, when the system must be produced in place, refers to all those activities needed to give physical embodiment to the wanted system. For a new building, the general contractor executes the architect's plan, using the detailed plans and specifications provided by him and his consultants. For a new product, the manufacturing engineers determine the sequence, material flow, and the floor layout required, design the tooling and test jigs, and establish quality control.

Next follows distribution and phase-in of the product to ultimate consumers. This may involve all kinds of distribution facilities, sales organizations, applications, and sales engineering. The product may have a very long life, like a power dam, or it may be consumed, like a new item of packaged food.

The operations phase overlaps the distribution and retirement phases a little or a lot, depending upon the number of systems involved and the periods used for phase-in, operation, and phase-out. In any case, operation is the reason for all forms of systems engineering. Many problems arise during this phase that are not of a design nature, such as those relating to optimum utilization, which are solved by a recycling of the seven major steps of the fine structure.

Finally, the system may be retired, or more generally, phased out over a period of time while some new system takes its place. Just as for all of the other phases, a whole row of steps applies.

Consider now that a matrix of 49 activities is formed by the coarse and fine structure dimensions.

The activities of each morphological square are unique, yet there are helpful similarities and relationships. For example, the objectives selected for a particular value system design may differ according to which phase we are in; a type of objective appropriate in program planning more than likely would be inappropriate, even irrelevant, for the retirement phase. Yet in-depth knowledge of how to design and apply value systems is useful in all phases and can lead to wisdom in tailoring a value system to a phase.

Modeling the fine structure as a linear dimension on a box overemphasizes the temporal features of the fine structure and obscures certain essential features of the systems engineering process. Both the iterative and converging features of the process are emphasized by using a simple natural system as a model (thus using the essential cybernetic viewpoint [4]): a seashell viewed as a cornucopia with reverse flow. See Fig. 2.

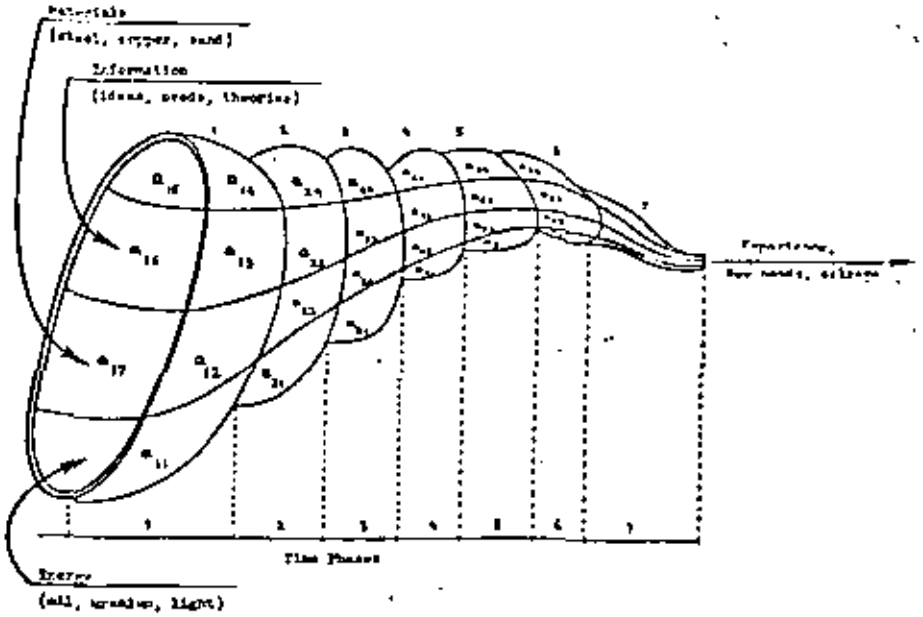


Fig. 2. Cornucopia model.

The analogy of the cornucopia with the systems engineering process is a felicitous one. The cornucopia, emblematic of abundance, was the horn of the Greek nymph Almathea which was endowed with the virtue of becoming filled with whatever its possessor wished. Here, the wishes are those of a society directing and cooperating with its systems engineers, who focus energy, information, and materials upon a successively smaller and smaller set of problems and decisions until finally a single wanted system emerges and is fit into an ecological niche. The spiraling structure converging to a point depicts exactly what happens in iterating the fine structure cycle through successive phases.

All dimensions of the spiral horn are adaptable to fit the task (as required of any good cornucopia). If we stretch the radial and transverse axes to separate the segments (taking care not to go beyond the elastic limit) and look into the larger end, we may see the hyperfine structure of this remarkable instrument. What we see is a series connection of one-way elements, providing the structural basis for forward movement, connected with two-way (feedback and feedforward) paths permitting any step to follow any other step in whatever sequence.

Seemingly complex beyond belief or comprehension, because we know how intractable even a single-loop feedback system can be if it is of high order and nonlinear as those are in this model, certain regularities do appear. At least, certain feedback paths appear "stronger," "more essential," or perhaps only more frequently used than others. The loop consisting of analysis, synthesis, and comparison with objectives in each phase has been singled out by some methodologists. Special emphasis has been given to this loop here also, and the loop which models value system design has been added and connected with the synthesis-analysis loop [3, Fig. 4.3]. How these two loops behave like an adaptive feedback system has been explained. Although progress has been made, Fig. 3 shows how far we still have to go to achieve complete understanding.

It must be perfectly clear that the two-dimensional morphology presented is quite different when applied to a problem in electrical communications than it is when applied to a problem in medicine or bridge construction. It follows that even if a man were perfectly versed in the tools, models, and attitudes appropriate for all of the activities on the two-dimensional morphology matrix, this would not be sufficient to produce anything really comprehensive and useful in the real world where specific knowledge and technology must be applied. The requirement for subject matter knowledge in practice should be self-evident, but, unfortunately, it is not always so. As evidence, we see consultants in operations research and industrial engineering who tend to claim that since they have grasped a universal methodology, they can produce applications in any field. Also, certain aerospace companies, claiming the systems approach, have tackled problems in transportation, education, and pollution with results that may not be what one would expect after contemplating cornucopias. Even many universities, uncritically being swept along by the tide, have established graduate curricula in systems engineering that cover a good part of the methodology, but leave the student unequipped to design anything. A few are extending the same sort of programs downward into undergraduate curricula.

Thus are we led to the third dimension, referring to subject matter fields representing what today are called professions, disciplines, or technologies. Fig. 4 defines a more well-rounded systems engineering. Within it, we may speak of more usefully defined activities such as decision making in the development phase of law (a_{145}) or the operational phase of medicine (a_{10} through a_{60}), which includes the work of the general practitioner of medicine.

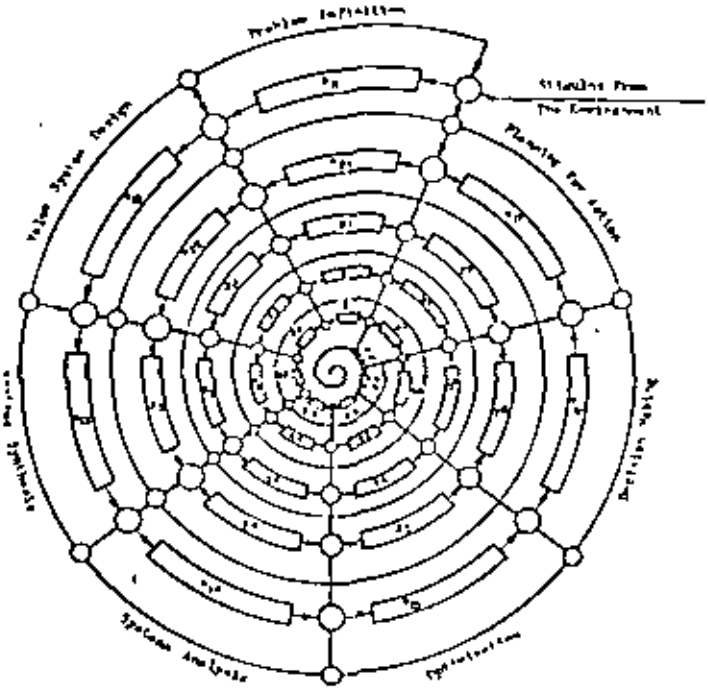


Fig. 3. Hyperfine structure.

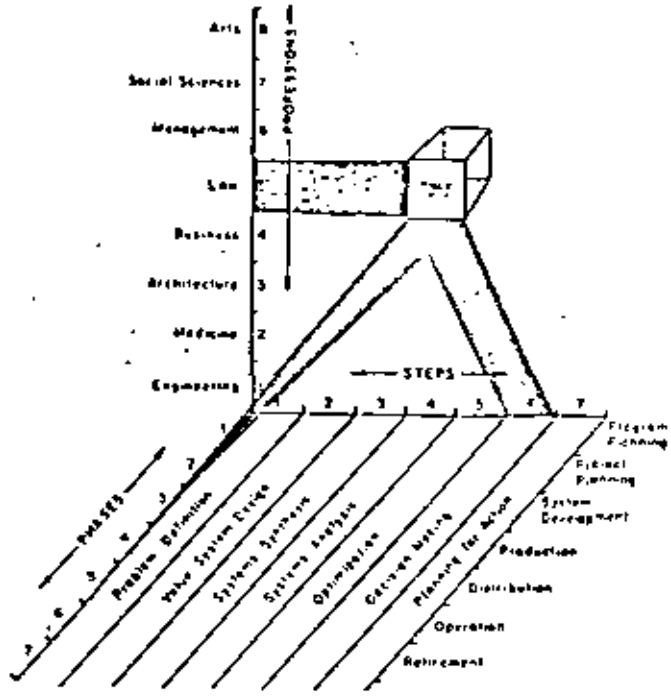


Fig. 4. Morphological box for systems engineering.

III. Applications

This morphological box appears to have many uses of which only three will be mentioned briefly.

A. Taxonomic Uses

As illustrated previously, it is possible to define well-known fields by reference to a set of compartments in the box. Attempts to do this lead to some problems caused by misnamed fields. As an example, consider the field known as "systems analysis," which was started at the RAND Corporation and continued by a rather broad group of mathematicians and economists who, among many other things, performed military "cost-effectiveness" studies. The box defines systems analysis as a deductive step only, occurring in all phases of all disciplines; this captures only part of systems analysis and credits it with working in fields where it is not found in fact. A better match occurs if we classify it as a part of the field of operations research.

Operations research started through interest in the operations phase, but it greatly expanded by using the steps in the fine structure to solve problems in other phases as well. It has spread over most of the "zero plane" of the box and has found applications in common activities in other "layers" of the box, notably, business, management, and medicine. However, in the sense that it does not use "research methodology," meaning the scientific method as used in pure science, it too is misnamed. Its methodology seeks a normative or prescriptive body of knowledge, unlike pure science which seeks to know," and does not seek "what ought to be." The same applies to the "science" of management science. Ansoff and Brandenberg [5] think that the right solution to this little taxonomic problem is to call it "management engineering." By the same arguments, operations research should become "operations engineering," and "systems science" should become "systems engineering." Thus a broad viewpoint contributed by the morphological box can help to improve tangled terminology.

B. Aids to Discovering, or Seeing More Clearly, Unique Activities

One of the distinct merits of morphological analysis is that it helps to find more solutions than could be found merely by listing them. In this case, the box identifies $7 \times 7 \times 8 = 392$ activities, and this number can readily be increased by anyone adding professions and subdividing phases and steps, according to his own viewpoint. The importance of this is that the delineation of many unique activities by the combination of variables invites a large number of new questions. (Any good research raises more questions than it answers). One class of such questions is about the existence of a given combination. Many inventions have taken place by elaborating a combination which at first seemed foolish or farfetched. This class of questions will be exemplified.

Is each layer of the box really complete all over the plane? In other words, does each profession really have a methodology as well developed as "conventional" systems engineering from which the box was derived? It is, of course, not too difficult to imagine problems in law, the arts, etc. and "force fit" the methodology of the first layer to them, but this proves nothing, except perhaps our ingenuity.

There is very little evidence to suggest that a "medical systems methodology" or a "legal systems methodology" has been worked out. Nadler [6] reports interviews with

an engineer, a lawyer, a commercial artist, a physician, and an architect about the procedure each followed in a recent specific design project. These were the results:

> The research group concluded that there were strong similarities in steps used by those interviewed. Although there was not enough evidence to support a conclusion that the design approaches of various professions could be translated into one design model, such an assumption seemed justified as a working hypothesis.

Even if the hypotheses were validated (the author's own experiences both in engineering and nonengineering areas lend support), it is a far cry from here to well-reasoned and formulated methodologies which have consensus within the various professions.

Yet what a boon it would be if a common methodology were developed for the professions! Agreement merely upon common names for phases, steps, and structural elements alone would assist greatly in the transfer of knowledge among the professions. The potential idea of the "portable concept" given by Linvill [7] would begin to realize its potential. The "two culture problem" discussed so much by Snow [9] is most acute between pairs of professions farthest apart on the "professions" scale of Fig. 4, precisely because of the most diverse methodologies and subject matters. Yet the author's experience is that people "farthest away" from engineering, such as in the "social sciences," have the greatest expectations that somehow engineering can give a great infusion of models, methodology, and techniques.

None of this should be interpreted to mean that engineering methodology is in such fine shape as to be a 5[illegible] exporter. While being able to pinpoint its weaknesses, the existence of a tenable and useful methodology for engineering (including, at least, systems engineering, management engineering, and operations engineering) seems beyond question, despite the more faint-hearted proposition by Zwicky in [4] that one might now be attempted. There are, of course, plenty of scientists and a few engineers who gainsay all of this and who either hold to a purely heuristic method or fear that the evolution of a better methodology will lead to blind rule following. Both views are silly, and it would be illuminating to prod such people into print.

C. Aid in Curriculum Design

A final use for morphological analysis is in the design of academic curricula. In many new graduate school curricula in systems engineering, it is good to see emphasis on probability, statistics, mathematical optimization, statistical decision theory, etc. These tools are all useful and none should be banished. It is important, however, that these subjects be seen largely as the tools for the systems analysis step, which is only one of seven to be played together as an organ. The morphology suggests that there is no logical priority among the steps of a given phase; none of them is more important than the others. It follows that a unified curriculum requires some balance of emphasis upon each step in at least one phase of at least one profession. Schools which stress design courses achieve a better balance across the steps, but they give little balance across the phases since design centers about phases two and three.

The morphological box, of course, suggests tremendous challenges to curriculum designers to develop systems science and systems engineering which will permit one to operate effectively in several professions at once. Meeting these challenges calls for further weakening of the rigified partitions that separate the professions in most universities. False value systems, which tend to prevent research and teaching in fields that may not now be mathematizable, must also go. (Whoever heard of a course on problem definition?) In business, the rigid barriers between sales and marketing, research and development, manufacturing, finance, etc., are just as confining as those in the universities. And the unnatural wall between the mandarin society of the university and the pragmatic society of business serves neither in the evolution of systems curricula.

IV. Conclusion

We have to be modest even with perfect knowledge of a two-dimensional course and fine structure. But it is essential to see it whole to acquire a deep grasp of the process and facility with each of the activities of the process because it does, in fact, portray the essence of the systems approach. And this wholeness does aid in acquiring and using knowledge of disciplines comprising the third dimension.

References

[1] F. Zwicky, "Morphology of propulsive power," Society for Morphological Research, Pasadena, Calif., Monograph 1, 1962.

[2] S. A. Gregory, Ed., *The Design Method*. New York: Plenum Press, 1966.

[3] A. D. Hall, III, *A Methodology for Systems Engineering*. Princeton, N.J.: Van Nostrand, 1962.

[4] W. R. Ashby, "The cybernetic viewpoint," *IEEE Trans. Systems Science and Cybernetics*, vol. SSC-2, pp. 1-3, August 1966.

[5] H. I. Ansoff and R. G. Brandenberg, "A program of research in business planning," *Management Sci.*, vol. 13, no. 8, 1967.

[6] G. Nadler, "An investigation of design methodology," *Management Sci.*, vol. 13, June 1967.

[7] W. K. Linvill, "Models and model construction," *IEEE Trans. Education*, vol. E-5, pp. 64-67, June 1962.

[8] F. Zwicky and H. G. Wilcox, Eds., *New Methods of Thought and Procedure*. New York: Springer-Verlag, 1967.

[9] C. P. Snow, *Two Cultures and a Second Look*. London: Cambridge University Press, 1964.

ANEXO 2 : SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO (4)

(4) Ver referencia 4

Morphological Models

Constructing a morphological model of some situation involves identifying major elements of that situation, elements which themselves may involve several alternatives. A single representation of the situation then is synthesized by selecting one of the alternatives from each of the major elements. To illustrate this procedure, let us consider a mass transit system: the major elements of this system are vehicles, routes, and schedules. (Note that riders here are specifically not considered as part of the system. The system exists to serve them. However, for other purposes, such as modeling an entire city, the riders might legitimately be considered as parts of the mass transit system.) Vehicles may be further described in terms of size, motive power, and type of control. Size means number of passengers, and we can take as representative of a wide range of sizes, vehicles carrying 5, 30, or 100 passengers. Alternatives for motive power might include diesel, steam, battery, turbine, and external electricity. The type of control might be manual, in which all vehicle functions are controlled by an operator; semiautomatic, in which specific functions (such as stopping at a station) are selected at the discretion of an operator but the function is then performed without operator control; or automatic, in which all functions are performed by the control system. Moreover, the control might be located either internally or externally. Thus, there are many possible vehicles types, each involving a selection of size, motive power, control type, and control location. Routes may involve some kind of guideway and may involve some degree of shared usage. Guideways may be fixed, like streetcar tracks; they may be flexible, like the overhead wires of a trackless trolley, which permit the trolley to go anywhere there are overhead wires; or there may be no guideway at all, as with city buses. Regardless of the type of route, usage may be exclusive with the transit system, as is the case with streetcars which have exclusive use of their tracks, shared, as with commuter trains which share their tracks with other types of trains, or general, as with buses which share the streets with all other types of traffic. Finally, the schedule may be historic, based on previous experience with numbers of riders at given hours on given days of the week (perhaps modified for seasonal conditions and special events), it may be responsive, as the transit management adjusts the number of vehicles on a route on the basis of whether demand is unusually heavy or light, or it may be real-time, if a vehicle is scheduled on a route only when it is demanded by one or more passengers. The major components of the system, and the alternatives for each, are listed in Table 2.

A specific type of system is described by selecting one alternative from each row of the table. For instance, consider a system in which the vehicles are five-passenger, externally-powered, automatic under external control, have exclusive use of flexible guideways, and are scheduled on a real-time basis. Such a system amounts to an automated taxicab, except that it is constrained by its need for external power and control to stay within a fixed area where these facilities are available. Another type of system might use 30-passenger vehicles, diesel-powered, under internal manual control, which have no guideways and share the streets with general traffic, and which are scheduled on an historical basis. This describes a typical urban transit system using buses. Table 2 contains a total of 3 x 5 x 3 x 2 x 3 x 3 x 3 = 2430 different types of mass transit systems, taking into account all possible combinations of vehicles, routes, and schedules. Some of these combinations are physically impossible, such as those which involve external power to a vehicle which has no guideway. Eliminating the impossible combinations, however, still leaves a large number of systems each of which is physically possible and which might deserve further investigation. Such further investigation, looking at economic feasibility, political acceptability, etc., may

Table 2

SCHEDULE

historic
responsive
real-time

ROUTES

Guideways	Usage
fixed	exclusive
flexible	shared
none	general

VEHICLES

Size	Power	Control Type	Control Location
5 passengers	diesel	manual	internal
30 passengers	steam	semiautomatic	external
100 passengers	battery	automatic	
	turbine		
	external		

narrow the range down to only a few systems which represent worthwhile possibilities. These, then form the basis for a normative forecast of possible future mass transit systems.

ANEXO 3 : UNA PROGNOSIS DE LA TECNOLOGIA DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA: 1975 - 2000 (5)

(5) Ver referencia 5

A FORECAST OF ELECTRIC POWER GENERATION TECHNOLOGY - 1975-2000

L. G. Hauser
Westinghouse Electric Corporation
Westinghouse Building
Pittsburgh, Pennsylvania 15222

ABSTRACT

Power Generation consists of two separate components; (1) an energy source and, (2) suitable conversion equipment to utilize the energy source. Combined they are known as an energy system.

Today the United States has 19 different energy sources which are technically available for power generation, and 12 different types of conversion equipment which are technically feasible. Matching the energy sources with suitable conversion equipment results in a total of 53 energy systems. The present state-of-the-art consists of 12 energy systems which are technically and economically feasible.

The remaining 41 energy systems are assessed on the criteria of economics, reliability, national energy policy and environmental impact.

The current status of development and potential future progress are reviewed in the paper. The results of this review indicate that 12 new energy systems have good potential to become economically competitive for power generation during the next 25 years.

INTRODUCTION

The purpose of this paper is to discuss the probable future trends in electric power generation technology for the balance of this century. The use of electricity has been on a steady upward trend for the past 50 years. It has changed from a semi-luxury in the early 1920's, when it was used sparingly for lighting and light industrial work, to a major source of energy today. In fact it is termed by many to be the "life blood" of our present industrial society. The trend of this growth has been approximately twice that of our total use of energy for the past several decades and today electricity accounts for over one quarter of our energy use in the United States. In spite of the excellent record of technical progress by the electrical industry in designing and building ever larger and more efficient generating plants, disturbing problems appear on the horizon for sustained growth in the use of electricity. Such matters as energy sources, environmental impacts, plant site locations and ever increasing demands for capital investment are just a few of the areas that are creating concern among many observers of our society.

Historical growth trends tell us that the use of electricity will grow five-fold between now and the year 2000. The probability of the historic growth trend continuing is enhanced by the "substitution" programs whereby users are accelerating the substitution of electricity for direct fuel use in heating and process heat. Definite progress is being made in home heating by electrical substitution for oil and gas Figure 1. Note that new home electric heating increased from 28 percent in 1970 to 49 percent last year.

A similar growth in the use of electricity for process heating is expected to occur in the manufacturing sector.

NEW HEATING INSTALLATIONS
IN ONE FAMILY HOMES

Year	All Homes Reporting	Gas	Electric	Oil	Other
1970	1,000,000	62%	28%	8%	1%
1971	946,000	60	31	8	1
1972	1,081,000	54	36	8	1
1973	1,119,000	47	42	10	1
1974	905,000	41	49	9	1

Source Petroleum Industry Research Foundation 8-8-75
Department of Commerce

Fig. 1

With the continued expected growth in the demand for electric power and in view of the many areas of concern confronting the industry today, it is highly unlikely that present patterns in power generation will continue to grow without change. But in forecasting any changes in trends, it is necessary to consider the various alternatives to existing patterns which may exist. As can be seen from the following two figures, this is a most complex problem.

SCOPE OF ANALYSIS

Figure 2 attempts to list in a logical order the various types of electric power generation equipment which are technically feasible today. The numbers indicate the percentage of total electric power that is currently being generated by each particular type of generation.

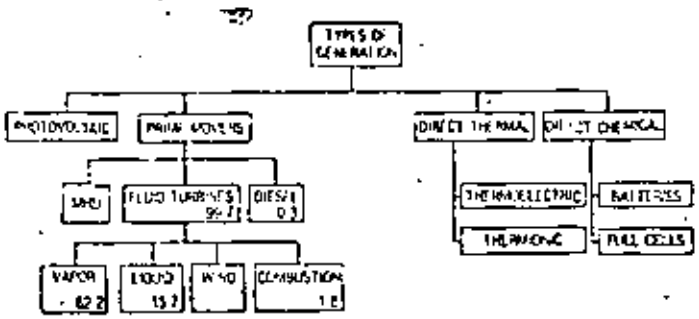


Fig. 2

It is not the purpose of this paper to give technical descriptions of the various types of generation but for clarification a few words of definition might be in order.

(a) MHD of course stands for magnetohydrodynamics

(b) The vapor turbine is a turbine that operates in a cycle where the working fluid goes through a phase change, and is most typified by the present day steam turbine.

(c) The liquid turbine is one which derives energy from the dynamic flow of a liquid, and the hydroelectric turbine is a typical example.

(d) The term wind turbine is utilized in its simplest sense as a turbine which recovers the kinetic energy from a stream of flowing gas such as a windmill operating on the kinetic energy of the wind.

(e) The combustion turbine is one which recovers the energy from the combustion of a fossil fuel in the pressurized working-fluid stream. A new concept has been proposed where the working

fluid is heated in a nuclear reactor core, such as a high temperature gas cooled reactor. Technically, the working fluid is not heated by chemical combustion, but the concept is similar and, for the sake of simplicity, this application of the turbine to a nuclear cycle will be classified as a combustion turbine also. The other items on the chart should be self explanatory.

From this chart it is easy to see that present day power generation comes exclusively from prime movers with the vapor and liquid turbines supplying some 98% of the total power generated today. The small balance, approximately 2%, is supplied by the combustion turbine with minor contributions from diesels.

Coupled with the previous chart one must also examine the source of energy for the various methods of power generation. Figure 3 has divided the energy sources into two categories, namely; prime energy sources and the stored processed energy sources. The purpose in handling it this way is to distinguish between that type of generation which converts a raw energy resource into useful energy from that type of generation that is used to supply electrical demand from a previously processed and stored energy supply such as pumped storage or a charged battery supply. The prime energy source is divided into two areas, depletable resources, and renewable resources. The figures indicate the precentage of electrical generation from these particular sources and, as would be expected, the depletable resources supply approximately 84% of our current electric energy base. Hydroelectric power supplies the balance with a very small assist from geothermal.

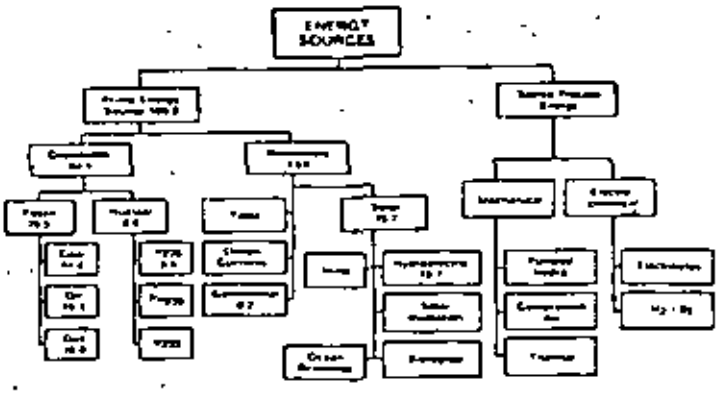


Fig. 3

Most of the terms on Figure 3 are self explanatory but a word of explanation may be in order for three of these. The "biological" type of fuel includes any type of organic waste or plant growth which can be subsequently processed into a fuel to be used in a heat engine. This is another form of solar energy. The term "ocean gradients" means the temperature differentials between strata in the ocean that are large enough in some parts of the world to support a typical vapor turbine cycle for power generation. This also is another form of solar energy. The term "compressed air" denotes a system in which air would be compressed by a mechanical compressor and stored, probably in an aquifer, as a source of potential energy which could be subsequently drawn upon at demand to supply energy to either a wind turbine or to supply precompressed combustion air for a combustion turbine.

The next step in our analysis is to determine which sources of energy are compatible with each type of power generation. A simple combination of one energy source with one type of generation equipment equals a generation system or alternative.

There are a total of 53 separate and distinct energy systems enumerated in Outline I which are technically feasible today to generate electricity. The systems which are in current use are denoted by the double asterisk (**). There are 12 systems in use today, which leaves 41 feasible alternatives which might possibly be developed for future generation needs.

OUTLINE I

Alternatives for Electric Power Generation

I. PRIME MOVERS

A. MHD

1. Fossil Fuels
   - a. Gas
   - b. Oil
   - c. Coal
2. Nuclear Fuels
   - a. U_{235}
   - b. PU_{239}
   - c. U_{233}

B. Fluid Turbines

B.1 Vapor Turbines

1. Fossil Fuels
   - a. Gas**
   - b. Oil**
   - c. Coal**
2. Nuclear Fuels
   - a. U_{235}**
   - b. PU_{239}
   - c. U_{233}
3. Solar
   - a. Solar Insolation
   - b. Ocean Gradients
   - c. Biological - Plants
   - d. Biological - Organic Waste
4. Geothermal**

B.2 Liquid Turbines

1. Solar
   - a. Hydroelectric**
2. Tides
3. Ocean Currents
4. Pumped Hydro**

B.3 Wind Turbines

1. Solar
   - a. Wind
2. Compressed Air

B.4 Combustion Turbines

1. Fossil Fuels
   - a. Gas**

** Operational in 1975

b. Oil**

c. Coal

2. Biological

a. Plants

b. Organic Waste

3. $H_2 + O_2$

4. Nuclear Fuels

a. U_{233}

C. Diesel

1. Oil**

D. Combined Cycles

D.1 Combustion Turbine/Vapor Turbine

1. Fossil Fuels

a. Gas**

b. Oil**

c. Coal

2. Biological Fuels

a. Plants

b. Organic Waste

3. $H_2 + O_2$

4. Nuclear Fuels

a. U_{233}

5. Fossil/Nuclear

D.2 MHD/Vapor Turbine

1. Fossil Fuels

a. Gas

b. Oil

c. Coal

2. Nuclear Fuels

a. U_{235}

b. PU_{239}

c. U_{233}

II. DIRECT THERMAL

A. Thermoelectric

1. Any Heat Source

B. Thermionic

1. Any High Temperature Heat Source

III. DIRECT CHEMICAL

A. Batteries

1. Electricity

** Operational in 1975

B. Fuel Cells

1. Fossil Fuels

a. Gas

b. Oil

c. Coal

2. $H_2 + O_2$

IV. PHOTOVOLTAIC

1. Solar Insolation

At first glance it appears that we have many new alternatives to choose from as we continue our trend toward the electric economy. But the two main questions are;

(a) Which new alternatives will be developed successfully?

(b) When will they become commercially available to our society?

Before we address these two questions it might be well to enumerate the criteria for selection of a new energy source or a new type of power generation. It should be recognized that the reason we are generating electricity today the way we are is because the present methods have proven to be the most reliable and most economical. This suggests that new methods and new energy sources should be selected on the basis of offering an improvement over the way we are doing the job today. So I think one can ask these questions concerning any of the alternatives not now in use as aid in assessment of the method.

(a) Is it economical?

(b) Does it make available a new energy resource? (or reduce our dependence on oil or gas?)

(c) Is it more efficient?

(d) Does it have less environmental impact?

(e) Is it reliable?

(f) Will it provide an attractive business opportunity so that sufficient capital will be available for development?

Negative answers to one or more of the above questions for any considered alternative would be cause for further question on the advisability of adopting that alternative. In this view it is possible to again review the list of alternatives and energy sources and eliminate many of them from further consideration on the basis of the above criteria.

TYPES OF GENERATION

The problem to be solved is which of the types of generation displayed in Figure 2 could become commercial and when? The definition of commercial is a type of generation which will be successful in competition with other types for either base load power production or as low duty cycle peaking capacity.

Prime Movers

Fluid Turbines

The vapor turbine, liquid turbine and the combustion turbine represent the current choices utilized for power generation. These are mature machines which should continue to improve in performance as normal product development and evolution continues. These machines will continue their dominance of power generation through the turn of the century.

The wind turbine is currently receiving increased interest, and ERDA has a development program underway to examine the design and cost parameters of wind powered generators. There may be an

application for relatively small (100 - 500 KW) units as fuel-displacers on existing utility grids. Preliminary study results indicate that windmills costing approximately $800/KW (1975) could be profitable on oil-burning utility grids, based on displacing the high cost fuel oil when the wind velocity is adequate. Cost effective design is the key to the future of this alternative.

Diesel machines are mature and reliable. However, they have severe cost limitations because it is impractical to design large central station size units, and thus they do not have the benefits of economy-of-scale that might make them attractive. Hence their future applications will be for remote generation or auxiliary "black-start" power sources.

MHD, when considered as a simple cycle by itself does promise poorer efficiencies than those of conventional Rankine cycles, even with the high inlet temperatures, because of the exceptionally high exit temperatures. Thus MHD is generally considered in a combined cycle form with a steam bottoming plant. For purposes of this discussion, the term MHD means a combined cycle plant.

The potential impact of MHD on our future power generation requirements is a function of its promised higher efficiency of conversion which could reduce our demands for prime energy.

Many significant technical and engineering problems need to be solved before fossil-fired MHD will be a practical and reliable power generation machine. Major problems include high temperature (2500°C) combustion and ionization, high temperature air preheaters or heat exchangers, recovery methods for reclaiming ionization seed, development of long life MHD ducts, development of a durable electrode material, corrosion prevention and development of methods to control or reduce the high NO_x levels.

Fortunately the higher electrical conductivity of combustion products from coal, compared to oil or gas, makes MHD more promising as a coal fired plant. But base load MHD plants fired by coal are far from successful operation today, and there is a probability that attainable engineering solutions will not be economically acceptable.

Preliminary laboratory work has been done in utilizing nuclear energy with liquid metal to develop a two component liquid metal - gas MHD combined cycle plants. However this development program is still in its infancy and a through identification of the technical developments required has not been accomplished.

The primary attraction of the MHD combined cycle plant is its promise of higher conversion efficiencies (55%) and lower capital cost. These advantages remain to be demonstrated. However these same advantages are promised by the development of the high temperature (1400°C) combustion turbine combined cycle plant. As a result development funds for the MHD concept, to date, have been sparse and progress has been slow. Federal funding is now increasing and more progress can be anticipated.

In view of the major problems yet to be solved MHD will not become a competitive power generation plant before the 1990's.

Photovoltaics

Photovoltaics encompasses the direct conversion of the electromagnetic energy in light waves to an electrical potential which can supply electrical energy to a connected load. This is one of the many candidates for conversion of solar energy into electrical energy.

To date, two major problems have not been solved. The capital cost of the power plant is at least two orders of magnitude over conventional plants, and the efficiency of conversion is extremely low (2-15%).

While continued improvements in performance will undoubtedly take place, it is not likely that this system will become competitive prior to the turn of the century.

Direct Thermal Conversion

Thermoelectric power generation, which is capable of utilizing relatively small temperature differences to generate an electromotive force, has severe economic and material problems. Major efforts on thermoelectric material development for electric power generation aboard spacecraft have been a part of our space program.

Sufficient development has been done to determine that a major breakthrough in thermoelectric material efficiency is required in order for the concept to be practical. Present performance would give approximately 10% efficiency at 600°C delta T. This drawback coupled with high cost, poor reliability and no economy-of-scale benefits disqualify the concept from further consideration.

Thermionic conversion of heat to electricity depends upon the emission of electrons at very high metal temperatures, which are collected on another cooler metal surface adjacent to the emitting surface. This concept has been proposed as a topping unit for a conventional steam plant which would increase the plant overall efficiency 5 to 10%. Currently nuclear thermionic research is funded at a very low level. Due to the severe thermal conditions required with resultant materials and structural design problems, this concept has not presented an attractive development opportunity, and is excluded from further consideration.

Direct Chemical Conversion

Batteries produce electric power from a chemical reaction between electrodes and an electrolyte. Hence they are storage devices rather than prime energy converters. At present batteries are used for emergency power supply for controls, communications and auxiliary power in power generating plants.

A new application, that of load center generation, is being considered. The high cost and scarcity of rights-of-way for in-city transmission lines are becoming major deterrents to meeting growing electrical demands in inner cities. By installing batteries at high load density substations, and charging and discharging through AC-DC-AC conversion, peak power demands can be satisfied without additional transmission. This concept also has the beneficial effect of increasing the load factors and utilization of existing transmission and generation facilities.

Lead-acid batteries are technically suitable but high in cost. New battery concepts now under development may be more attractive. Competitive installations or battery generation for peaking and load leveling can be expected prior to 1985.

Fuel cells also generate electricity from a chemical reaction. The total power generating system consists of three sections - fuel reforming, electro-chemical energy conversion and power conditioning.

The electro-chemical energy converter operates on hydrogen rich fuel which does not occur in nature. Hence it is necessary, by means of a fuel reformer, to process fossil fuels, generally natural gas or oil, into the H_2 rich fuel. Since the electro-chemical conversion produces direct current, an inverter is required to produce alternating current for the power grid.

Fuel cell technology has advanced rapidly in the past two decades (it was invented by Sir William Grove in 1839) due to development for space application. But serious problems remain to be solved before it will become competitive with conventional base load plants. Overall system efficiency is approximately 30%-35%, life of the platinum catalyst in the electrodes is short by electric utility standards, and unit cost is high compared to conventional systems.

Since the fuel cell is essentially a non-polluting power generation system, it is environmentally compatible for inner-city sites. A proposed concept is to locate sub-station size (12-25MW) units in high density areas for supplemental load generation. This concept gives electric utilities two additional methods, i.e., underground gas or oil pipelines, over and above the conventional underground transmission lines to supply energy into high density inner city load centers. Currently, test installations of the sub-station size units are under evaluation.

Another alternative available with the fuel cell is to use it as part of a storage system. H_2 could be made at the load center site by electrolysis of water using off peak power from the base generation. This H_2 (and O_2) is stored and available, by use in the fuel

cell, to meet peak load demands at the inner city load center. This concept would be an alternative to the battery load center generation described above.

The concept of load center generation will prove successful in the late 1980's. The use of fuel cells for bulk power generation will probably not occur before the turn of the century because of cost and efficiency problems.

SUMMARY – TYPES OF GENERATION

Figure 2 displayed the types of generation that are technically feasible. Figure 4 shows the types that will be in use prior to 1985 and the additional types that are expected to be in use during the last 15 years of this century.

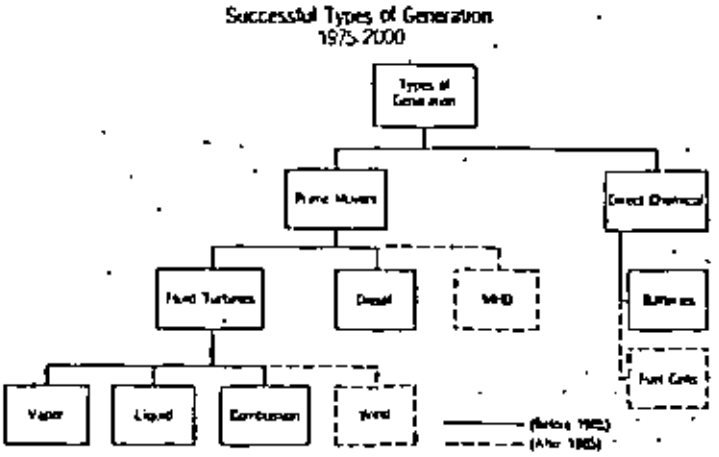


Fig. 4

ENERGY SOURCES

The same criteria used to evaluate generation types can be utilized to assess the future of the many energy sources available to us. Again the purpose of the analysis is to determine which energy sources will be competitive during the balance of this century.

Depletable Resources

The three fossil fuels and U_{235} are the four depletable resources currently utilized to produce electric power.

Natural gas. The use of natural gas for power generation started to decline in 1972 and it is expected that this decline will continue as society recognizes that natural gas is a premium source of energy which should not be utilized under boilers for power generation or heating.

Oil. Eventually oil will follow the path of natural gas and its use as a boiler fuel will start to decline as soon as replacement energy sources can be developed. However since replacement sources are not readily available the demand for oil for power generation will continue to grow for at least the next ten years.

Coal is considered a major source of replacement energy for both oil and gas in power generation. The recent trend (since 1965) in the share of generation by coal has been declining, because of cost, environmental impacts and equipment complexity. Significant efforts and funds will be required to improve these problem areas before coal will once again regain its former share of power generation. The declining trend can be reversed by the end of the 1970's if appropriate commitments are made by the Congress, the Federal Government, the private industrial sector and the electric utilities. At the present time (April 1976) such commitments have not been made.

The major technical development required in the use of coal is to capture the energy of coal without producing uncontrolled or unacceptable pollutants in the form of ash, sulfur compounds, NO_x and particulates. The three basic concepts receiving attention are: (1) convert coal to a clean burning fuel (liquid, solid or gas) prior to combustion; (2) remove the pollutants during combustion, (e.g., fluid bed boilers, etc.); (3) clean up the pollutants after combustion. Development work has not progressed to the point where the best concept is obvious.

Regardless of the problem areas, coal will be a major source of energy for power generation at least to the end of the century.

U_{235}. Uranium represents one of the alternative energy resources which can be utilized in power generation. More than one technology is involved in producing the energy in uranium. Our first approach is to utilize the natural U_{235} found in U_3O_8 in a fissioning reactor. Present day light water reactors (LWR) utilize this fuel, but extract only a very small part of the total potential energy in the uranium ore.

PU_{239}. Plutonium is a man-made isotope of uranium and is formed when U_{238} captures a neutron during the fissioning process in LWR's. PU_{239} is fissionable and is usually considered an excellent fuel for breeder reactors. However it should be recognized that some of PU_{239} formed in the core of an LWR will fission and produce power while still in residence. It is also possible to reclaim and recycle the PU_{239} in an LWR and several utilities plan to do this until the breeder becomes commercial. Better utilization and efficiency is obtained by fissioning the PU_{239} in a breeder reactor. For purposes of this analysis, we will treat PU_{239} as a breeder fuel only.

U_{233}. Thorium. TH_{232} is as abundant as U_{238}. By subjecting TH_{232} to neutron bombardment, as in a fissioning reactor core, the TH_{232} can pick up one neutron and be transformed eventually into U_{233}, a fissionable material. The thorium fuel cycle can be utilized in gas cooled reactors, but one major deterrent is the extensive capital investment required for fuel fabrication and reprocessing facilities. It really amounts to a duplication of investment in fuel cycle facilities since the LWR facilities are not adaptable to the thorium cycle. U_{233} will undoubtedly make a contribution to our electric power supply before the turn of the century, but its growth will be severely hampered by the additional investments required.

Unfortunately, nuclear power has acquired some very dedicated opponents who are concerned about the safety and potential radiation hazards of nuclear plants. The results of their campaigns against nuclear power have caused plant delays, increased cost and an added unkown to the growth rate of power generation. If society, by means of referendums and elected representatives, decides to forego the use of fissioning reactors (both light water and breeders), then the shortfall in meeting our energy demands will indeed be serious.

Today light water reactors are competitive plants for power generation, and the breeder reactors should become competitive in the latter part of the 1980's.

SUMMARY – DEPLETABLE RESOURCES

The depletable resources, which currently supply 84% of the prime energy for power generation, will continue to be the major source of energy for the balance of this century. However the individual contributions will shift, with natural gas declining, followed by a decline in oil use after 1985. Counter to this will be increasing contribution by nuclear, first, by light water "burners" followed by breeders after 1985. Coal should also reverse its declining trend and contribute an ever larger share for the balance of the century.

RENEWABLE RESOURCES

Renewable resources should be quantified on a different basis than depletable resources in that the resource base is time oriented rather than a total finite quantity. The usual method used to evaluate a renewable resource is to identify the quantity available on an annual basis, since a complete energy cycle of winds, tides, solar, hydroelectric, etc., is completed on an annual basis.

Hydroelectric power was the first major source for power generation, and has been rapidly developed in the U.S. to the point where very few high capacity factor sites remain to be developed. Hydro output will continue to grow slowly for the next two decades

but its share of total power generation will continue to decline since its growth rate cannot be maintained at the expected growth rate for electric demand.

Solar insolation, the direct rays of sun, is one of the most frustrating energy resources. Many schemes and concepts have been hopefully advanced to use the heat energy of solar insolation to power a heat engine to produce electric power. At the same time other schemes and concepts have been advanced to use the sun's heat energy to provide heat, and even cooling, for residential and commercial buildings. Utilizing solar energy for electric power generation and using it for thermal heat in buildings are two very different technologies.

Very promising progress is being made in the adaptation of solar collectors to housing architecture, which results in solar heat supplying a major portion of the required heating energy. In a sense, this would supplement and reduce the electrical energy demand for heating and could be considered "de facto" power generation.

The progress in adapting solar collectors to electric power generation has not, unfortunately, demonstrated the same promising progress. The technical feasibility of flat plate collectors, concentrating collectors, reflecting heliostats, etc., has been proved by countless models. But three very basic problems have not yet yielded to development efforts. (1) capital cost of plant (approximately an order of magnitude higher than conventional) (2) the diffuse nature of solar energy dictates the use of large land areas for collectors. Unfortunately large areas of unused land are the antitheses of high density load centers. The land-use equation handicaps solar energy for electric power generation. (3) the variable and unreliable nature of solar insolation, e.g., the difference in intensity between summer and winter, between noon and 4 PM, clear and cloudy days, etc., makes a generating system, without some kind of storage, of very little value as a firm source of power. But the addition of storage increases the cost to where it is even more non-competitive.

Of the three problem areas mentioned above, the most serious one, and the one which won't yield to technology, is the land use problem. As populations continue to grow, the pressures on land for residential use and food supply will take precedence over power generation or industrial use. Since electric power demand is expected to increase at a rate greater than the population increase, it is not very logical to propose that the increased power demands should be met by a generating system which requires more land per KW than any other system.

Perhaps our present effort on solar energy development needs rethinking. We are currently trying to develop better and cheaper collectors, heat transport systems, storage systems, heliostats, dual purpose turbines etc., all in the hope that the cost will be more attractive. And land use has not been recognized by the researchers as a serious deterrent.

Consider the world as a whole. Over 70% of the surface is covered by the oceans. Wouldn't it make sense to use this area to capture the insolation rather than the scarce and precious land area. The second step would be to capture the energy biologically rather than thermally. Instead of floating solar collectors, could a strain of seaweed or other marine plant life capture the energy for us? Even the diffuse energy on cloudy days? This could then be harvested and digested into gas for transporting to the load centers. Wouldn't it make sense to carry out our solar energy research in the Marine Biology Department of the Universities rather than the Chemical and Civil Engineering Departments?

Most studies of the long range future of energy resources conclude that our society must eventually find an economically feasible method of electric power generation from solar energy. The time scale of developing a competitive solar energy plant appears to be comparable to fusion power - i.e., after the turn of the century.

Biological fuel encompasses all forms of organic matter from waste products to specially grown fuel such as water hyacinths or evergreens. Methods to utilize municipal trash as a supplementary fuel in pulverized coal fired steam boilers are currently being developed and the concept is promising. An alternative to firing municipal waste in a pulverized coal boiler is the use of the trash as the prime fuel (other supplemented with fuel oil) in a traveling grate boiler. Steam from these boilers can be used for power generation as well as municipal heating or process heat. Several successful installations are operating in the U.S. and Europe but the number of new installations has been disappointing.

The use of trash as a supplemental fuel in a large pulverized coal boiler has the advantage of keeping the KWH output independent of trash collection and the plant output can be more reliable since the prime fuel supply (coal) can be stockpiled by conventional means. It is estimated that 5 to 10% of our current electrical demand could be satisfied by burning municipal trash. Concepts to pasify sewage sludge and feed lot wastes are under study. The recycling of organic wastes into a useful output will have increasing ment in the future, for two reasons: it is a new energy source and second, it solves the growing waste disposal problem.

The proposal to grow biological fuel such as pine trees, on "energy farms" to produce a useable fuel encounters the land use problem discussed above. The output of our present forested land is totally committed to our wood products and paper industries. Significant areas of additional, unused forest land are just not available.

Another concept is the production of methanol from cereal grains such as wheat. The methanol would fuel combustion turbines or steam boilers. Considering the growing world concern with food supply, it is not very practical to assume that our society would condone the use of food for electric power generation when multitudes are close to starvation.

The recycling of waste products into fuel for power generation is promising and will be competitive before the end of this decade. The other forms of biological fuel will not be socially acceptable because of the land use problem.

Tidal power has intrigued mankind for centuries. In fact early New England settlers harnessed tidal inlets to operate mills. But there are three major drawbacks to the use of tidal power for electric power generation. (1) Capital cost of plants is high by a factor of at least two, (2) Energy supply varies from hour to hour, (3) Major harbors and bays would need to be blocked in order to get sufficient power to be significant. There does not seem to be a practical solution to any of these problems.

Ocean currents, such as the Gulf Stream, have also been proposed as a source of energy. The problems associated with dams or anchored fluid turbines, costs, and environmental impacts have not been investigated adequately, but appear to be very challenging. This concept is not expected to be a competitive energy source.

Ocean gradients are the temperature differentials that exist between deep strata and the sun warmed surface waters. This is a concept that utilizes solar energy without utilizing land. Most proposals envision the application of a vapor turbine with appropriate heat exchangers. The major problems are three. (1) Capital cost of the plant. Since the inlet temperature is relatively low (30°C) and the delta T is low (25°C), the plant efficiency is extremely low. This means large heat exchangers and turbines per unit of output and hence a high capital cost per unit of output. (2) Generally these plants would be located in ocean currents which have a velocity of 3 to 4 knots. The problems associated with anchoring this large structure, including a 700 meter long cold water intake pipe, in such a current exceed the present knowledge of anchored marine structures. (3) And finally, the transmission of the electrical energy after it has been generated on the floating plants, which would be several miles offshore, presents a most difficult problem. Consideration of these problems areas leads one to the conclusion that they will not be solved economically and this form of generation will not be competitive.

Wind power has been proposed as an energy source suitable for generation of electric power. Of course this is not a new method since 50 years ago wind power generators were used by ranchers on great plains to charge batteries for radios and lighting. Wind power has some of the same characteristics as solar insolation; i.e., the energy is variable and unpredictable, and requires extensive land use for any significant power production.

On the other hand, medium sized (100-1000 KW) generators may be economically applied as "fuel-displacement" generators. In geographic areas with high incremental fuel costs and relatively high wind energy densities, such as the eastern and western sea coasts, a wind powered generator operating as a KWH supplier to an electric utility grid could be economic on the basis that each KWH generated would reduce the oil burn by the utility. The wind generator would not be considered as firm capacity, only as a supplemental energy source.

Geothermal energy has been demonstrated to be practical and competitive, at least at the Geysers field in California. It should be recognized that geothermal energy is available in three forms: (1) steam or vapor, (2) hot brine, (3) hot rock. Geothermal superheated steam, such as the Geysers, can be utilized in vapor turbines with minimum technical problems. Very few of these fields have been located to date. The hot brine fields are much more plentiful, but the material and equipment problems to utilize this energy have not yet been solved. In addition severe environmental problems remain to be solved. However, competitive producing plants may be in operation after 1985. The hot rock fields are the most plentiful and the most difficult to utilize. They will probably not be developed to any extent because of high cost.

Figure 3 displayed all of the energy source alternatives, and Figure 5 identifies the probable energy resources which will be utilized for power generation for the balance of this century. No attempt has been made to quantify the individual contributions at any given period of time. However it is known that gas and oil will be negligible in the 1990's and that hydro, geothermal and biological all are very limited compared to the expected demand for energy. Thus we must look to the depletable resources for the major inputs.

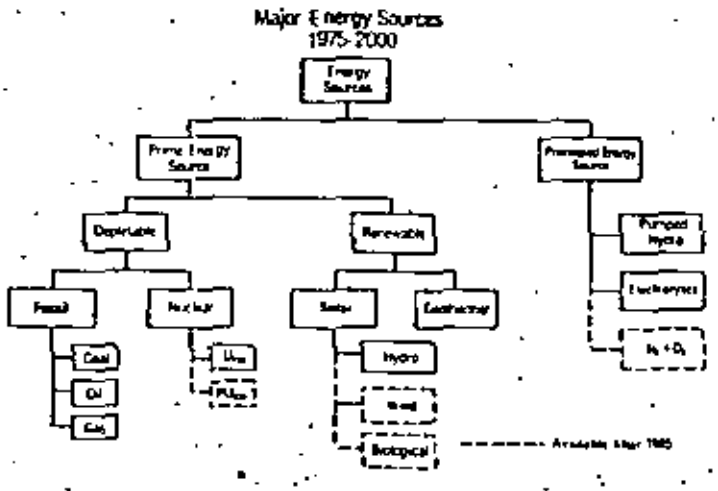


Fig. 5

CONCLUSIONS

Figures 4 and 5 display the more practical energy sources and types of generation that are available to us. A review shows that we have 12 new energy systems which show potential for successful economic feasibility as a reward for intensive development. They can be categorized as follows:

A. New combinations of existing energy sources and existing types of generation.

1. Combustion turbines with a coal derived fuel
2. Combined cycles (combustion/steam turbines) with a coal derived fuel

B. Existing types of generation with new energy sources

1. Steam Turbines with PU_{239} (Breeder Reactor)
2. Steam Turbines with biological fuel (municipal trash)
3. Combustion Turbines with biological fuel (gasified municipal trash)
4. Combined cycles with biological fuel (gasified municipal trash)
5. Combustion Turbines with $H_2 + O_2$ (synthetic fuels)

C. New types of generation with existing energy sources

1. MHD with coal
2. Fuel cells with oil

D. New types of generation with new energy sources

1. Fuel cells with $H_2 + O_2$ (synthetic fuels)
2. Batteries with electrolytes
3. Wind turbines with wind

At the beginning of the paper, 53 energy system alternatives were defined, of which 12 were in current use. (See Outline I) Thus there were 41 potential alternatives that could be developed. By preliminary analysis and recognition of the magnitude of developmental problems which many of the alternatives have, it was possible to reduce the 41 alternatives to the more manageable number of 12 listed above.

But even this number is not necessarily manageable from the viewpoint of the number of major development programs that are represented. Consider the alternative of the coal fired combined cycle. How is the coal to be processed? By gasification? liquefaction? solvent refining? etc.? Which gasification process? fixed bed? entrained? fluidized? pressurized? oxygen blown? etc.? The author has made no attempt to quantify the developments that could be encompassed by the 12 alternatives, but it is realistic to assume that at least 75 major development programs could be required to concurrently pursue these 12 alternatives.

The realization that the development task for these 12 alternatives could become enormous leads one to the conclusion that selections will be made among the alternatives for higher priority development efforts. Thus we are still faced with the question of which alternatives have the best chance of rapid and successful development.

The author has purposely refrained from entering into the "numbers" game in this analysis. Projected costs, efficiencies, reliabilities, net pollutant emissions, etc. are necessarily subject to wide discrepancies when a given process or system has not been developed, built and operated. Witness the large variations in estimated costs for shale oil, solar thermal plants, the breeder, etc. that exist in the literature today. The author believes that sound and logical forecasts can be substantiated on expected benefits that can accrue to society with the successful development of a given alternative. With this in mind, the author has selected 5 alternatives which would most benefit our society for the next 25 years.

I. The Breeder Reactor with Steam Turbines.

Successful development would make available the largest single energy resource we have and would supply all of our energy requirements for the next century. The rewards are so great that we must make every effort to develop a safe, economical and environmentally compatible PU_{239} energy system.

II. Combined Cycle with a Coal Derived Fuel.

This alternative promises much higher efficiencies, lower costs and less environmental impacts.

III. Steam Turbine Fired by Municipal Wastes.

This alternative solves two problems at the same time. Solves the garbage disposal problems which are becoming more acute with each passing day. And it supplies a new energy resource which could produce about 5% of our total electrical output.

IV. Wind Turbine Generators.

Conservation of oil is an absolute necessity during the next 25 years. Wind generators, operating as fuel displacement machines, could make a significant reduction in electric utility oil burn in certain favorable geographic areas of the country, if the economics prove to be favorable. This is one way to conserve oil without reducing the power input to society.

V. Batteries.

The problems associated with building new generation plants or transmission lines in areas with high population and load densities are becoming almost insurmountable. This alternative of load center battery installation promises lower costs, less environmental impact and increased load factors on existing equipment.

SUMMARY

The following table charts the course of this analysis from a total of 53 alternative energy systems available to the conclusion of 5 energy systems which are the most promising from the viewpoint of successful development and the most benefit to our society.

ALTERNATIVES FOR POWER GENERATION

Type	Number of Alternatives	Now In Use	Good Potential	Most Promising
MHD	6	0	1	0
Turbines	24	9	5	3
Diesel	1	1	0	0
Combined Cycles	14	2	2	1
Direct Thermal	2	0	0	0
Direct Chemical	5	0	3	1
Photovoltaic	1	0	0	0
Totals	53	12	12	5

Fig. 6

BIBLIOGRAPHY

The following references are representative of the background literature utilized in this analysis.

1. Charles A. Bere, "A Technical Basis for Energy Conservation" MECHANICAL ENGINEERING (May 1974).
2. "Project Independence Blueprint: Final Task Force Report" U.S. Federal Energy Administration (Nov. 1974).
3. "Energy Alternatives—A Comparative Analysis" The Science and Public Policy Program, University of Oklahoma (May 1975). Superintendent of Documents USGPO #PREX 14.2:EN2.
4. Proceedings of the Tenth Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, University of Delaware, Newark, Delaware (Aug. 1975). IEEE catalogue #75CH0983-7TAB.
5. "Energy Development II" IEEE Power Engineering Society Papers #76CH1102-3-PWR (Jan. 1976).
6. Proceedings of the Second Workshop on Wind Energy Conversion Systems. Sponsored by Energy Research and Development Administration and the National Science Foundation. Frank R. Eldridge, Editor, The Mitre Corp., McLean, Virginia (June 1975).
7. H. S. Kirschbaum et. al. "An Evaluation of an Offshore Site for Wind Energy Generation" American Power Conference, Chicago, Illinois (Apr. 1976).
8. L. G. Hauser "Energy Sources for Electric Utilities—an Overview" ELECTRIC LIGHT AND POWER (Nov. 1974).
9. "National Energy Outlook" Federal Energy Administration (Feb. 1976). Superintendent of Documents U.S.G.P.O. #041-018-00097-6.

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

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA

METODOLOGIA DE LA CIENCIA E INGENIERIA DE SISTEMAS

ENFOQUE SISTEMICO

Dr. Ovsei Gelman

8 OCTUBRE, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

METODOLOGIA DE LA CIENCIA E INGENIERIA DE SISTEMAS: ALGUNOS PROBLEMAS, RESULTADOS Y PERSPECTIVAS

Dr. O. Gelman.
Instituto de Ingeniería, Investigador

Centro de Investigación Prospectiva, Fundación, Javier Barros Sierra, Asesor Facultad de Administración de Empresas, Universidad de Tel Aviv, Profesor Asociado (en licencia).

Abstract

The place of Methodology in the development of Science and Engineering is studied and presented together with a supporting analysis of different variants of General Systems Theories, considered as answers to a claim, for a new Methodology, the persistense of the claim, due to a proved insufficiency of the interdisciplinary responses, is shown.

A study of the construct "System" and the "General System" definition, constituting the basis of the Systems Approach, is made as a contribution to the new Methodology . In the framework of this approach an analysis of "Scientific Theory" as afuctional structure is developed. The results obtained allow for a presentation of an effective logical format to planning Systems Engineering Projects.

Resumen

Se presenta un estudio del papel de la metodología en el desarrollo de la ciencia y de la ingeniería, apoyado con un análisis de los orígenes de las variantes de teorías generales de sistemas como respuestas a la demanda por una nueva metodología. Se muestra la persistencia del clamor debido a la insuficiencia manifiesta de las respuestas de tipo interdisciplinario.

Se contribuye a la nueva metodología con el estudio de "Sistema", como forma epistemológica, y con la definición de "sistema general", bases del enfoque sistémico; usando éste, se desarrolla un análisis de "teoría científica" como una estructura funcional. Los resultados obtenidos permiten presentar un formato lógico eficaz para planificar proyectos en ingeniería de sistemas.

INTRODUCCION: Metodología y Ciencia de Sistemas

El papel de la metodología en la ciencia y la ingeniería.

La poca popularidad de la metodología como resultado de:

- la especificidad de las actividades científicas de los especialistas, usando el método de prueba y error, combinación, transformación o traslación de los métodos conocidos, etc.

- la consideración de la metodoloffa como una actividad menor y subordinada de la misma naturaleza de las investigaciones específicas.

- carencia de reportes sobre actividades metodológicas.

Un cierto retraso en el desarrollo de la metodología como resultado de:

- una diversidad de metodologías de ciencias especiales: metódicas.

- antecedentes filosóficos pobres, ingenuos y arcaicos de los especialistas.

Del enfoque "naturo-filosófico" al "teórico-cognoscitivo":

- el paradigma de la actividad humana y diferentes papeles del metodizados y el metódologo en ella (fig. 1, 2, 3).

Renovado interés en la metodología. Clamor del periodo Post-Industrial:

- Bunge: es necesario un "Credo" en los cruceros y callejones sin salida.

- Bohr: llamado por una teoría "loca" como resultado de un cambio en el estilo de pensamiento.

- Winer y Rosenblueth; búsqueda de nuevos conceptos.

- Ackoff: demanda por la Sistemología como la base natural de fusión de ingeniería industrial, administración e investigación de operaciones.

- Bertalanffy: llamado por la unificación de las ciencias y búsqueda de leyes isomórficas generales.

Variantes de la Teoría General de Sistemas como respuesta a la búsqueda por una nueva metodología.

Las raíces de la TGS

- un llamado para la unificación de la ciencia; la necesidad de un lenguaje general y de un marco conceptual unificado, surgidos de la creencia en la universalidad y generalidad del mundo y sus leyes.

- la aparición de nuevos y más complicados objetos de estudio (pasando de una simplicidad organizada, a través de una complejidad no organizada, a una complejidad organizada: sistemas de gran escala, hombre-máquina, social, etc).

- el desarrollo de proeblemas nuevos y complejos formando sistemas interconectados.

- nuevos métodos: computadoras y simulación, matematización de las ciencias, modelado.

La insuficiencia de las respuestas:

- la sibernética como un enfoque unificado para el estudio de los fenómenos de control y comunicación en animales y máquinas (nueva presentación de los objetos de estudio).

- investigación de operaciones en sus primeras etapas como un arte de construcción de modelos específicos para resolver problemas de optimación y toma de decisiones.

- la TGS de Bertalanffy: creencia en leyes isomórficas generales dependientes de la estructura y la organización de los sistemas e independientes de la sustancia del sistema (competencia, homeostasis, cinética generalizada con el modelo de sistema abierto, etc).

- la TGS como una metateoría de modelado: Klir.

- la TGS como una teoría matemática de sistema abstracto: Mesarovic

- la TGS como una teoría de modelos isomórficos: Rapoport.

- la ingeniería de sistemas para los problemas de diseño y proyección de los sistemas de gran escala (Chestnut, Hall), como medio de planificación y organización de las diferentes actividades, empezando con la definición y el planteamiento del problema, su solución, terminando con su implantación.

Dos conclusiones.

- el desarrollo de todas estas variantes de la TGS no ha disminuído, sino antes, enfatizado la necesidad de estudiar metodología en general y en particular, llevar a cabo estudios específicos sobre qué es un sistema.

- el paradigma sistémico como base de una nueva "revolución científica" (Kuhn) está detrás de todos estos desarrollos: foco de la ciencia y la tecnología contemporáneos.

Algunos resultados de estudios sobre "teoría científica" y definición de "sistema".

El interés creciente en el estudio de teorías científicas se debe:

- al lugar especial en la cognición de las teorías en general, y de las TGS en particular.

- el doble papel que juegan las teorías científicas como medio, y, al mismo tiempo, como sujeto de las investigaciones sistémicas.

La insuficiencia de conocimientos y especificaciones sobre qué clase de teoría es o debe de ser.

- no solo no existen respuestas claras a preguntas cardinales sobre la construcción de la TGS, las preguntas aún no han sido formuladas y estudiadas sobre sujetos como:

* la base y el sujeto de la TGS
* forma y contenido
* especificidades y distinciones de otras teorías no-sistémicas
* vínculos y relaciones con otras teorías
* métodos de confirmación y validación
* fuentes de generalidad y medios para evaluarla, etc.

Crítica de la difundida idea de teoría como un sistema como conjunto ordenado de proposiciones intercectadas (axiomas, hipótesis, postulados, leyes, etc), como resultado de:

- la tendencia dominante a reducir los problemas metodológicos al nivel y las posibilidades de estudios lógicos en general: los cuales han encontrado su expresión en el intento por representar una teoría en la forma de un cálculo lógico interpretado (primer orden).

- utilizar inconcientemente el paradigma específico que constituye la base del enfoque "mecanicista y elementarista", buscando deducir las propiedades del sistema estudiado solamente del estudio de proposiciones y sus relaciones locales.

El problema de la definición de "sistema" y la noción de "sistema general".

- crítica del "convencionalismo"

- la necesidad de una definición general, efectiva y sencilla.

- aspectos metodológicos y espistemológicos de la definición.

  * la distinción entre el "objeto" y el "sujeto" de estudio.
  * el papel de enfoque de investigación (paradigma) en la conformación del "sujeto de estudio", organización de la experiencia.
  * el constructo como el contenido de la definición del concepto.
  * diferencia entre el procedimiento para formar el constructo y el de su subsecuente sustitución por su definición.

- el "sistema general" como un constructo.

  * las fuentes epistemológica y psicológica de dos representaciones específicas del "sujeto de estudio" de la investigación; la integral y la componencial (figs. 4, 5 y 6).
  * el "sistema general" como un constructo formado por estas dos representaciones.

La teoría científica como una estructura funcional.

- la teoría bajo el enfoque integral: la idea de su descomposición funcional.

- el estudio de la estructura "externa" de la teoría como fuente de obtención de susobjetivos globales, considerando el papel y el lugar de la teoría dentro de un sistema más general del conocimiento científico; objetivos tales como el estudio y análisis de:

  * el comportamiento (funcionamiento) y propiedades del objeto

  * su estructura

  * el comportamiento y propiedades de sus elementos o componentes

  * cognición de los mecanismos y procesos responsables del comportamiento y de las propiedades del sistema en su totalidad.

  estos fines son alcanzados a través de determinados funcionamientos de la teoría como:

  * obtención y descripción de hechos.

  * organización de los hechos (selección, unificación, sistematización, organización, etc).

  * inferencia de principios y leyes empíricas.

  * explicación, predicción y control.

  * obtención de nuevo conocimiento

  * recomendación de esquemas efectivos para el cálculo y la solución de problemas

  * construcción de representaciones ontológicas de la realidad.

- el estudio de la estructura "interna" y en particular de una de sus posibles representaciones: la estructura funcional agregado hipotético de subsistemas interconcectados tal que su funcionamiento asegura completamente, el funcionamiento de la teoría en su totalidad como un determinado sistema conceptual. Alcanzado así este sistema ciertos fines de actividad cognoscitiva dentro de un sistema mayor de conocimiento científico (fig. 8).

* "el campo de estudio": la formulación del problema, su traducción, reducción a una forma estandar, su generalización o reducción, formulación de nuevos problemas, etc.

* "el campo objetivo" "sujeto": para extraer un fragmento definido del mundo objetivo (región objetiva), reconocimiento, selección y descripción, construcción del sujeto de la investigación empírica.

* "modelo": descripción por medio del análisis y la sistematización de hechos utilizando especialmente el objeto abstracto creado.

* "base de la teoría": suministro de las nociones básicas sobre el mundo objetivo: las formas gnoseológicas-paradigmas de Kuhn, organizadores de la experiencia de Bogdanov, los ideales del orden nautral de Toulmin, plantillas de Lefebvre.

  = la fuente de la estructura de modelado, una totalidad de nociones hipotéticas, etc.

  = creación y suministro de multitud de conceptos básicos e iniciales, con sus definiciones y algunos elementos y objetos prestados por otras teorías.

  = suministro de términos lógicos.

* "teoría per se": para predecir y aportar nuevo conocimiento, para explicar y controlar, para el estudio del modelo, hallazgo de leyes e interpretación de resultados a nivel empírico.

* "resultados": para almacenar y entregar resultados en forma específica: leyes y ecuaciones-nuevos constructos, nociones y principios recomendaciones prácticas, previsión científica, etc.

* "medios y métodos": para proveer a otros subsistemas métodos especiales, procedimientos, etc.

Nuevos resultados

Estudios desarrollados como base para:

- comparación de diferentes definiciones de sistema: su clasificación.

- clasificación de teorías científicas: el estudio de su generalización.

- perspectivas para la construcción da toería de sistema general (fig. 9).

Aplicación especial en la ingeniería de sistemas del marco desarrollado.

- ingeniería como una actividad especial para construir (diseño e implantación).

- especificidad de la ingeniería de sistemas: sistemas de gran escala (complejidad y globalidad).

  * organización y coordinación de las diferentes actividades: diseño del proyecto.

- estructura lógica del proyecto:

  * estudio de las dificultades: la problemática.

  * definición de los objetivos.

  * elaboración del paradigma.

  * conceptualización de los sistemas.

  * especificación de los sistemas (medición de parámetros, etc).

  * estudio de las posibles soluciones (diseño nuevos sistemas, rediseño, optimación).

  * estudio de las alternativas de los estados deseados: planificación estratégica.

  * estudio de los posibles senderos para pasar del estado actual al estado deseado.

  * diseño de las acciones concretas necesarias; planificación táctica.

  * implantación del proyecto con su consecuente adaptación.

Planes para el futuro

Diseño de proyectos

- estudios sobre la descomposición de los proyectos.
- formalización de ciertas etapas.
- clasificación de los proyectos.
- diseño de proyectos estándar

La construcción de la teoría de sistema general como un proyecto de ingeniería

- análisis de las variantes conocidas en la TGS: su tipología.
- los problemas de la unificación de las teorías
- diseño de teorías con especificaciones para ser hecho por computadora

Elaboración de medios lógico-metodológicos efectivos para la descripción, el modelado y el estudio de sistemas.

- estudio de los procedimientos para la formación de constructos, con énfasis específico en "sistema".
- análisis de la relación entre el constructo y el modelo como una diferencia entre las funciones de representación en el primero, y de substitución en el segundo.
- los problemas de la construcción de modelos con la utilización del álgebra moderna.

Estudios del sistema de actividad humana como base de la metodología moderna.

-estructura lógica del proyecto

+estudio de las dificultades: la problemática

+definición de los objetivos

+elaboración del paradigma

+conceptualización de los sistemas

+planteamiento de los problemas

+especificación de los sistemas (medición de parámetros, etc)

+estudio de las posibles soluciones (diseño nuevos sistemas, rediseño, optimación)

+estudio de las alternativas de los estados deseados: Planificacion estratégica

+estudio de los posible senderos para pasar del estado actual al estado deseado

+diseño de las acciones concretas necesarias; planificación táctica

+implantación del proyecto con su consecuente adaptación

Planes para el futuro

Diseño de proyectos

-estudios sobre la descomposición de los proyectos

- formalización de ciertas etapas

- clasificación de los proyectos
- diseño de proyectos estándar

La construcción de la teoría de sistema general como un proyecto de ingeniería

- análisis de las variantes conocidas de la TGS: su tipología
- los problemas de la unificación de las teorías
- diseño de teorías con especificaciones para ser hecho por computadora

Elaboración de medios lógico-metodológicos efectivos para la descripción, el modelado y el estdio de sistemas

- estudio de los procedimientos para la formación de construcios, con énfasis específico en "sistema"
- análisis de la relación entre el constructo y el modelo como una diferencia entre las funciones de representación en el primero y de substitución en el segundo
- los problemas de la construcción de modelos con la utilización del algebra moderna

Estudios del sistema de actividad humana como base de la metodología moderna

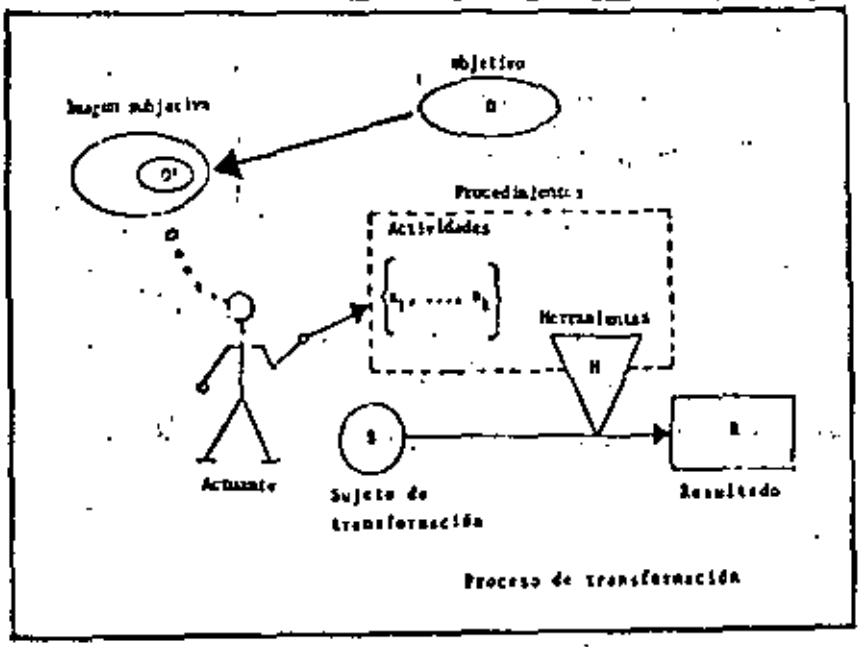


Fig 1 Paradigma de la actividad humana (primera aproximación)

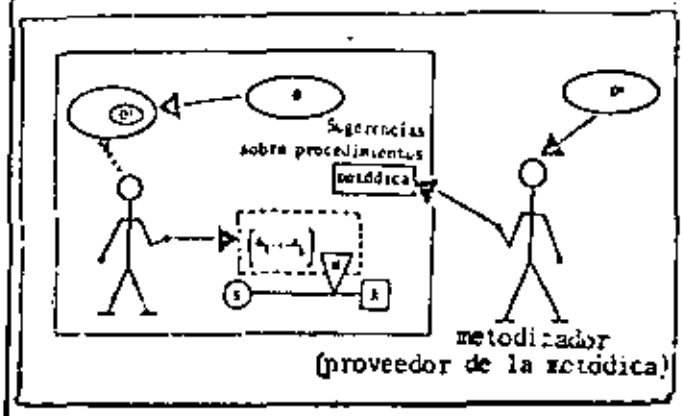


fig 2. Papel del metodizador en el paradigma de la actividad humana

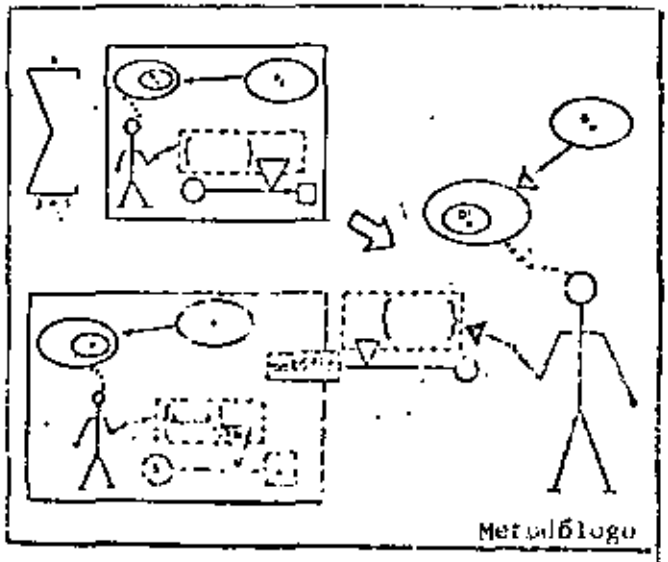


Fig 3. Papel del metodólogo en el paradigma de la actividad humana

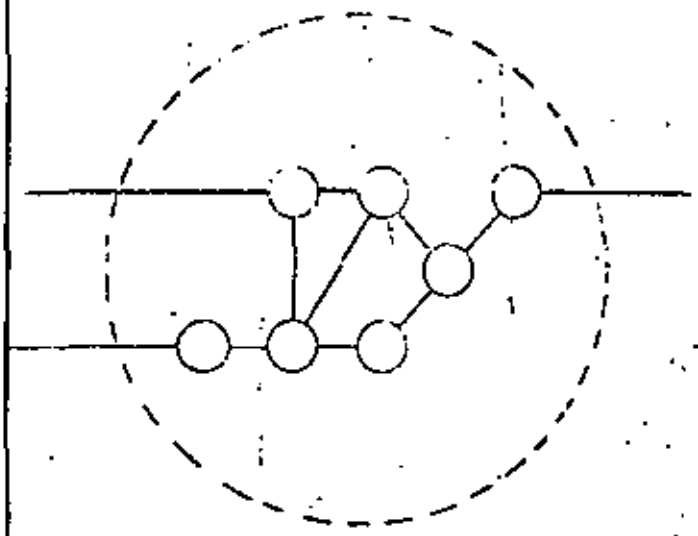


Fig 4 Representación "C" del sistema

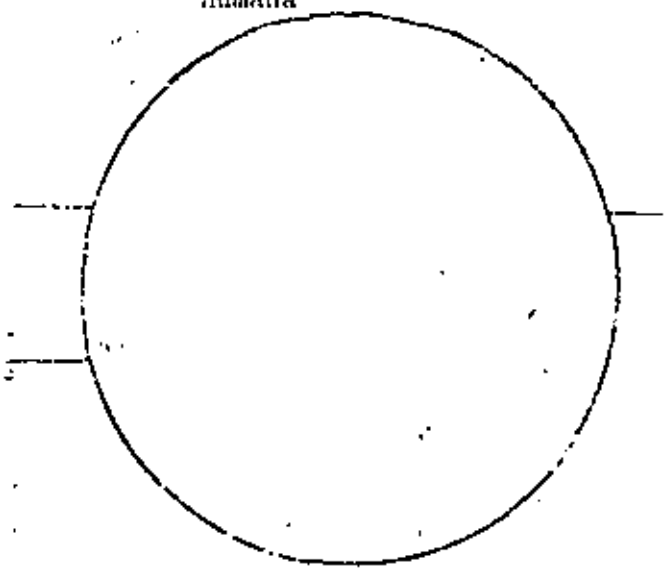


Fig 5 Representación "W" del sistema

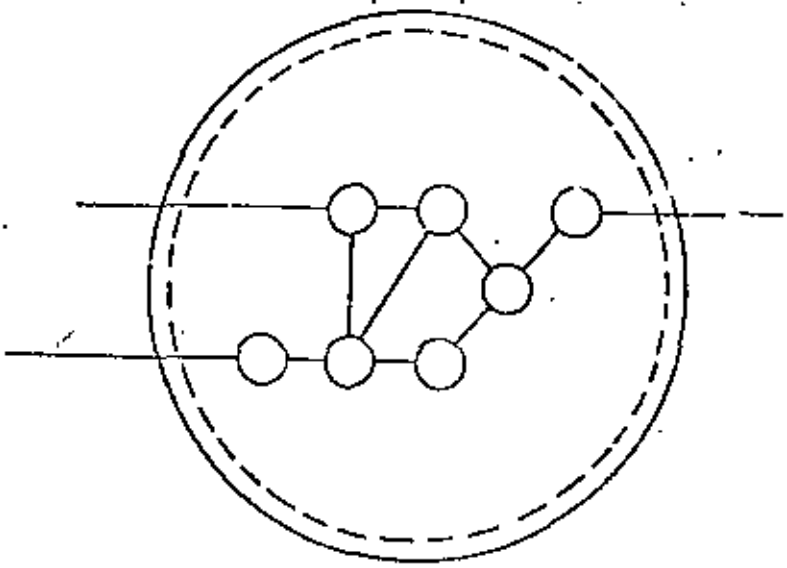


Fig 6 Configuración de las representaciones complementarias del sistema

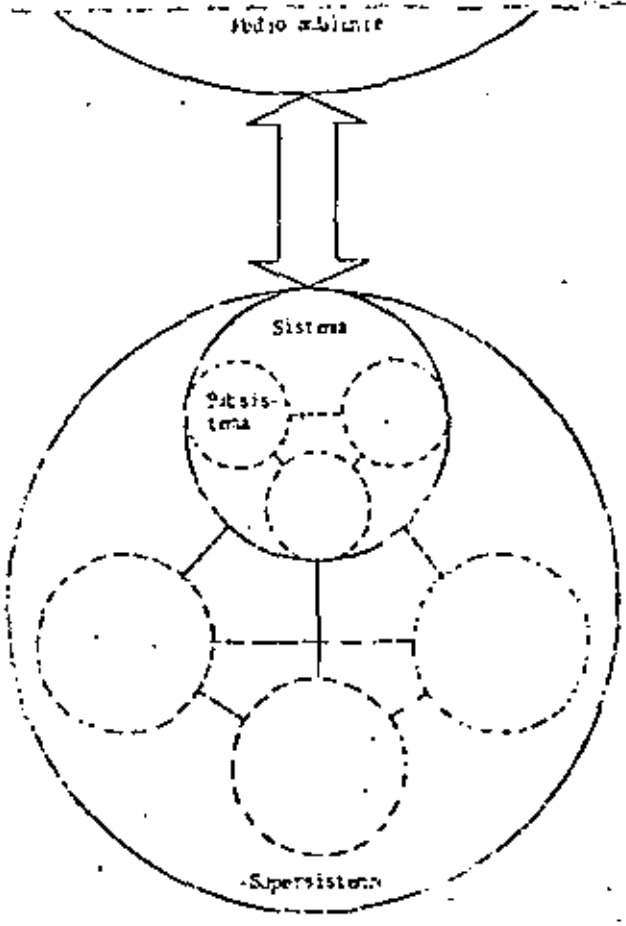


Fig 7 Paradigma de las relaciones entre subsistemas, sistemas, supersistema y medio ambiente

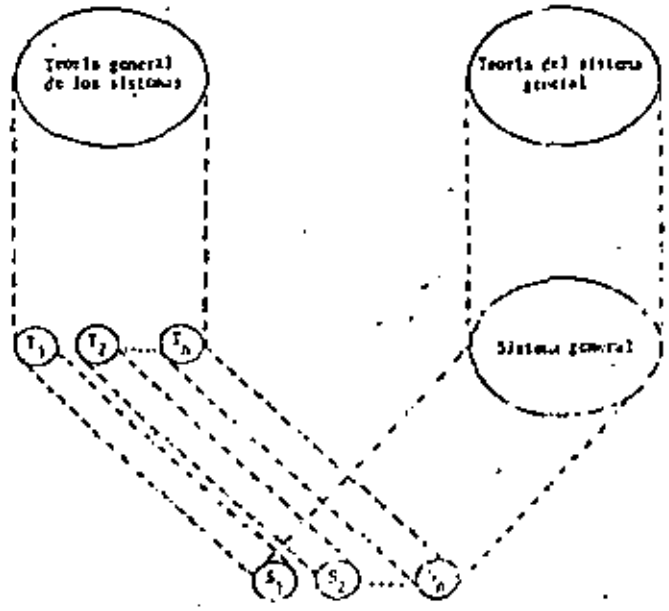


Fig 9 Paradigma para la construcción de dos diferentes conceptos: teoría general de los sistemas y teoría del sistema general

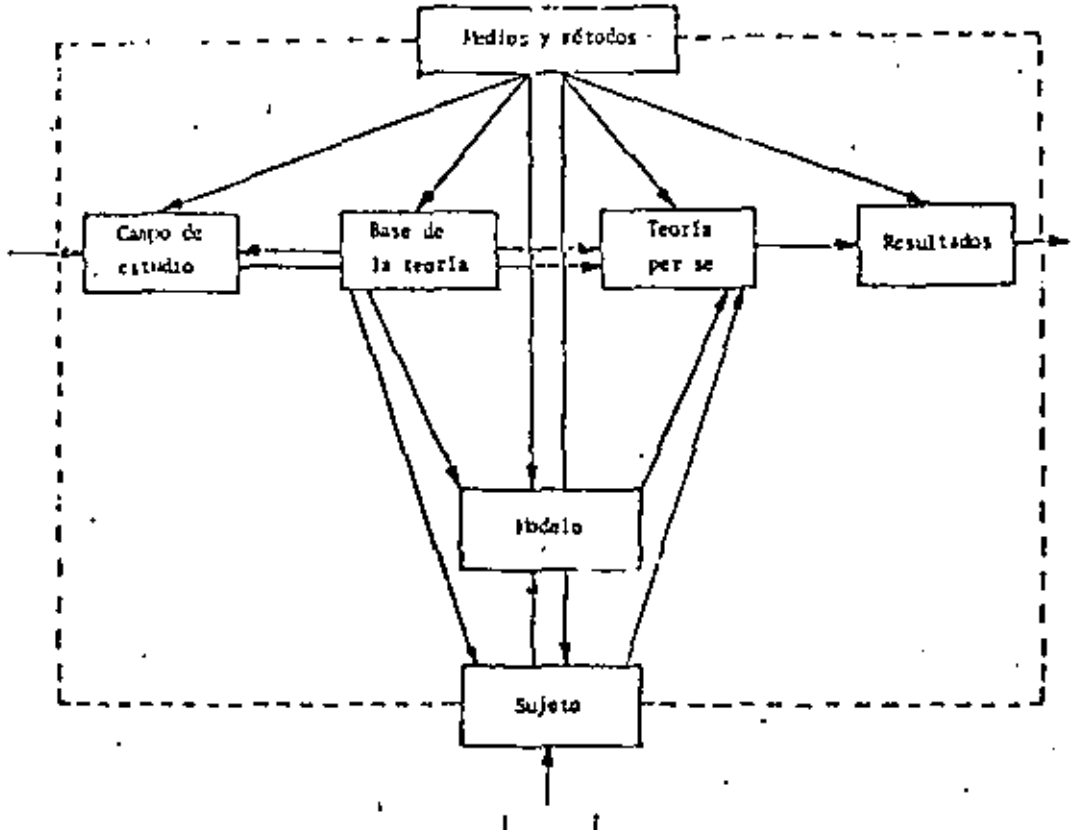


Fig 8 Diagrama de la estructura funcional de la teoría científica (primera aproximación)

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

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA

NUEVAS TECNOLOGIAS DE TRANSFORMACION DE ENERGIA EN EL SECTOR ELECTRICO

DR.VICTOR GEREZ GREISER

13 OCTUBRE, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

NUEVAS TECNOLOGIAS DE TRANSFORMACION

DE ENERGIA EN EL SECTOR ELECTRICO

INTRODUCCION

En los últimos años la polémica sobre el futuro energético del mundo, sobre todo la energía eléctrica, ha sido intensa. Por un lado se afirma que la energía nuclear es la única alternativa. Los ecologistas, exagerando los peligros de esta fuente, señalan que las llamadas Fuentes no Convencionales, que emplean la energía proveniente del Sol, son la solución.

¿Cuál es su verdadero potencial, a mediano plazo? Describiremos en este artículo: El estado de avance en el desarrollo de diversas fuentes no convencionales de energía; su costo actual y los problemas a resolver antes de su introducción a un sistema eléctrico de Servicios Públicos. Para no extender demasiado este trabajo, nos concentraremos a las siguientes:

I. Magnetohidrodinámica

II. Celdas de combustible

III. Maremotriz

IV. Estanques solares

V. Biomasa

VI. Generadores eólicos

VII. Heliostatos

VIII. Celdas solares

Todas ellas aprovechan, en forma directa o indirecta, la energía proveniente del Sol:

. Las dos primeras, la energía que en épocas anteriores fue convertida en combustibles fósiles.

. Las fuentes maremotrices y los estanques solares usan energía solar almacenada, como energía térmica o cinética en masas de agua, mientras que la biomasa emplea energía química que tuvo su origen en la insolación.

. Los generadores eólicos aprovechan la energía cinética del viento, que tuvo igual origen.

. Las restantes transforman directamente la energía proveniente del Sol.

Por esta razón, sobre todo, éstas últimas son fuentes intermitentes; están disponibles mientras haya insolación, a menos que se cuente con dispositivos de almacenamiento, motivo por el cual se hace también mención del desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía, en particular, las pilas eléctricas.

Muchas de las fuentes citadas anteriormente, producen energía eléctrica continua que tiene que rectificarse. Los problemas de esta conversión se bosquejan también:

I. Magnetohidrodinámica

La magnetohidrodinámica tiene un principio de operación tan sencillo: Si un fluido conductor (un gas) fluye a través de un campo magnético, se produce un campo eléctrico en dirección perpendicular; si el flujo de este gas es contenido en un canal cuyas paredes están aisladas la una de la otra, entre ellas se produce una diferencia de potencial. Conectando los dos electrodos a un diferente potencial, empezará a circular una corriente; pero realmente lo único sencillo sobre esta conversión de energía cinética del gas a electricidad, es el principio de operación. Deberá pensarse en temperaturas superiores a los 2500°K, para que el gas tenga suficiente energía. Sin embargo, éstas son mucho más elevadas que las que se utilizan en instalaciones con turbinas convencionales, por lo que es necesario resolver problemas con materiales.

Los gases mencionados anteriormente, producidos por la combustión del carbón, por el petróleo en aire precalentado y/o enriquecido por el oxígeno, después de pasar por el dispositivo magnetohidrodinámico, con su temperatura reducida quizá a 1800°F, pueden pasarse por un intercambiador de calor para producir vapor que mueva una turbina convencional.

Para aumentar la conductividad eléctrica del gas, se siembra carbonato de potasio; éste tiene, además, la ventaja de combinarse con el azufre del carbón (en caso de emplearse este combustible), eliminándose de esta manera las emisiones de SO_x.

El Departamento de Energía de los Estados Unidos planeó tener, en operación, una instalación de prueba a principios de la década de los 90's con una capacidad de 1,200 Mw y una eficiencia del 45%. Esta instalación entregaría energía a un costo menor que una planta convencional de vapor: Produciría del 30% al 50% más de energía por cada tonelada de carbón consumido, y sus gastos de la operación y el mantenimiento. Además, emitiría una tercera parte de contaminantes, como óxidos de azufre y nitrógeno, así como partículas sólidas. Para alcanzar esta optimista meta, sin embargo, es necesario resolver algunos problemas:

- Diseñar combustores que se puedan operar a temperaturas cercanas a las 3000°K.
- Manejo de escorias.
- Aislamiento eléctrico de los canales conductores del plasma y desarrollo de materiales que permitan que estos operen por seis o siete mil horas.
- Uniformización en la dispersión de las semillas de potasio.

- Metodología para pasar de las plantas experimentales intermedias de 50 a 100 Mw, a plantas de 1000 Mw.
- Diseño de componentes de recuperación de calor de larga vida y de alta confiabilidad.
- Desarrollar procesos para regenerar el carbonato de potasio del material de sembrado.
- Desarrollar imanes con una alta intensidad de campo.

Para tener una idea del costo del desarrollo tecnológico, mencionaremos que en menos de una década, una de las agencias norteamericanas que ha financiado este tipo de trabajos lleva gastada ya una cantidad superior a los $ 250,000,000.00 dólares (sólo estamos hablando de unidades piloto con una capacidad de 20 Mw).

Además, la tecnología de este tipo de aparatos implica, en las empresas eléctricas, el empleo de los subsistemas con los cuales no están familiarizados: Combustores de alta temperatura y conductores con sistemas de apoyo criogénico, entre otros.

Es difícil estimar cuantos recursos adicionales se requerirán para la meta tan optimista de tener funcionando una planta de este tipo (industrial), para el año de 1990, como prevéa el Departamento de Energía de los Estados Unidos[1 y 2].

II. Celdas de combustible

Las celdas de combustible combinan hidrógeno y oxígeno para producir energía eléctrica. Una celda consiste de un electrolito (actualmente de ácido fosfórico), localizado entre dos electrodos. Un combustible rico en hidrógeno pasa por uno de los electrodos; un gas rico en oxígeno (aire), se mueve hacia el otro. Con la ayuda de catalizadores, el hidrógeno de un electrodo se divide en iones de hidrógeno y electrones, los que se mueven en trayectorias separadas hacia el oxígeno, donde reaccionan para producir agua. Durante esta migración, los iones de hidrógeno pasan a través del electrolito y los electrones hacia el circuito externo. El movimiento de los electrones, a través del circuito, crea una corriente eléctrica. Cada celda produce 0.6-1 Vc.c.

Las metas del primer programa de celdas de combustible eran las siguientes:

- Costos de capital de 350 dólares por Kw (en dólares de 1980).
- Una conversión térmica de 9,000 a 9,300 Btu's por Kw/h.
- Una vida útil de 40,000 hr.

La primer instalación experimental ya a escala industrial, de 4.5 Mw/Ac ha sido puesta en operación este año en el Centro de Manhattán y otra similar en el Japón. Se están empezando a evaluar los resultados de este proyecto. Entre sus principales

características pueden mencionarse:

- Potencia nominal: De 4.5 Kw y una conversión térmica de 9,300 Btu's por Kw/h a potencia nominal, 9,000 Btu's por Kw/h a 30% de la potencia nominal.
- Potencia mínima: 25% de la potencia nominal.
- Vida útil: 20 años, incluyendo mantenimiento.
- Combustibles: Nafta o kerosinas seleccionadas, gas natural.
- Tiempo de respuesta: Desde la potencia mínima a la potencia nominal, 15 segundos. De 35% de potencia a potencia nominal: .5 segundos.
- Potencia eléctrica-trifásica: 60 ciclos con la onceava y treceava armónica cancelada y armónica superiores filtradas.
- Voltage: 13.8 Kw
- Modo de operación: Automático
- Tiempo de arranque: 4 hr., a partir de 25°C

Como se verá, estas especificaciones resultan muy atractivas, sobre todo, si se toma en cuenta la eficiencia térmica y la velocidad de respuesta. La emisión de contaminantes también es baja. Esta primer unidad ha sido desarrollada por United Technologies y otro de los gigantes de la industria eléctrica, la

Westinghouse, ha mostrado interés en desarrollar un equipo modular de 7.5 Mw, basado en celdas de ácido fosfórico. También se está estudiando la tecnología necesaria para integrar celdas de combustible e instalaciones de gasificación de carbón, para obtener un efecto sinergético.

La siguiente generación, como ya se señaló, empleará tecnología de ácidos fosfóricos o carbón disuelto y se piensa que a mediados de esta década, podrán planearse instalaciones de varios Mw, para iniciar su prueba prototipo comercial, hacia fines de esta década. Se prevé que hacia fines de esta década ya se puedan colocar las primeras órdenes de tipo comercial[3, 4, 5 y 6].

Muchas de las nuevas tecnologías que se prevén como fuentes alternativas de energía, tienen la característica de generar tensión continua o bien ser intermitentes, por lo que las primeras requerirán de inversores Dc-Ac para conectarse a los servicios existentes y las segundas tendrán que estar asociadas a equipo de almacenamiento de energía, sino se quiere que estas fuentes intermitentes generen picos de demanda no programables, en los sistemas eléctricos de Servicio Público.

Existen inversores rotativos Dc-Ac, pero estos tienen partes móviles que requieren de mantenimiento y su vida es relativamente

baja. Los inversores de estado sólido, existentes en el mercado, posiblemente tampoco sean viables para su aplicación masiva, ya que producen armónicas y generan interferencia electromagnética.

Los inversores Dc-Ac de los enlaces de corriente continua, tienen las características requeridas, sin embargo, son de un tamaño demasiado grande para las aplicaciones anteriormente señaladas. Antes de que estos equipos, de tamaño intermedio, puedan fabricarse en serie, será necesario empezar por especificar claramente cuales deben ser sus características, entre éstas ocupan un lugar relevante: El bajo contenido de armónica, el bajo costo y el poco mantenimiento. Estudios preliminares de 1982 indican que unidades de 10 Kw podrían alcanzar un costo de 180 a 300 dólares, por Kw y en instalaciones mayores de 500 Kw podrían llegarse a tener costos entre 70 y 100 dólares por Kw[7].

III. Maremotriz

La energía, proveniente de fuentes de maremotrices, podríamos dividirla en dos partes: Energía proveniente de las mareas y olas y energía proveniente del gradiente térmico que existe entre la superficie y el fondo de una masa de agua almacenada, o bien en el mar o en estanques solares.

Con relación a la primera, durante 1961 a 1966, Electricité de France instaló 24 turbinas horizontales de 10 Mw cada una, que

emplean la energía de las mareas cuando entran y salen de una bahía. Esta planta mostró que era factible, técnicamente, aprovechar esta energía; desde luego, hubo que resolver algunos problemas, básicamente de sellado, corrosión y electroerosión.

Uno de los problemas de la fuente anterior, además del costo inicial del capital, es el hecho de que las mareas no se presentan a las horas pico de demanda, de manera que estas instalaciones tendrían que trabajar en combinación con otras que almacenen energía. Otra limitante de este tipo de instalaciones es la disponibilidad de lugares adecuados para la instalación. Se estima que en el mundo, actualmente existen menos de una docena de lugares donde estas fuentes de energía, a pesar de su indudable atractivo, por no causar contaminación y no tener costos de combustible, se puedan instalar. Los franceses informan que su costo de generación es de .741 a 6.1712 centavos de dólar por Kw/h. Desde luego, no se espera, en un futuro inmediato, tener una gran expansión en este tipo de instalaciones[8, 11].

Otra fuente potencial de energía son las olas. En la costa del Atlántico-Norte, en Estados Unidos, existe una potencia disponible de 10 Mw por milla de costa. Suponiendo que se pudiera explotar la quinta parte de este potencial, se requerirían aproximadamente 500 millas equipadas para poder obtener la energía necesaria para un millón de casas. Esto, desde luego, resultaría incosteable. En alta mar la energía de las olas llega a ser 5 ó 10 veces más alta,

pero las condiciones que se presentan en alta mar son sumamente severas: Hay que resolver problemas de mecanismos de anclaje, de transmisión y de operación. Sin embargo, varios países, sobre todo Japón, cuenta con instalaciones experimentales; tiene una barcaza de 80 mt de longitud donde hay instaladas 20 turbinas, impulsadas por la oscilación de una columna de aire y agua, donde se obtienen 150 KW de energía[11].

En las masas oceánicas existe, entre la superficie y las profundidades, un gradiente sensible de temperatura: mientras que en la superficie, la temperatura puede ser del orden de 25 a 30°C. En profundidades de 1,000 a 2,000 mt., la temperatura llega a ser de un par de grados arriba de cero. Se ha estimado que en los Estados Unidos y sus islas, existe un potencial del orden de 200 Gw.

En el programa de inversión de energía térmica a oceánica (CETO), se está implementando un programa de tres fases para desarrollar la tecnología necesaria para explotar esta fuente. En 1979 este programa era financiado a razón de 40 millones de dólares por año.

El principio de este sistema no es nuevo, ya en 1881 el científico francés Jaques d'Arsonval propuso explotar esta fuente. En el programa que nos ocupa, de tres fases, el Departamento de Energía llevó a cabo la primer fase donde se trataba de probar, a pequeña escala, los intercambiadores de calor necesa-

rios para este sistema y estudiar el problema de contaminación causada por el crecimiento de plantas marinas. Actualmente está en desarrollo la segunda fase que consiste en una facilidad, ya eléctrica (de 1 Mw), instalada en un barco. La tercera fase implica la construcción de una planta piloto de 10 Mw. Se ha iniciado el diseño preliminar y la operación de la misma; se prevé terminarla en la segunda mitad de esta década.

Existen dos posibles ciclos. Puede trabajarse con un ciclo abierto que emplea agua de mar, como el fluido operante, o con un ciclo cerrado, a base de amonia. En ciclos abiertos se necesitan turbinas extremadamente grandes debido a que se trabaja con vapor a baja presión. En el sistema cerrado, las partes críticas son los evaporadores y los condensadores. Actualmente está más avanzado el desarrollo del sistema cerrado.

Las plantas, tanto del ciclo abierto, como del cerrado, son muy ineficientes debido a la baja diferencia de temperatura de su fluido operante; deben manejar enormes cantidades de éste. Se estima que una planta de 100 Mw requeriría tuberías de longitudes de 900 y 1,000 mt, con diámetros de 30 mt, que tendrían que ser diseñadas, fabricadas e instaladas en el mar. No existe en el momento ninguna tecnología para hacerlo. Otro problema es el de mantener, en el océano, estas plantas estacionarias (por ejemplo, ante la presencia de huracanes).

Además de los problemas ya señalados, es necesario resolver otros, como son el de cables submarinos para llevar la energía

de estas instalaciones (que serían flotantes) a tierra firme, a menos de que la energía se usara en plantas de manufactura flotante que consuman alta energía, como pueden ser plantas de amoníaco, hidrógeno y aluminio.

En 1979 se estimaba que, para la década de los 90's, pudiera existir ya una planta de 250 Mw trabajando, sin embargo, estos cálculos estaban basados en un creciente precio de los combustibles fósiles. Debido al movimiento en estos precios, la situación ha cambiado sensiblemente[9, 11].

IV. Estanques solares

Los estanques solares trabajan bajo un principio similar al del sistema anterior, pero en este caso la diferencia de temperatura, que hace posible obtener energía para generar electricidad, existe entre una capa de agua con alta concentración salina en el fondo del estanque y la capa de aguas frescas de la superficie. El sol pasa por la capa de agua fresca que no se calienta significativamente y es atrapada en la capa inferior. Pueden alcanzarse diferencias de temperaturas de hasta 93°C, en profundidades de poco más de un metro.

En lagos naturales y artificiales, la concentración de sal aumenta con la profundidad. Este gradiente de concentración de sal se mantiene si la superficie del estanque está protegida del viento. La energía se aprovecha en turbinas de baja temperatura. El fluido, o sea la salmuera caliente, se extrae de la parte

inferior del estanque y se repone, en la parte inferior, después de pasar por el ciclo.

Actualmente existe, en Israel, en un estanque de 7,500 mt2 una instalación experimental de 150 Kw que empezó a operar en 1979. Este sistema tiene sus atractivos:

- Es fácil de construir.
- Usa pocos materiales metálicos o plásticos.
- Puede emplear materiales locales.
- No causa contaminación.

Sin embargo, tiene algunas limitaciones. Para ser un colector eficiente de la energía solar, tiene que estar ubicado en lugares donde los rayos de sol incidan lo más cerca posible de la vertical, por lo tanto, debe localizarse, de preferencia, entre los trópicos. Deben existir disponibles sales baratas, cloruros de sodio o magnesio. También es necesario, desde luego, sellar totalmente el estanque para que no contamine acuíferos de agua dulce.

El costo en dólares de este tipo de instalación se estimaba (en dólares de 1980) para 1983, en instalaciones de 20 Mw, en 900 dólares por Kw. Para 1986, en instalaciones de 50 Mw, bajaría a 500 dólares por Kw.

Los resultados técnicos de operación de la planta señalada y su evaluación económica, hacen pensar en la instalación de una planta de 5 Mw en el área del Lago de Salton, en California, bajo el patrocinio de una Empresa Eléctrica de Servicio Público. Si los resultados de este experimento son positivos, se espera que en un par de años se tenga una facilidad de posiblemente 600 Mw.

Aunque los estanques solares parecen una alternativa interesante, la gran cantidad de tierra que se requiere para los estanques debido a la baja densidad de la radiación solar, hace pensar que esta fuente nunca contribuirá en forma significativa a resolver problemas energéticos[9, 11].

V. Biomasa

Otra posible fuente de aprovechamiento de la energía del Sol, sería la biomasa, sin embargo, hay que tener presente, desde un principio, que de una incidencia del 100% de radiación solar, si se emplea para combustión la masa vegetal, sólo se aprovecharía el 1% de esta energía. La biomasa, cuando es desecho de un proceso, por ejemplo de producción de celulosa, lleva décadas empleándose como combustible en plantas eléctricas propias. Bajo otras condiciones, hay que tener presente que el contenido energético de la madera, por peso, es aproximadamente de la mitad del carbón. Los costos de transporte son de gra-

importancia, por lo que las plantas tendrían que estar, desde luego, cerca de donde exista disponibilidad de este material.

Puede ser también que los avances de la Ingeniería Genética permitan la creación de plantas, sobre todo para medios como el desierto, que resulten una fuente adecuada de energía, al quemarse. En Estados Unidos existen experimentos de Ingeniería Genética que se están llevando a cabo en las universidades para desarrollar variedades de plantas que podrían usarse como combustible, entre ellas se ha pensado en la famosa gobernadora que crece en las regiones semiáridas[11].

VI. Generadores eólicos

Una fuente de energía cuyo interés se ha vuelto a despertar en esta década, son las turbinas de viento que tan populares fueron en épocas pasadas. Actualmente se están desarrollando unidades cada vez mayores, a partir de una unidad con un rotor de 38 mt y con una capacidad de 200 Kw, instalada en 1975, llamadas de primer generación. Se pasó a unidades con rotores de 90 mt de diámetro y capacidades de 2.5 a 4. Mw, algunas de ellas ya operando desde 1980. Se están diseñando unidades mucho mayores, de hasta 7.2 Mw.

Uno de los principales problemas que hay que resolver para determinar la rentabilidad de una instalación de este tipo, es

la disponibilidad de energía eólica, por lo tanto, es necesario empezar con recabar la información meteorológica. Para determinarla, en muchas partes del mundo (incluyendo México), se están haciendo esfuerzos para contar con instalaciones de este tipo. Desde luego, como en muchos otros avances tecnológicos en el Sector Eléctrico, éste se ha visto beneficiado por desarrollos realizados en otros campos, en particular en la Industria Aeronáutica. El desarrollo de nuevos materiales y mejor conocimiento de las leyes de la aerodinámica, ha hecho posible la construcción de estos enormes rotores.

Podemos decir que se trata de una tecnología con potencial de aplicación a mediano plazo. Hay varias compañías que prevén una capacidad instalada, relativamente importante para fines de esta década. Se planean, para 1983, agrupaciones de turbinas; podríamos llamarlos, ranchos eólicos, con capacidades de 350 Mw. Otro índice del potencial a mediano plazo de esta tecnología, es el interés mostrado por las Compañías Eléctricas, que han dedicado fondos crecientes a experimentación en este campo.

Las instalaciones citadas anteriormente, todas son de eje horizontal; se experimenta también con instalaciones de eje vertical. La ventaja de las máquinas de eje vertical sobre la horizontal es múltiple; todos los dispositivos mecánicos, como

la caja de velocidad, está situada cerca del suelo. Con esto se disminuyen los costos estructurales y de acceso para el mantenimiento. Además, no necesitan control de dirección de viento como las máquinas de eje horizontal. Como estas máquinas de eje vertical, tienden a pararse automáticamente a altas velocidades del viento, no es necesario protegerlas contra ráfagas. Su desventaja es una menor eficiencia aerodinámica y una capacidad limitada de arranque, lo que obliga a usar arrancadores eléctricos. Sin embargo, se les considera una alternativa atractiva. Hydro-Quebec piensa instalar una unidad de 4 Mw, en 1984, con un rotor de 96 mt de altura y 64 mt de diámetro.

Una comisión de especialistas europeos estima que, en países de ese continente, con condiciones favorables de viento, esa fuente podría llegar a suministrar, en el año 2000, hasta el 10% de la energía eléctrica [12, 13, 14, 15, 17 y 28].

VII. Heliostatos

En estas plantas, la energía del Sol calienta aire que mueve una turbina. Para ello, es necesario emplear heliostatos, grandes espejos que, movidos por un servomecanismo, apuntan hacia el Sol y concentran sus rayos en una torre central, donde se encuentra el intercambiador de calor. Estos dispositivos trabajan a base de un ciclo de Bryton que usa, como fluido,

el aire caliente. Las ventajas del empleo de este ciclo son varias:

. Reduce los requerimientos de agua de refrigeración, característica importante en regiones desérticas donde la insolación es elevada.

. El ciclo cerrado es eficiente, ya que recircula el aire caliente del escape al colector, reduciendo el número de heliostatos requeridos.

En 1974, bajo patrocinio del Electric Power Research Institute, se empezó el desarrollo y construcción de una planta concentradora de energía solar de 1 Mw. Esta inició su operación en 1978. Como los resultados de esta primer instalación fueron favorables, se inició el diseño de una planta diez veces mayor, que fue puesta en operación a principios de este año. Los heliostatos ocupan una superficie cercana a 30 hectáreas y concentran los rayos solares a un dispositivo similar al de una caldera, situada en una torre de 70 mt de altura.

Para producir electricidad, esta planta emplea vapor a 500°C y una presión de 100 Kg por cm^2. Durante el período de prueba, que durará cinco años, esta planta generará electricidad que será transmitida y distribuida a través de la red eléctrica de Servicio Público. Cada heliostato es un enorme dispositivo

que consiste de doce espejos de 1.10 por 3.05 mt. Existen 1818 heliostatos, que requieren de servomecanismo para seguir el movimiento del Sol. Entre los problemas de operación que se prevén no está sólo el mantenerlos alineados, sino también limpios. Como la disponibilidad del Sol es intermitente, este sistema está equipado con un almacenador de calor (básicamente de un enorme estanque de 14 mt de altura, que contiene granito).

Si los resultados de esta primer instalación resultan favorables, se piensa que la siguiente será en el rango de 30 a 100 Mw. Otra posibilidad es que este sistema se emplee, en combinación con un sistema convencional. Es decir, emplear la energía concentrada por los heliostatos para sustituir parte de la energía proveniente de la combustión de combustibles fósiles. Empleando este método, se estima que los costos pueden fluctuar entre 1,500 y 4,000 dólares por Kw (dólares de 1980), suponiendo que los heliostatos tuvieran un costo de 250 dólares por mt^2. Sin embargo, se espera que en una segunda generación, al fabricarlos en cantidades suficientemente grandes, su costo disminuya a 150 dólares por mt^2. En Europa existen instalaciones más pequeñas, de 1 Mw, que han tenido costos de operación del orden de $ 2/Kwh. Sus cálculos optimistas señalan posibles reducciones a $ 0.25-.30/Kwh en instalaciones de 100 Mw.

Desde luego no hay que olvidar que estas plantas usan una fuente intermitente de energía y, por lo tanto, están sometidas

a limitaciones en cuanto a su aplicabilidad. También hay que mencionar la gran área que se requiere para las instalaciones de heliostatos (2.5-4 hectáreas/Mw)[16, 17, 18, 19, 20 y 29].

VIII. Celdas solares

La evolución del precio de las celdas fotovoltáicas de $22/Wp, en 1976, a $10/Wp, en 1979, con metas tan bajas como $.70/Wp, en 1986, apoya el optimismo con que frecuentemente se habla de esta fuente. El desarrollo de celdas fotovoltáicas, formadas por dos capas muy delgadas de silicón, ha permitido esta considerable reducción de costos. Además, produce electricidad directamente del Sol, sin un gas o vapor intermedio ni el empleo de un ciclo mecánico.

Las celdas fotovoltáicas son modulares, de manera que su eficiencia no depende de factores de escala y se pueden agrupar en grupos que satisfagan las necesidades de los usuarios individuales. En la actualidad existe un pequeño mercado especializado de celdas fotovoltáicas que se estima que sea del orden de 4 Mw anuales. Sin embargo, es difícil que el crecimiento de este mercado especializado satisfaga las esperanzas de los fabricantes sobre esta tecnología.

Actualmente existe evidencia de que posiblemente el optimismo inicial haya sido demasiado grande, a pesar de los

importantes esfuerzos de investigación, que se estima que sean del orden de 150 millones de dólares al año. Parece que será difícil alcanzar la meta de $0.70/Wp para 1986. Si se desea alcanzar ésta, será necesario no sólo explorar nuevas tecnologías de materiales, sino también mejorar la eficiencia de los sistemas existentes.

La mayor unidad de celdas voltáicas del mundo, localizada en el estado de Utah, tiene una capacidad de 100 Kw. Emplea baterías de plomo ácido, con una capacidad de 600 Kw/h de almacenamiento, suficiente para almacenar las necesidades energéticas, de uno a tres días, dependiendo de la carga. Ocupa una superficie de casi 2,000 mt^2 y contiene 250,000 celdas de sílice, agrupadas en casi 5,000 módulos que proveen un amperaje pico de 210 Amp. La falla de los módulos ha sido bastante baja. Ha habido fundamentalmente problemas de rotura por esfuerzo térmico. Esta instalación costó $ 4,000,000.00 y produce energía a un costo de $ 1.49Kw/h. Se estima que un nuevo sistema podría construirse por sólo $ 670,000 y alcanzar un costo de $.25/Kwh que ya sería comparable con el costo de energía generada por plantas diesel.

A pesar de los problemas que se tienen que resolver, los expertos estiman que en diez años, en los Estados Unidos, se instalarán 1,000 Mw anuales de fotoceldas, predicción que parece realista[21, 22 y 23].

Desde luego que estas predicciones de demanda resultarían conservadoras, de materializarse los planes de instalación de gigantes arreglos de fotoceldas en órbita geosincrónica, conceptualizados por la Administración del Espacio de EUA (NASA).

Satélites de potencia, con enormes arreglos de 5 por 10 Km de celdas fotovoltáicas, que tendrían que ser armadas en el espacio y localizadas en órbita geosincrónica, para que su enlace de microonda hacia la tierra mantenga una posición fija, captarían la energía del Sol. Como se trabajaría en un medio carente de gravedad, las piezas serían estructuralmente muy ligeras e inclusive por su tamaño muchas de ellas podrían ser fabricadas en el espacio.

El sistema tendría, además de las pilas fotovoltáicas, varios otros subsistemas: Un acondicionador de potencia; un generador de microondas; una antena de radiación hacia la tierra; otra enorme de recepción en la tierra y rectificadores para convertir la energía recibida a alterna y poder interconectarlos con la red. El objetivo del subsistema de acondicionamiento de potencia en el espacio es, acoplar la generación de las celdas solares a los requerimientos de entrada del generador de microondas. Este último, desde luego, tendría que ser de muy alta eficiencia, operar a alta temperatura, tener una gran

relación de disipación de calor/masa, ser muy confiable y tener una larga vida.

Como frecuencia para la transmisión por microonda, se emplearía la banda de 1.5 a 4 Ghz, desde luego, habría que construir enormes klystrones con una potencia en exceso de 50 Kw. Sin embargo, por estar situados en el vacío, no requerirían de un tubo de vacío pero sí de radiadores para disipar la energía generada.

La antena de transmisión, en cada satélite, tendría un kilómetro de diámetro y la antena de recepción en la tierra sería una enorme instalación de 10 x 13 Km. Para darse una idea de la complejidad de este sistema, bastaría mencionar, por ejemplo, que la antena receptora tendría, aproximadamente trece mil millones de partes, incluyendo siete mil millones de rectificadores. Tendría grandes atractivos:

. Una alta eficiencia global estimada entre el 50 y el 72%.

. Estaría disponible, por lo menos el 99% del año, con una muy alta confiabilidad.

. Suministraría del orden de 5 Gw por cada satélite solar.

. Evitaría el problema del almacenamiento de la energía, proveniente del Sol.

Claro que tendría problemas del medio ambiente que hay que resolver, como sería:

. Radiointerferencia

. Calentamiento local de la ionósfera, que podría afectar los enlaces de comunicaciones.

. Posibles efectos biológicos nocivos.

Las bases tecnológicas para realizar este proyecto ya existen, y los cálculos de costo son alentadores. A precios de 1979, se piensa que una instalación de 5 Gw podría alcanzar un precio tan bajo como $ 330/Kw. Estos costos no incluyen el costo de lanzamiento y el montaje en el espacio, que podrían alterar sensiblemente estos cálculos. Por otra parte, no en todo sistema puede pensarse en unidades de 5Gw[25, 26].

Tanto la demanda que fluctúa, durante el día, como la posible introducción de sistemas de generación intermitente, basados en energía solar, hacen necesario el desarrollo de dispositivos para almacenar energía. Entre estos existen los clásicos, como plantas de rebombeo, y se exploran nuevas posibilidades, como plantas de rebombeo subterráneas y aire comprimido. Las baterías, sin embargo, tienen ventajas sobre las anteriores: Son modulares y, por lo tanto, su capacidad pueda aumentarse según se requiera y, desde luego, tienen menos restricciones respecto al

lugar donde se pueden instalar. Además, pueden operarse bajo cargas muy diversas y tienen la propiedad única, dentro de las componentes del sistema eléctrico de potencia, de ser más eficientes cuando trabajan a carga parcial, que a plena carga.

La idea de usar baterías en un sistema no es nuevo. Hace sesenta años, en Chicago, existía un banco de baterías para nivelar la carga durante las horas pico. Esta es una de las aplicaciones que todavía se considera actualmente, como una de la más importante para las baterías. Además, como éstas tienen la propiedad de responder, en forma inmediata, a fluctuaciones en la carga, son ideales como elemento de regulación. Para este fin, en Alemania, se está instalando un banco de baterías de 10 Mw. Además, pueden usarse como elementos para corregir el factor de potencia. Se estima que, en Estados Unidos, en un futuro no muy lejano, las baterías podrían suministrar el 15% de la demanda pico y el 5% del total de la energía. Hay que hacer notar que el desarrollo de baterías, para el sistema eléctrico de potencia, se beneficia de programas similares para vehículos eléctricos.

Entre las nuevas baterías, las más avanzadas son: Las de zinc-cloro, zinc-bromo y la llamada batería beta (sodio-sulfuro), al grado de ser necesario contar, con instalaciones experimentales para probarlas. En estas instalaciones se somete a las baterías, básicamente, a un ciclo de carga y descarga, monitoreado por un complicado y sofisticado sistema de cómputo.

El estado de avance de las tres tecnologías señaladas es el siguiente: Ya se están realizando las pruebas de módulos de 50 Kw/h, de baterías de zinc-cloro. Para 1983-1984, probablemente estén disponibles unidades de 500 Kw/h de celdas de zinc-bromo. La batería, beta, que se desarrolla también en otros países como la República Federal Alemana, Inglaterra, Japón y Francia, posiblemente está disponible para pruebas iniciales para 1987. La batería de zinc-cloro, usa materiales de bajos costos, ligeros y fácilmente disponibles. Durante carga y descarga, un electrolito acuoso, cloruro de zinc, circula en forma continua a través de un electrodo de cloro. Existen todavía algunos problemas a resolver, como la acumulación de gases en las celdas durante la operación.

La celda de zinc-bromo es similar a la anterior. La reacción de ésta se lleva a cabo en los lados opuestos de un electrodo plano bipolar, construido de carbón no poroso. En la batería beta, la energía es almacenada en una mezcla fundida de sodio y sulfuro, por lo cual esta batería tiene que ser mantenida a altas temperaturas, entre 300 y 350°C. El programa de desarrollo de estas baterías tiene como meta alcanzar una vida útil de 5,000 ciclos. Actualmente se alcanza sólo la décima parte de lo anterior.

Desde luego, el estado más avanzado de desarrollo lo alcanzan las baterías convencionales de plomo-ácido. Esta, a pesar de su

confiabilidad, tiene el problema del peso y tamaño y su costo relativamente alto debido a su contenido de plomo. Por esta razón se trabaja en los otros sistemas. Sin embargo, a pesar de ello, para algunas aplicaciones específicas, puede ser que ya actualmente un banco de batería de este tipo resultara económico. Entre otros, podría pensarse en el suministro de la demanda pico a usuarios donde la carga por este concepto fuera relativamente alta[24].

REFERENCIAS:

(1) "MHD: Direct Channel from Heat to Electricity". EPRI Journal, April, 1980, pp. 21-25.

(2) FAGENBAUM, JOEL. "Magnetohydrodynamic Power". IEEE Spectrum, September, 1980, pp. 67-71.

(3) "Fuel Cell Chemistry". EPRI Journal, November, 1978, pp. 6-12.

(4) BARRY, EDWARD P.; FERNANDES, ROOSEVELT L.A.; MESSNER, WILLIAM A. "A Giant Step Planned in Fuel-Cell Plant Test". IEEE, Spectrum, November, 1978, pp. 47-54.

(5) BALSHISER, RICHARD E. "R&D Status Report: Fossil Fuel and Advanced Systems Division". EPRI Journal, November, 1979, pp. 40-49.

(6) "Energy Management and Utilization Division: R&D Status Report". EPRI Journal, January/February, 1982, pp. 49-51.

(7) LINACH, NADINE. "New Connections for New Technologies". EPRI Journal, January/February, 1982, pp. 6-13.

(8) ANDRE, H. "Cheap Electricity from French Tides". IEEE Spectrum, February, 1980, pp. 54-57.

(9) RUMBAUGH, JEFFREY R.; GARRITY, THOMAS F.; COHEN, ROBERT; SULLIVAN, ROBERT L. "Thermal Energy Conversion: Tapping the Sea Depths". IEEE Spectrum, August, 1979, pp. 42-48.

(10) BRONICKI, YEHUDA L. "A solar-pond Power Plant". IEEE Spectrum, February, 1981, pp. 56-59.

(11) HOPKINSON, JENNY. "Sea, Soil, Sky: Testing Solar's Limits". EPRI Journal, December, 1981, pp. 55-61.

(12) YEN, JAMES T. "Harnessing the Wind: New Schemes may Provide Solutions to the age-old Problem of Building Efficient Wind Machines". IEEE Spectrum, March, 1978, pp. 42-47.

(13) REDDOCH, THOMAS W.; KLEIN, JOHN W. "No Ill Winds for New Mexico Utility". IEEE Spectrum, March, 1979, pp. 57-61.

(14) "Going with the Wind". EPRI Journal, March, 1980, pp. 5-17.

(15) SMITH, MARCIE LYNN. "Wind: Prototypes on the Landscape". EPRI Journal, December, 1981, pp. 27-35.

(16) "Turning to the Sun for Power". EPRI Journal, June, 1979, pp. 18-21.

(17) DOUGLAS, JOHN. "Solar Update". EPRI Journal, June, 1981, pp. 12-21.

(18) WILEY, WALLACE R. "Southern California Edison bets on Energy Alternatives". IEEE Spectrum, August, 1981, pp. 40-45.

(19) LINACH, NADINE. "Renewable Resources: Development at the Crossroads". EPRI Journal, December 1981, pp. 5-18.

(20) VAN ATTA, DAN. "Solar-Thermal Electric: Focal Point for the Desert Sun". EPRI Journal, December, 1981, 37-46.

(21) "Utilities: A Growing Solar Program". EPRI Journal, December, 1979, pp. 28-30.

(22) HAYCOCK, PAUL D.; STIREWALT, EDWARD M. "Solar-cell Systems that Work". IEEE Spectrum, September, 1981, pp. 40-43.

(23) WHITAKER, RALPH. "Photovoltaics: A Question of Efficiency". EPRI Journal, December, 1981, pp. 45-51.

(24) HOPKINSON, JENNY. "The New Batteries". EPRI Journal, October 1981, pp. 6-14.

(25) BROWN, WILLIAM C. "Solar Power Satellites: Microwaves Deliver the Power". IEEE Spectrum, June, 1979, pp. 36-42.

(26) ANDRYCIYK, ROMAN; FOLDES, PETER; CHESTEK, JAMES; KAUPANG, BJORN M. "Solar Power Satellite Ground Stations". IEEE Spectrum, July, 1979, pp. 51-59.

(27) ROWE, WILLIAM D. "Renewable Energy: Target for 2050". IEEE Spectrum, February, 1982, pp. 58-63.

Referencias (Cont.)

(28) GILSIG, TOBY. "Alternative Energy in Canada. 12th. General Meeting of the International Electric Research Exchange", April, 1982, San Francisco, Cal.

(29) CASTELLI, E.G. "New Energy Sources, State of the Art and Prospects for Development".

DR. VICTOR GEREZ GREISER
Instituto de Investigaciones Eléctricas
Apartado Postal 475
Cuernavaca, Mor.

OCTUBRE 1, 1982

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

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION
PROSPECTIVA

PRESENTACION E INTERPRETACION

M.EN I.ARTURO TALAVERA RODAFTE

OCTUBRE, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

OBJETIVO DEL CURSO

PROPORCIONAR A LOS PARTICIPANTES LAS BASES METODOLOGICAS QUE LES PERMITAN CONOCER LOS PROPOSITOS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA, SUS DIFERENTES ENFOQUES, SUS FASES Y ALGUNOS INSTRUMENTOS QUE UTILIZA, ASI COMO DETERMINAR SUS DIFERENTES LIMITACIONES APOYADA EN ALGUNAS APLICACIONES IMPORTANTES. A FIN DE COMPLEMENTAR LA IMPORTANCIA DE ESTA NUEVA VISION Y PRACTICA DE LA PLANEACION EN LA TOMA ANTICIPADA DE DECISIONES QUE CONTEMPLAN EL LARGO PLAZO.

CURSO: METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA

	LUNES 5 OCT	MARTES 5 OCT	MIERCOLES 6 OCT	JUEVES 7 OCT	VIERNES 8 OCT
1 PM	PRESENTACION E INTRODUCCION M. en I. ARTURO TALAVERA RODARTE	ENFOQUES DE PLANEACION M. en I. JORGE ELIZONDO ALARCON	MONITOREO Y FUENTES DE INFORMACION ING. ARTURO GARCIA TORRES.	NUEVAS TECNOLOGIAS EN EL SECTOR ELECTRICO. DR. VICTOR GEREZ GREISER	METODOS KJ y TKJ M. en I. ARTURO TALAVERA RODARTE
7 PM	PRONOSTICOS, PREVISION Y PROSPECTIVA DR. EDUARDO RIVERA P.				
9 PM	ENFOQUE DE SISTEMAS EN PROSPECTIVA DR. FELIPE LARA ROSANO	ESTRUCTURA DE LA PLANEACION DR. DYSEI GELMAN MURACHVICK	PRESENTACION GENERAL DE HERRAMIENTAS EN PROSPECTIVA DR. E. RIVERA PORTO MODELOS DE SIMULACION DR. EDUARDO RIVERA P.	ESCENARIOS DEL SECTOR ELECTRICO M. en I. JORGE ZENDEJAS OLIVARES	PREVISION Y EVALUACION TECNOLOGICA. DR. RICARDO ZARNEGO

	MIERCOLES 13 OCT	JUEVES 14 OCT	VIERNES 15 OCT	LUNES 18 OCT	MARTES 19 OCT
5 PM	TECNICAS DE IMPACTO CRUZADO DR. EDUARDO RIVERA PORTO M.L. REVILLA	METODO DELPHI M. en I. ARTURO TALAVERA RODARTE DR. EDUARDO RIVERA P.	METODOLOGIAS DE PLANEACION ESTRATEGICA M. en C. MARIO GOUDINOFF	RACIONALIDAD Y LEGITIMIDAD DE LA PLANEACION. DR. EMILIO TENTIFANFANI	ANALISIS MORFOLOGICO M. en I. ARTURO TALAVERA RODARTE.
7 PM	ORGANIZACIONES DE REFERENCIAS Y PROCESOS DE BUSQUEDA. DR. RAUL CARVAJAL MORENO	EXTRAPOLACION Y ANALISIS MULTICRITERIO. DR. EDUARDO RIVERA P.	MODELOS ECONOMICOS M. en C. JAVIER RAMIREZ	PREVISION CON DINAMICA DE SISTEMAS DR. E. ZEPEDA	TECNICA DE ESCENARIOS DR. EDUARDO RIVERA P.
9 PM					CONCL., EVALUACION Y ENTREGA DIPLOMAS M. en I. ARTURO T.P DR. EDUARDO RIVERA

(2)

* ¿ QUE ES EL FUTURO ? ES LO QUE ESTA POR VENIR
* ¿ EXISTE EL FUTURO ? SI EXISTE EL FUTURO
* ¿ PUEDE PREDECIRSE EL FUTURO? CONCEBIRSE, VISUALIZARSE, PRONOSTICARSE
* ¿ PUEDE CONTROLARSE EL FUTURO ? SI ASI FUESE
* ¿ ES LA PLANEACION UN MEDIO PARA HACERLO ? SI

PLANEACION Y PROSPECTIVA

* ¿ QUE ES LA PLANEACION ?

  - ES LA TOMA ANTICIPADA DE DECISIONES

* ¿ ES DESEABLE LA PLANEACION ?

  - YA QUE LA PLANEACION ESTA DIRIGIDA A OBTENER LO DESEABLE Y EVITAR LO INDESEABLE, CONSISTE EN UN ESFUERZO PARA CONTROLAR EL FUTURO.

PREMISA:

LA PROPOSICIÓN DE QUE EL FUTURO ES CONTROLABLE TIENE QUE ACEPTARSE SI SE QUIERE PROGRESAR.

- EL ACEPTARLA CONDUCE A UNA POSTURA O CONDUCTA ACTIVA, EN LA QUE LA CREATIVIDAD SE PONE AL SERVICIO DEL MEJORAMIENTO DEL ESTADO DE COSAS.

- EL RECHAZAR LA PROPOSICIÓN OCASIONA PASIVIDAD, RESIGNACIÓN E INACTIVIDAD QUE DAN COMO RESULTADO TÁCTICAS DE MERA SUPERVIVENCIA QUE SON INACEPTABLES.

UNA VEZ QUE LA IDEA DE CONTROLAR EL FUTURO SE ACEPTA, SURGE LA PREGUNTA DE SI LA PLANEACIÓN ES UNA MANERA DE HACERLO.

- SI SE CONSIDERA QUE EL UNICO ESTILO POSIBLE DE SUPERVIVENCIA Y MEJORAMIENTO ES EL QUE SE OBTIENE ENFOCANDOSE HACIA ADELANTE.

- ENTONCES NO PUEDE EVITARSE LA PLANEACIÓN.

ACTUAR ES EL PREDICAMENTO DEL HOMBRE. YA QUE NO ACTUAR ES UNA FORMA DE ACTUAR.

¿ QUE ES LA PROSPECTIVA ?

- ES UN NUEVO ENFOQUE DE LA PLANEACION PRINCIPALMENTE LA DE LARGO PLAZO
- ES UNA HERRAMIENTA DE LA PLANEACION
- ES UNA INTERDISCIPLINA

¿ QUE ES EL ENFOQUE PROSPECTIVO ?

(4) ENFOQUE PROSPECTIVO

- SE PODRÍA DEFINIR A LA PROSPECTIVA COMO UNA FORMA DE VER AL FUTURO
- ESCENCIALMENTE HAY DOS MANERAS DE CONCEBIRLA:

  I) COMO UNA PREDICCIÓN DEL FUTURO: EN EL SENTIDO DE QUE, SI SE CONSIDERA UNA ACCIÓN DETERMINADA, SUCEDERÁ TAL COSA.

  II) COMO UNA VERSIÓN NORMATIVA DEL MISMO: EN EL SENTIDO DE VISUALIZAR EL FUTURO QUE DESEARÍAMOS, Y LAS ACCIONES QUE TENEMOS QUE HACER PARA ACERCARNOS LO MÁS POSIBLE A ÉL.

- EL PAPEL DE LA PROSPECTIVA ES PROPORCIONAR AL PLANIFICADOR:

  I) UNA VISIÓN DEL FUTURO DESEADO

  II) UNA SERIE DE ESCENARIOS QUE DEFINAN AMPLIAS OPCIONES EN TERMINOS DE FUTUROS FACTIBLES.

- LA PROSPECTIVA IMPLICA:

  I) EL DISEÑO DE FUTUROS ALTERNATIVOS DESEABLES

  II) LA IDENTIFICACIÓN DE FUTUROS ALTERNATIVOS FACTIBLES

  III) EL ESTABLECIMIENTO, PARA CADA FUTURO DESEABLE, DE LOS FUTUROS ALTERNATIVOS FACTIBLES.

  IV) LA SELECCIÓN DEL MÁS SATISFACTORIO (PREFERIBLES)

CLASIFICACION DE LAS ACTITUDES DE LOS PLANIFICADORES

	ESTÁN DE ACUERDO CON LA FORMA COMO VAN LAS COSAS PRESENTE SATISFACTORIO	NO ESTÁN DE ACUERDO CON FORMA COMO VAN LAS COSAS PRESENTE INSATISFACTORIO
SATISFECHO CON LA FORMA COMO SON (O FUERON) LAS COSAS PASADO SATISFACTORIO	- NO SE HACE NADA - INACTIVISMO	- TRATAN DE REGRESAR A UN ESTADO ANTERIOR - (TODO TIEMPO PASADO FUÉ MEJOR) REACTIVISMO
INSATISFECHO CON LA FORMA COMO SON (O FUERON) LAS COSAS PASADO INSATISFACTORIO	- OPTIMIZACIÓN - (PREDICCIÓN) PREACTIVISMO	- DISEÑO DE SISTEMAS QUE SE ADAPTAN Y APRENDEN - INTERACTIVISMO

- LOS INACTIVISTAS EVITAN LA PLANEACIÓN Y LA ACCIÓN EN TODO LO POSIBLE.

  FUTURO IRRELEVANTE

- LOS REACTIVISTAS TAMBIÉN EVITAN LA PLANEACIÓN PERO SE PREOCUPAN POR CORREGIR LA ACCIÓN.

  RESTABLECIMIENTO DEL PASADO EN EL FUTURO

- LOS PREACTIVISTAS RESTRINGEN LA PLANEACIÓN EN EL SENTIDO DE UN ESFUERZO PARA OPTIMIZAR DENTRO DE LAS RESTRICCIONES OFRECIDAS POR EL SISTEMA.

  FUTURO INEVITABLE DISEÑADO CON BASE A UN PLAN

- LOS INTERACTIVISTAS ESTÁN MOTIVADOS POR UNA VISIÓN DE UN FUTURO Y NO SÓLO POR LA AVERSIÓN A LOS PROBLEMAS EXISTENTES O ANTICIPADOS Y ESTÁN INTERESADOS EN REDISEÑAR EL SISTEMA PARA FACILITAR LA CAPACIDAD PROPIA DEL SISTEMA PARA APRENDER, CREAR Y ADAPTARSE.

  FUTURO CONTROLABLE
  CON BASE EN UN PROCESO Y NO EN UN PLAN

ACTITUD INTERACTIVA Y PROSPECTIVA

PARA DESARROLLAR PLANEACIÓN PROSPECTIVA, SE REQUIERE DE UNA ACTITUD INTERACTIVA POR PARTE DE LOS PLANIFICADORES.

- LOS CUALES RECHAZAN ESTABLECERSE EN EL ESTADO ACTUAL DE LAS COSAS O EN EL CAMINO QUE VAN, Y TAMPOCO QUIEREN REGRESAR AL PASADO.

- DESEAN DISEÑAR UN FUTURO DESEABLE E INVENTAR MODOS DE ATRAERLO (O CONSEGUIRLO)

- TRATAN DE PREVENIR LO QUE AMENAZA, NO SIMPLEMENTE PREPARARSE PARA ELLO, Y TRATAN, NO SÓLO DE EXPLOTAR, SINO DE CREAR LAS OPORTUNIDADES.

PLANEACION Y PROSPECTIVA

- AUNQUE LA PLANEACIÓN SE HACE EN TODO EL MUNDO, EL ENFOQUE TRADICIONAL NO LOGRA PROPORCIONAR UNA COMPRENSIÓN DE LA IMPLICACIONES A LARGO PLAZO DE LAS DECISIONES HOY EN DÍA.

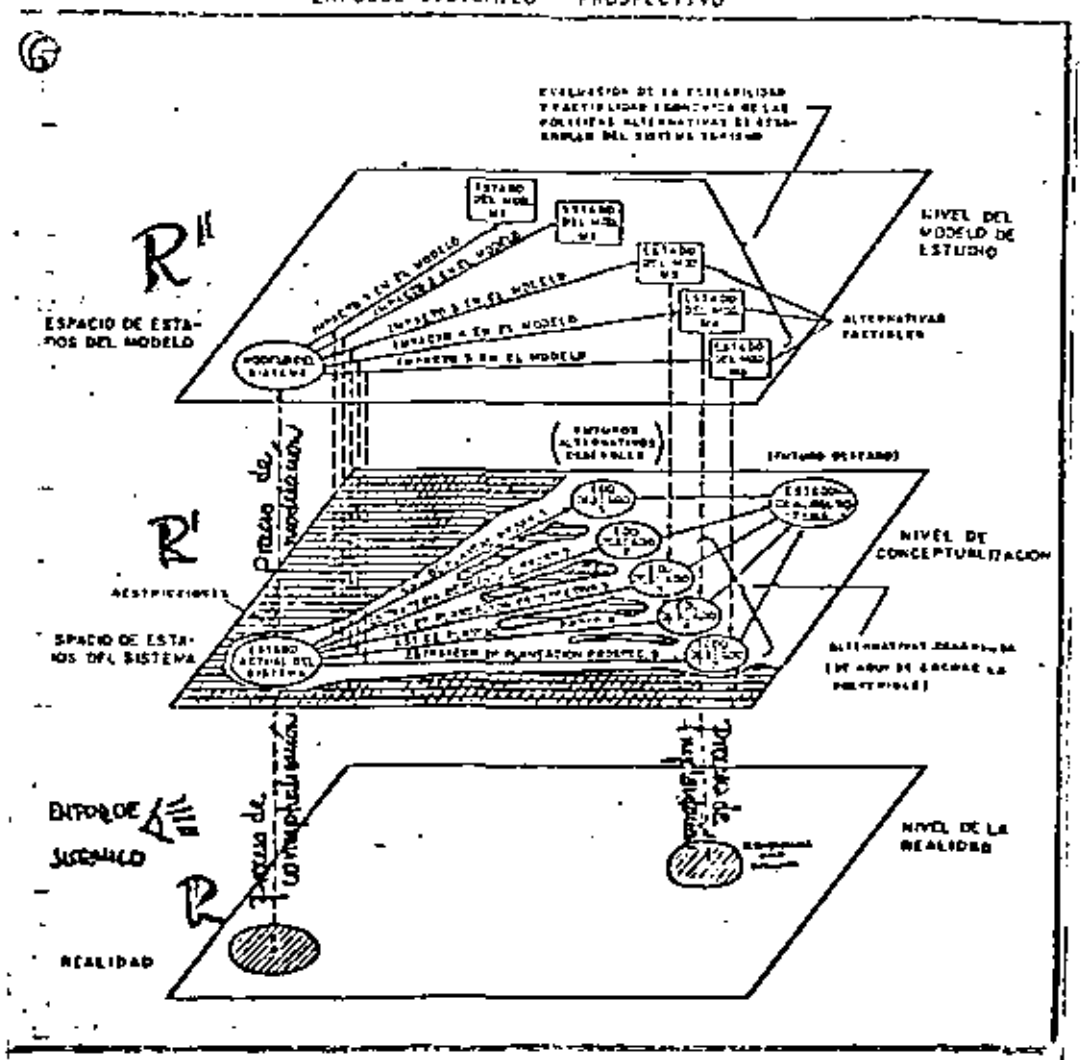
- CARECE DEL COMPONENTE DE INICIATIVA CAPAZ DE MODIFICAR EL FUTURO EN LUGAR DE AFRONTAR SU IMPOSICIÓN.

- LA PROSPECTIVA ES MUCHO MÁS QUE UNA HERRAMIENTA PARA LA PLANEACIÓN, ES UNA HERRAMIENTA PARA LA PLANEACIÓN Y UNA DISPOSICIÓN PARA LA ACCIÓN.

- EL ELEMENTO QUE PUEDE CONVERTIR LA PLANEACIÓN DE UNA ACTIVIDAD FUTURISTA A UN ACTO CREATIVO, ES LA PROSPECTIVA, ES DECIR, ES UNA INTERDISCIPLINA QUE NO PRETENDE PREDECIR SINO CREAR EL FUTURO.

- CONCRETAMENTE ES UNA NUEVA VISION DE LA PLANEACION.

ENFOQUE SISTEMICO - PROSPECTIVO



Paradigma de planeación prospectiva

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

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA

ESQUEMA DEL CURSO SOBRE EVALUACION Y PROSPECTIVA TECNOLOGIA

Dr. Ricardo Zermeño

14 OCTUBRE, 1982

de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

ESQUEMA DEL CURSO SOBRE EVALUACION Y PROSPECTIVA TECNOLOGICA.

1. Antecedentes Históricos

1.1. Actitudes Sociales en Relación a la Ciencia y la - Tecnología

A) Raíces ideológicas

I) La Concepción Occidental

+ El Renacimiento :

Observación - principio - control

+ Antes de la edad media:

. Los griegos (la lógica)
. Los romanos (la técnica)
. Los árabes (la ciencia)

+ En la edad media:

. Oscurantismo en Europa
. Racionalidad cristiana del orden universal
. Los monasterios y el antroprocentrismo
. El trabjao como medio de realización

II) La Concepción Oriental

+ Culturas Asiáticas y Europeas no hicieron - esta relación tan estrecha:

. Florecieron la filosofía, la ciencia y la técnica
. Muchos descubrimientos

+ Factores explicativos:

. Culturas (armonía en lugar de control).
. Sistema político (prohibición).
. Caricatura.

B) La Ciencia y la Tecnología como Instrumentos de Progreso.

+ No existía relación Ciencia y Tecnología.

+ Revolución Industrial:

. El diseño de máquinas antiguas.
. El Capitalismo y los descubrimientos en el - proceso del hierro.
. Desarrollo del sector bienes de capital por - técnicos.
. El poder de la tecnología.
. Instrumento incuestionable de progreso (cosas en contra).
. impulso a la ciencia.

+ La Revoluación Científica.

. Siglo XIX en Alemania (químico metalurgia, eléctri ca).
. Organización industrial de la I y D y crecimiento de nuevas ramas (electrónica, nuclear y genética).

+ La Segunda Guerra Mundial

. Exito del proyecto Manhattan
. Investigación de operaciones, el radar y la aviación.
. Científicos asesores de políticos en los más altos niveles.

+ Después de la Segunda Guerra.

. Presupuestosde I y D incrementados.
. Grandes proyectos Estatales.
. Conquista de la Luna 1969.
. Orientación hacia prioridades.

6) El Descencanto Social con la Ciencia y la Tecnología

+ Cambio radical en el final de los 60's.

+ Conciencia de la calidad de la vida.

+ Hetman: La ciencia y la tecnología dejan de ser las "vacas sagradas que antes eran". Hasta ahora la tecnología había sido ungida y aceptada como fuerza irresistible de incuestionables ventajas técnicas y semillas de progreso económico y social.

+ Primeros Proyectos Rechazados.

. El Congreso para el transporte supersónico en E. U.
. Programa espacial del FEC/
. Exigencia popular de control.
. Apoyo y cuidado ecológico.
. Sociedad posindustrial.

1.2 Origen de la EPT

A) La Institucionalización de la Evaluación y Prospectiva Tecnológica. (

TABLA 1 →

+ Grupos del análisis de sistema en la política.

+ E. Q. Daddario acuñó la EPT.

. Esfuerzos esporádicos después de problemas y accidentes.
. Debe haber un esfuerzo sistemático.
. Proyecto de Ley 1969.
. Estudios preliminares.
. NEPA y APMA 1969.
. OTA en 1970.

+ Otros países.

2. Definición y Contenido de un Estudio de EPT.

2.1. Definición y Objetivos.

+ Tabla 2:

. Analizar y anticipar impacto del desarrollo tecnológico en la sociedad.

Impactos: directos e indirectos, etc.

+ Objetivos (Tabla 3)

2.2. Tipos de Estudios (Tabla 4)

+ Proyectos específicos.
. 3er. Aeropuerto de Londrés.
. Laguna verde y Tepoztlán.

+ Problemas

. Contaminación de plomo.

+ Tecnologías

. Robots, etc.

2.3. Elementos de un Estudio de EPT.

+ Diferentes metodologías (Tabla 5)

+ Metodología Porter.

1ero. Definición del problema.

. Recursos y grupos involucrados.
. Técnicas para generar ideas.

2do. Descripción de la Trayectoria Tecnológica.

. Descripción sistemática de las características técnicas y su trayectoria.
. Descripción de alternativas.
. Descripción del sistema de desarrollo.
. Técnicas: reseñas, expertos - delfos.
. Importancia para las conclusiones.

3ro. Pronóstico Tecnológico

. Anticipar carácter, intensidad y tiempo.
. Identificar: incertidumbre y descubrimientos potenciales, tecnologías, alternativas.
. Técnicas
Exploratives y Normatives
Horizonte corto: extrapolación, modelación y otras cuantitativas.
Horizonte largo: escenarios y delfos.
IBSEN.

4to. Descripción de los aspectos sociales.

- Universo social
- Identificación de aspectos económicos, políticos y sociales que predominan en el medio afectando el desarrollo de la sociedad.
- Descripción de las instituciones y los grupos sociales involucrados y/o afectados.
- Metodologías diversas y poco definidas (poco satisfactoria).

5to. Prospective Social

- Dificultad
- Escenarios contrastantes y sus grupos políticos
- Modelos económicos, extrapolación y simulación a corto plazo (macro y micro)
- Limitaciones MIT.

6to. Identificación de los impactos.

- Interacción del universo tecnológico y el universo social.
- Impactos directos e indirectos
- Técnicas: opinión de expertos sobre impactos diversos y técnicas de manejo: listas, árboles de relevancia, matrices de impacto y la ISM.

7o. Análisis del Impacto

- Identificar y cuantificar relaciones, la magnitud del impacto y la probabilidad.
- Económicos: CBA, importación-exportación y la simulación dinámica.
- Ecológicos: simulación dinámica
- Social: opinión de expertos y análisis

8o. Evaluación del impacto

- Síntesis de los impactos para las diferentes alternativas o escenarios.
- La cuantificación como esfuerzo sistemático para descubrir sesgos.

9o. Análisis de Política

- Que hacer y como hacerlo.
- Controlar y promover.
- Opciones factibles; sectores de política e instituciones involucradas.

10o. Comunicación de resultados

- Reporte accesible.
- Tipo de usuario.
- Estudios voluminosos e imposibles.

2.4. Limitaciones de la EPT

+ Objetivo muy ambicioso y generalmente no se alcanza.

+ Exige recursos cuantiosos.

+ Es muy difícil.

+ Limitaciones.

- No intridisciplinario.
- Difícil compilación y uniformización.
- Nadie sabe como llevar a cabo el impacto social.
- Recomendaciones débiles, confusas o sesgadas por los ejecutantes y/o los que financian.

+ Tasa de Difusión Lenta.

+ Ganancia Incierta.

- Inversión inesperada.
- Problemas técnicos.

+ Consecuencias Laborales

- Favorables.
- Medio hógil.

+ Esfuerzo Empresarial

- Capacidad y Actitud el obstáculo.
- Administración y control del personal.

7

3. La Evaluación y Prospectiva de Nuevas Tecnologías.

3.1. Introducción

. Enfasis personal diferente

1) EPT de nuevas tecnologías para la política de su desarrollo.

2) Estudio dela forma en que la tecnología naciente se desarrolla y difunde en la sociedad.

3) Análisis de los factores determinantes.

. Menos énfasis a predecir el futuro.
. Diferente pero útil para EPT.

3.2. El Desarrollo de Nuevas Tecnologías.

. Robots
. Marco conceptual

1) La tecnología y su trayectoria.

2) Las actividades fundamentales que conlleva al dt.

3) La problemática que controla dicho desarrollo.

A) La Tecnología y su Trayectoria.

. Tecnologías heterógeneas.
. Categoría con tendencias diferentes.
. Análisis morfológico.

1) Principales características
2) Valores alternativos
3) Combinación

4

5

. Análisis morfológico: robots (Tablas 7 a 10).
. Análisis morfológico: computadoras (Tablas 11 a 17).
. Análisis morfológico: biotecnología (Tablas 13 y 14).

B) Actividades que conllevan al DT

+ El DT es el resultado de varias fases:

1) Generación de una idea (invención

2) Introducción al mercado (innovación)

3) Utilización generalizada (difusión)

+ Esta fase se lleva a cabo en actividades (Tabla 15):

1) La I y D

2) La producción y comercialización

3) La adopción o utilización

4) La promoción

La I y D:

. La inversión era individual ahora organizada.
. Acervo científico aplicaciones.
. Inv. Ganica, Aplicada y a Experimental.
. El desarrollo experimental

Materiales
Dispositivos
Productos — Nuevos o sust. mejorados.
Procesos
Sistemas
Servicios

+ La producción y distribución.

  - Prototipo tecnicámente factibles a comercializable.
  - Desarrollar mercados, planear la producción, y arrancarla y mantenerla.

+ La Adopción

  - La introducción a la empresa/usuario
  - Adopción generalizada difusión.
  - Para que el dT tenga éxito es necesaria la difusión.

+ La promoción.

  - Regular, apoyar y coordinar la I y D, la producción y la distribución y la adopción.
  - Sumamente importante (integral y coordinado)
  - gubernamentales, no gubernamentales, directos e indirectos.

+ Interacción dinámica y no secuencial (proceso de aprendizaje).

  - Tendencia: cambio en la importancia de las actividades (sujeta a menos cambios).

+ Ciclo de la Tecnología:

  - Gestación, despegue, saturación y desplazamiento (ver pág. 36)

El Caso de los Robots

+ En Tablas 16 a 23 se revisan el crecimiento de las actividades y sus relaciones.

El Caso de las Computadoras

- Típico de la tecnología heterógenea
- Tabla 24) I y D y ciclo de la tecnología
- Tabla 25) Estructura oligopolica solo debilitada por el cambio tecnologico.
- Tabla 26) Mercado en E. U.
- Tabla 27) Mercado mexicano.

Macros para fuera
Micros crecen alto pero limitantes
Minis mayor potencial

EL CASO DE LA BIOTECNOLOGIA

- Deslumbramientos
- Intensidad del I y D
- Estructura oligopalica
- La nueva biotecnologia y su período de gestación
- México, mercado limitado para nuevas drogas
- Biotec Nueva Actual
- Biotec Rural

c) Problematica de las actividades de Dt

+ La investigación sobre la difución tecnologica
+ Robots y ganacia econocia
+ Enfoque interdisciplinario y globali zador

  - Instituciones
  - Sociedad
  - Momento historico
  - Modelo canceptual

    Los factores
    Los niveles

  - La adopción y sus caracteristicas

+ Interacción puede ser explicada:

  1) Compatibilidad con el sistema
  2) El impacto de la tecnologia
  3) El proyecto dominante

+ Compatibilidad con el sistema

  - Con la infraestructura
  - Con la estructura

+ El impacto de la tecnología

Ventajas y desventajas para los trabajadores, los empresarios y para la institución, sector industrial y país.

+ El proyecto dominante:

- Resultado del esfuerzo individual, la interacción entre los individuos y la política que prevalecen.
- La mentalidad y la capacidad empresarial, los políticos corporativos, el clima económico y las políticas gubernamentales.

+ Cada una de las condiciones mencionadas regulan de manera diferente el proceso de difusión.

1) Compatibilidad y potencial (solo cambios radicales)
2) Las características de la tecnología y su impacto--tasa de difusión.
3) El tipo de proyecto condiciona el desarrollo pionero.

D) Conclusiones

Robots Industriales

+ Potencial ha sido limitado

- Compatibilidad limitada
- Algunas aplicaciones con mucho exito
- Diseño del producto
- Robot como sistema
- Integración de operaciones
- Automatización flexible

> Organización

(6)

- Firmas pequeñas
- Automatización —> concentración ind.

+ Tasa de difusión lenta:

+ Ganancia incierta
- Inversión inesperada
- Problemas técnicos
+ Consecuencias laborales

- Favorables
- Medio hostil

+ Esfuerzo empresarial

- Capacidad y actitud el obstaculo
- Administración y control del personal

+ DESARROLLO PIONERO

- Empresarios tercos
- Las inversiones las controlan ingenieros
- Política progesista
- Situación económica
- Políticas de promoción intensas
- Industria automotriz inglesa

LAS COMPUTADORAS

+ Potencial

- Usuarios especiales
- Recursos humanos
- Adecuación de sistemas
- Futuro: Capacitación e ingreso

+ Tasa de difusión

- Velocidad comparable
- Costo de la mano de obra no afecta
- Compañías con infraestrutura utilizan computadoras para mejorar su eficiencia y crecer
- Costo de integración del sistema, un freno.

+ Desarrollo pionero

- México, unicamente en la distribución y la comercialización.
- Desarrollo de programa de aplicación y soporte técnico.
- Más lucro y algo de desarrollo
- Lo principal es el proyecto dominante. Carácter otigopolico y total ausencia de política gubernamental
- El proyecto dominante en el de las corporaciones trasnacionales.
- Este no ha coincidido con el dt y la fabricación.

Poca I y D
Pocos Recursos humanos
Recursos humanos para dist. Utiliz.

- Nuevo programa de fomento.

LA BIOTECNOLOGIA

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

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE LA PLANEACION PROSPECTIVA

LA INSTITUCIONALIZACION DE LA EVALUACION Y PROSPECTIVA TECNOLOGIA

Dr. Ricardo Zermeño

OCTUBRE, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

TABLA 1

TABLA 1

La Institucionalización de la Evaluación y Prospectiva Tecnológica

Estados Unidos

+ Acta Sobre Políticas del Medio Ambiente (1969).

+ Oficina de Evaluación y Prospectiva Tecnológica (1970).

Suecia

+ Secretariado de Estudios del Futuro, Oficina del Primer Ministro (1971).

Japón

+ Sub-Comité de Avance Técnico, MITI (1970).

Gran Bretaña

+ Comité del Parlamento sobre Ciencia y Tecnología, Casa de los Comunes (1972).

México

+ Sistema Nacional de Prospectiva Tecnológica, SEPAFIN (1982).

TABLA 2. - EL CONCEPTO DE LA EVALUACION TECNOLOGICA

TABLA 2

1) Jones (1971):

"La capacidad de anticipar e influenciar el impacto social de nuevas tecnologías con un mayor entendimiento y confianza".

2) Coates (1976):

"Una clase de estudio sobre políticas que examina sistemáticamente los efectos en la sociedad que pudieran ocurrir cuando la tecnología es introducida, extendida o modificada. Pone especial énfasis en analizar aquellas consecuencias que son no - intensionales, indirectas o retardadas".

3) Elliott y Elliott (1977):

"En general las evaluaciones tecnológicas se interesan en los efectos que tendrían nuevas tecnologías o productos en el medio ambiente físico y social - esto es que consideran el impacto sobre las condiciones de trabajo y las condiciones de vida, el bienestar social, la salud y la polución, la utilización de los recursos, etc.".

4) Hetman (1978):

"La evaluación de la tecnología puede ser definida como un proceso de análisis, pronóstico y evaluación de futuros tecnológicos y su impacto sobre la sociedad que resulta en opciones de acción a tomar para los que toman decisiones.... En lo que respecta al analista, comprende el estudio de parámetros técnicos y la elaboración de un pronóstico: el análisis de factores sociales, ecológicos, culturales y políticos: la evaluación de las alternativas".

TABLA 3

TABLA 3

OBJETIVOS DE LA EVALUACION Y PROSPECTIVA TECNOLOGICA.

A) Aumentar la orientación y el control social del desarrollo tecnológico.

- Suministrar mejor información para la toma de decisiones.
- Alertar a la gente involucrada en el cambio tecnológico y motivarlas a que traten de influenciar la toma de decisiones.
- Contribuir a cuestionar ciertos valores sociales.

B) Mejorar la metodología de los estudios.

TABLA 4

TABLA 4

TIPOS DE ESTUDIOS DE EVALUACION Y PROSPECTIVA TECNOLOGICA.

1. ORIENTADA A PROYECTOS.

Ejemplo: Inversión en una planta para la utilización del desperdicio en una región.

2. ORIENTADA A PROBLEMAS.

Ejemplo: La disminución de la contaminación por plomo de las descargas de los automoviles.

3. ORIENTADA A TECNOLOGIAS.

Ejemplo: El potencial de los robots industriales en los países industrializados.
El potencial de la computación en México.
El potencial de la biotecnología en México.

Tabla 6

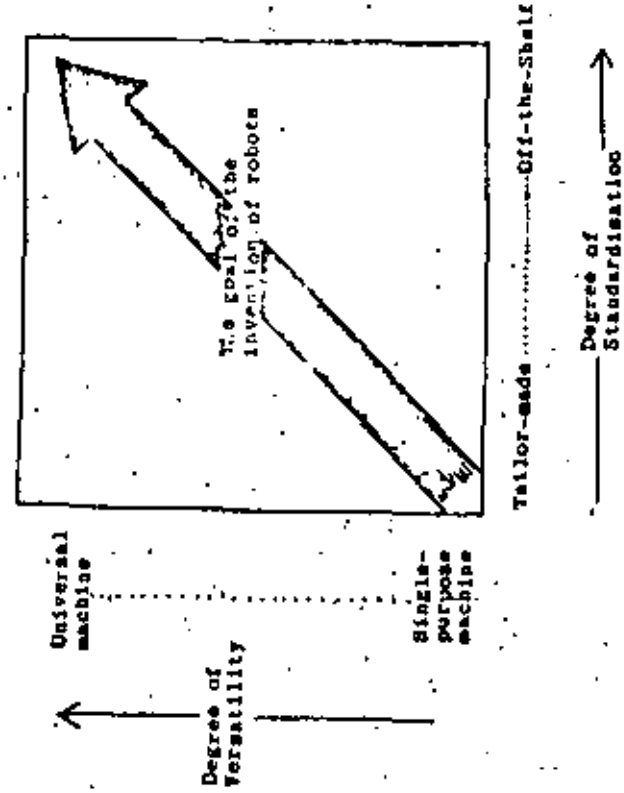


Figure 3.1 - The Scope of Robot Development

TABLA 5

ELEMENTOS QUE COMPONEN UN ESTUDIO DE EVALUACION Y PROSPECTIVA TECNOLOGICA.

PORTER ETAL. (1980)	US NAT. AC. of ENG (1969)	STRASSER (OTA) (1970)
1 Definición del problema.	1 Identificar y definir el problema.	1 Definir el problema.
2 Descripción de la trayectoria tecnológica.	2 Delimitar el problema y desarrollar la base de datos.	2 Describir las tecnologías relevantes.
3 Pronóstico tecnológico.	3 Identificar estrategias alternativas.	3 Identificar y describir los factores no - tecnológicos más importantes involucrados.
4 Descripción de los aspectos sociales.	4 Identificar los grupos sociales involucrados.	4 Identificar áreas de impacto.
5 Prospective social.	5 Identificar los impactos que cada grupo sufriría.	5 Elaborar análisis preliminar del impacto.
6 Identificación de impactos.	6 Evaluar o medir los impactos.	6 Identificar cursos de acción.
7 Análisis del impacto.	7 Comparar los pros y los contras de cada alternativa.	7 Completar el análisis del impacto.
8 Evaluación del impacto.		
9 Análisis de las políticas.		
10 Comunicación de resultados.		

TABLA 5

TABLE 4.2 - The Versatility Characteristics of an Industrial Robot

Degree of Versatility →

Aspects of Robot Versatility:		Characteristics:	Alternatives:				
Adaptability		Control Complexity	PTP	CP	Comp. Path	Sensory	Intelligence
Command Versatility		Programming Method	Manual input	teach-in Pendants	teach-in hand	Manual Progr.	Automatic Progr.
		Input-output Channels	< 8	8-40	> 40		
		Number of Different Cycles	Fixed	Variable (limited)	[illegible]		
		Memory Size (steps)		50-200	200		
		Positioning Control	Fixed stops	Adjustable stops	servo (limited)	servo (unlimited)	
Structural Versatility	Positional Versatility	Degrees of Freedom (Arm + Wrist)	< 3	4	5	≥ 6	
		Configuration	Cartesian	Cylindrical	Polar	Prosthetic	
		Volume of Working Space (m^3)	< 0.1	0.1-1.0	1.0-10.0	≥ 10.0	
	Manipulative Versatility	Load Capacity (Kg)	< 1	1-5	5-15	15-50	≥ 50
		Versatility of End Effectors	TOOL		GRIPPER		

TABLE 5.3 - Pattern of Change in the Categories of Industrial Robot Types - Proportion of Existing Models (%)

(a) Before 1972 (Estimated from a sample of 140 robots reported in Lundstrom et al 1972)

		Memory System				
		Fixed Sequence	Variable Sequence (limited)	Electronic		
Degrees of Freedom	≤4	45	16	0	Non-Servo	Positional Control
	≥5	5	5	1		
	≤4	0	7	6	Servo	
	≥5	0	2	6		

Continued.....

TABLE 3.3 (Continued)

(b) Between 1972 and 1979 (Estimated from a sample of 18 robots reported in Abraham et al 1979)

Degrees of Freedom		Memory System					
		Fixed Sequence		Variable Sequence (limited)		Electronic	
		4	5	4	5	4	5
Servo	Non-Servo	20	0	25	0	5	0
Servo		0	5	0	3	12	25
Positional Control							

Table 10

Thus, robot development has resulted in four major categories:

I: Pick-and-Place Devices (PPD): fixed sequence non-servo manipulators with low positional variability (4 dof).

II: Simple Robots (SR): variable but limited sequence non-servo manipulators with low positional variability (4 dof).

III: Medium Technology Robots (MTR): fully programmable servo controlled manipulators with low positional variability (4 dof).

IV: High Technology Robots (HTR): fully programmable servo controlled manipulators with high positional variability (5 dof).

Pick-and-place devices, according to Table 3.3, were by far the most popular before 1973, but then suffered a relative decline. Some of these devices had more than four degrees of freedom, but this sign- seems to have disappeared from the market. Pick-and-place devices have PTP control, and are mostly pneumatically actuated. They can achieve high levels of accuracy (±0.5mm) and speed (1000mm/sec) when positioning is done with fixed mechanical stops (they have a certain degree of adjustment of position). Programming is simply a matter of mechanically setting the stops.

Simple robots have maintained their share, but become unpopularized in the low rather than the high positional variability range. Although they make use of mechanical stops, they have a fixed deal of versatility, given several

TABLA 11

TABLA # 11

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LAS COMPUTADORAS.

Tamaño de la empresa usuaria	Pequeña	Mediana	Grande	Muy Grande
Demanda	Baja	Media		Alta
Escala de Producción anual (Unidades)	<100	100-2000		500-5000
Precio (dólares)	300-20 000	15 000-200 000		200 000
Longitud de Palabra (bits)	4 - 16	16 - 32		32
Capacidad máxima de memoria central (Bytes)	64K	64K-4M		4M

TABLA 12

TABLA 12

CARACTERISTICAS DE LAS DIFERENTES CATEGORIAS DE SISTEMAS ELECTRONICOS PARA EL PROCESAMIENTO DE INFORMACION (ELABORADO DE WARMAN 1981 y SPFI 1981a)

6

MICROCOMPUTADORAS

1. - Mercado
   - + Pequeña y mediana institución.
   - + Demanda alta.
2. - Proceso
   - + Escala de producción entre 500 a 5000 Unidades anuales (con excepción de Apple y Radio Shack que fabrican cientos de miles).
3. - Producto
   - + Precio de venta en E. U. de 300 a 20, 000 dólares
   - + La longitud de palabra entre 4 y 16 bits
   - + Capacidad máxima de memoria central de 64 Kbytes

MINICOMPUTADORAS

1. - Mercado
   - + Grande y mediana institución
   - + Demanda media
2. - Proceso
   - + Escala de producción menores a las 2000 unidades anuales
3. - Producto
   - + Precio de venta en E. U. para el módulo principal de 15, 000 a 200, 000 dólares.
   - + Longitud de palabra entre 16 y 32 bits.
   - + Capacidad de memoria central de 64 K bytes a 4M bytes.

MACROCOMPUTADORAS

1. - Mercado
   - + Instituciones muy grandes
   - + Demanda muy baja
   - + Escalas de producción muy bajas
3. - Producto
   - + Precio de venta en E. U. para el módulo principal superior a los 200, 000 dólares
   - + Longitud de palabra mayor a los 32 bits
   - + Capacidad de memoria superior a los 4M bytes.

TABLA 13

Tabla 2.1

CRITERIOS CLAVES PARA CATEGORIZAR LA BIOTECNOLOGIA
(Analisis morfológico)

CRITERIO	Alternativas		
EDAD	Tradicional	Moderna	
CONTENIDO CIENTIFICO	Elemental	Avanzado	
CONTENIDO TECNOLOGICO	Elemental	Avanzado	
TIPO DE PROCESO	Fermentación	Enzimático	
TIPO DE BIEN O SERVICIO	Bien intermedio	Bien de consumo	Servicio
TIPO DE PRODUCTO	Alimentos, Farmacéuticos, Químicos, Energéticos, Agroquímicos, Otros		
ORIGEN DEL MICROORGANISMO	Transformado	Natural	

(2)

TABLA 14

Tabla 2.3

CATEGORIZACION DE LA BIOTECNOLOGIA

	CRITERIOS
BIOTECNOLOGIA TRADICIONAL (16 subcategorías)	Antigua
	Elemental
	Elemental y avanzada
	Fermentación y enzimático
	Bien intermedio y bien de consumo
	Alimentos, Químicos
	Natural
BIOTECNOLOGIA ACTUAL (60 subcategorías)	Moderna
	Elemental y avanzado
	Avanzado
	Fermentación y enzimático
	Bien intermedio, de consumo y servicios
	Alimentos, Químicos, Químico-Farmacéuticos, Contaminación, Agroquímicos.
	Natural
BIOTECNOLOGIA APROPIADA (6 subcategorías)	Moderna
	Elemental
	Elemental
	Fermentación
	Bien de consumo y servicio
	Alimentos, Energéticos y Agroquímicos
	Natural
NUEVA BIOTECNOLOGIA (36 subcategorías)	Moderna
	Avanzado
	Avanzado
	Fermentación y enzimático
	Bien intermedio, de consumo y servicio
	Alimentos, Químico, Químico-Farmacéuticos, Contaminación, Agroquímicos y otros.
	Transformado

Figure 7.1 - The Structure of a Model of Robot Advancement

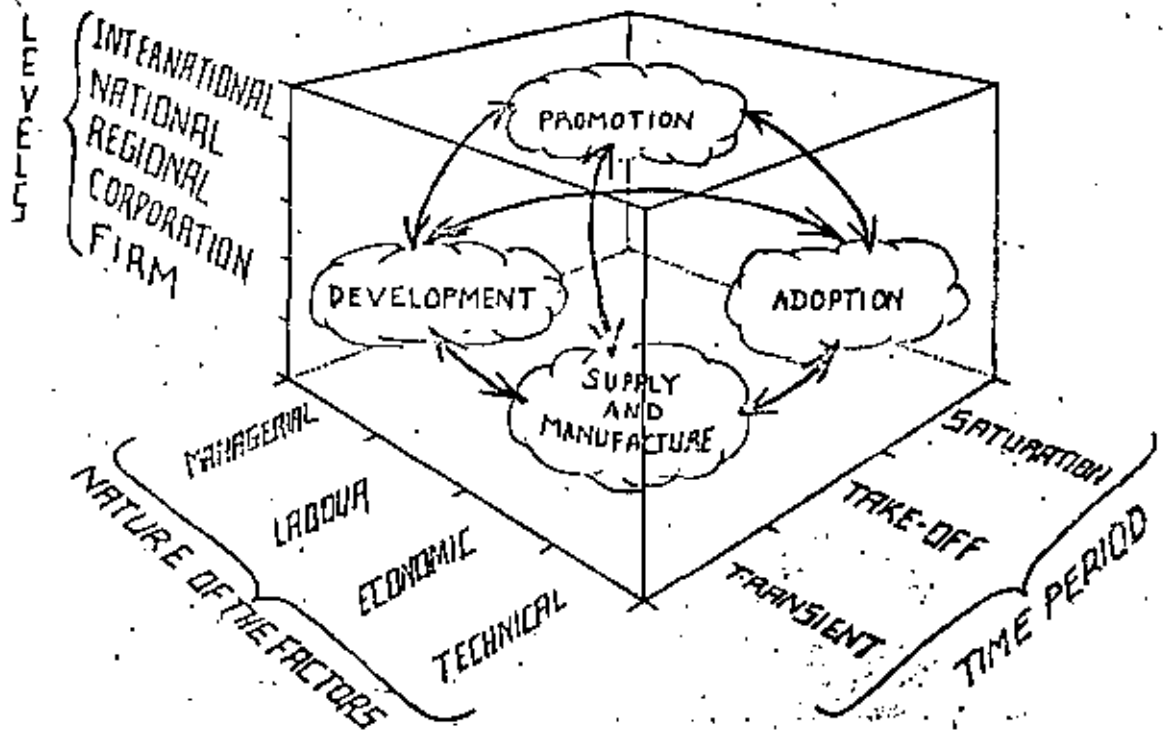
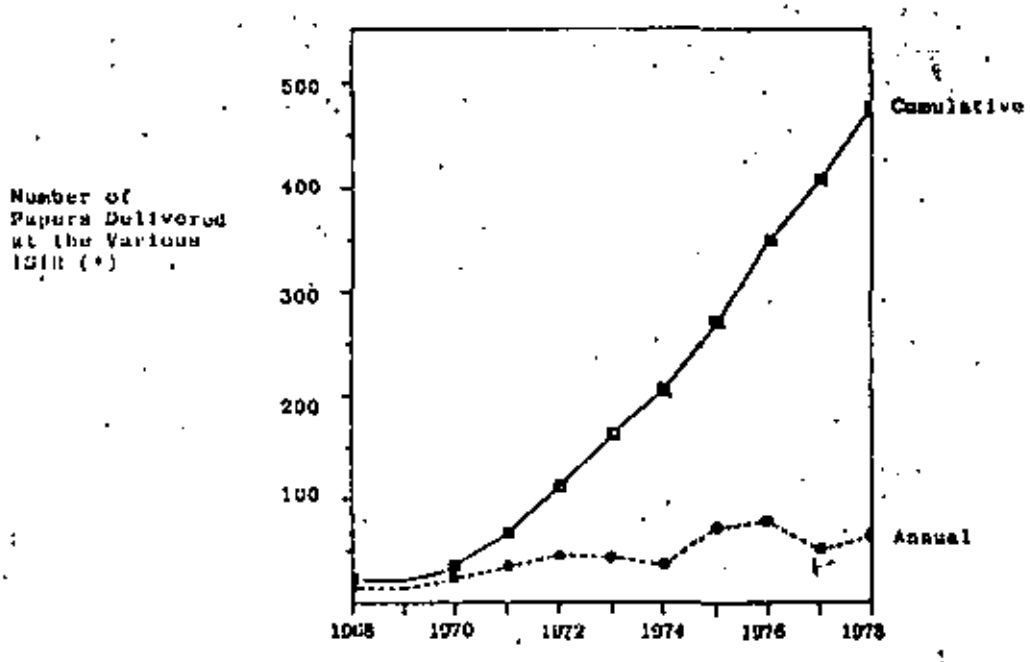


Figure 8.1 - Growth in the Development Activities in Industrial Robots Worldwide (Estimated from the Contributions to International Symposia)



* ISIR papers represent activity started two years before the symposia are held

Figure 8.1 - International Development Activity in Industrial Robots (Estimated from the Contributions to International Symposia)

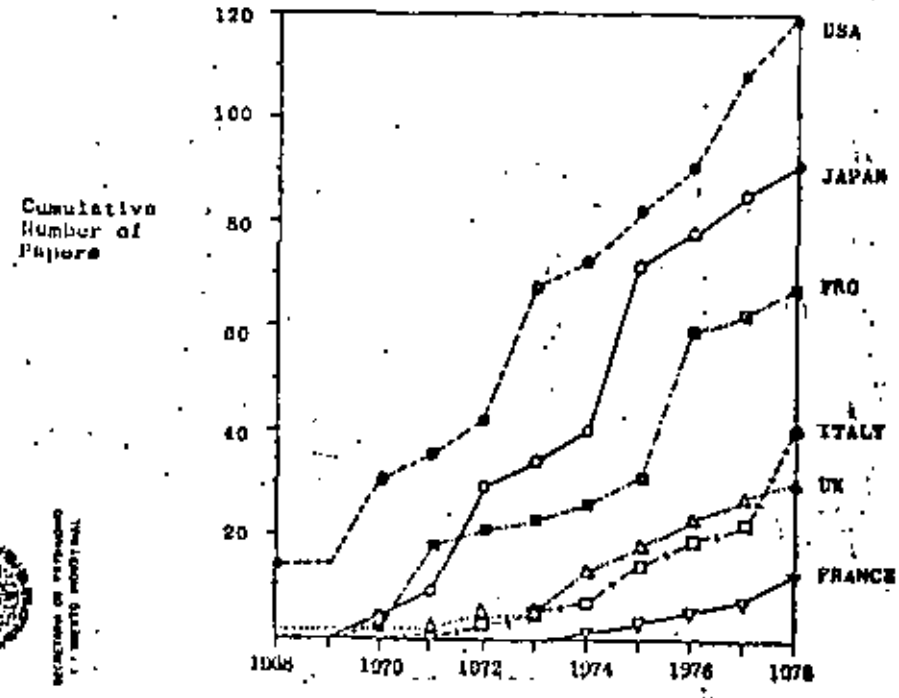


Figure 8.4 - International Activity in the Improvement of Robot Technology (Estimated from the Contributions to Papers on Research, Experimental Development and Innovation at the International Symposia)

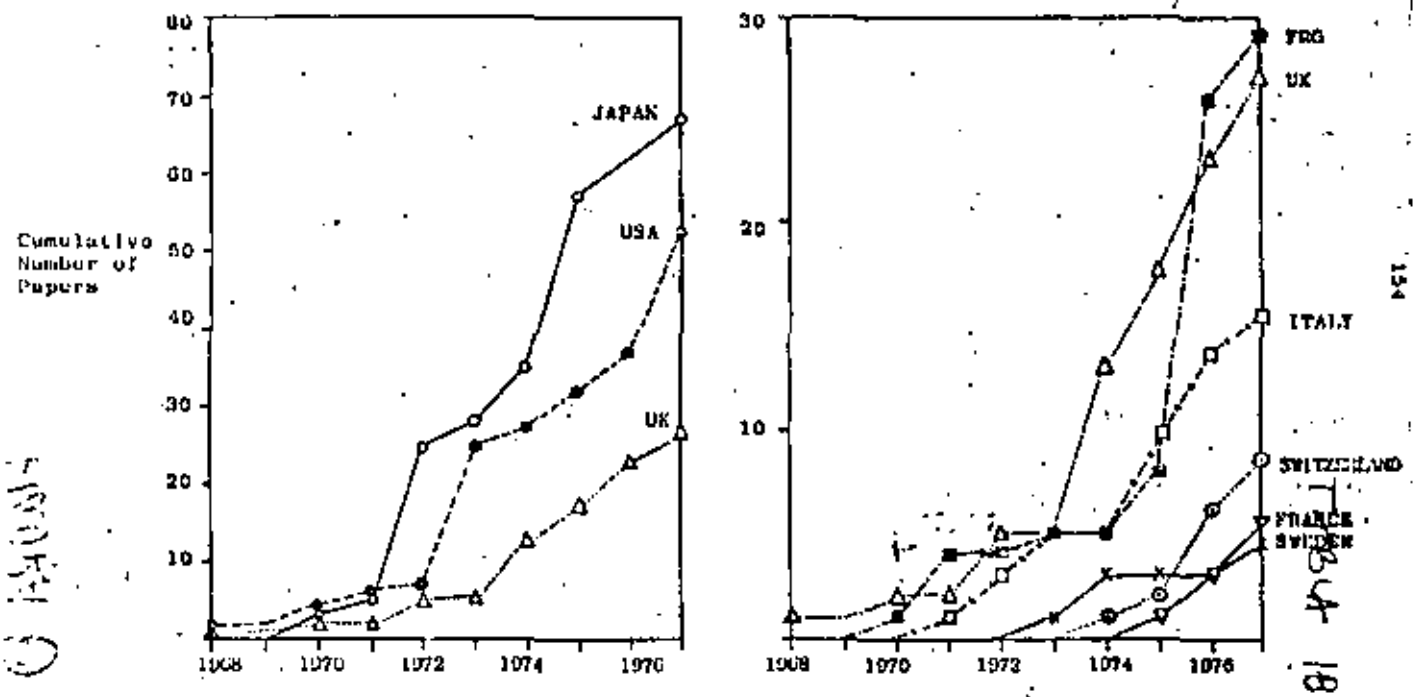


Figure A2.4 - Distribution of the Topics of Experimental Development Papers

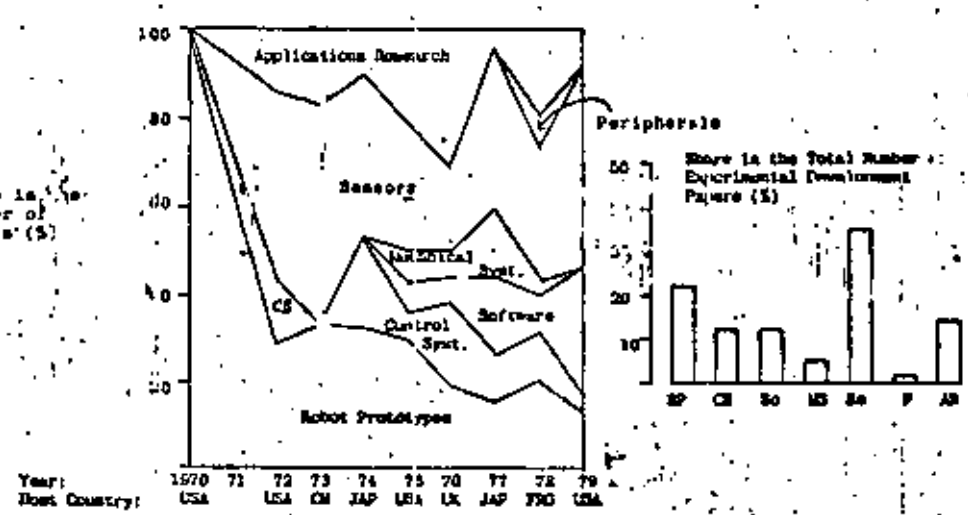


Figure 0.6 - Approximate Growth in the Nominal Manufacturing Capacity of Various Robot Firms (see Appendix 0)

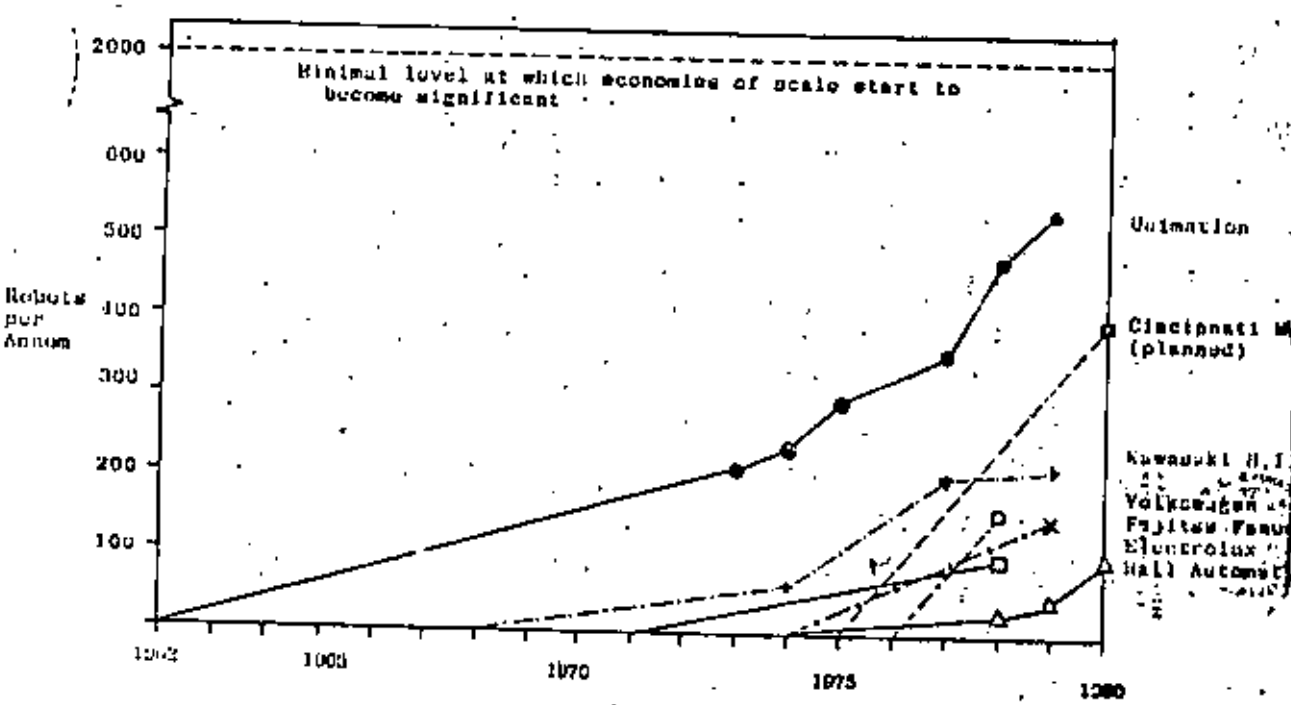


Figure 8.5 - Approximate Growth in the Number of Firms and Models Worldwide (See Appendix 0)

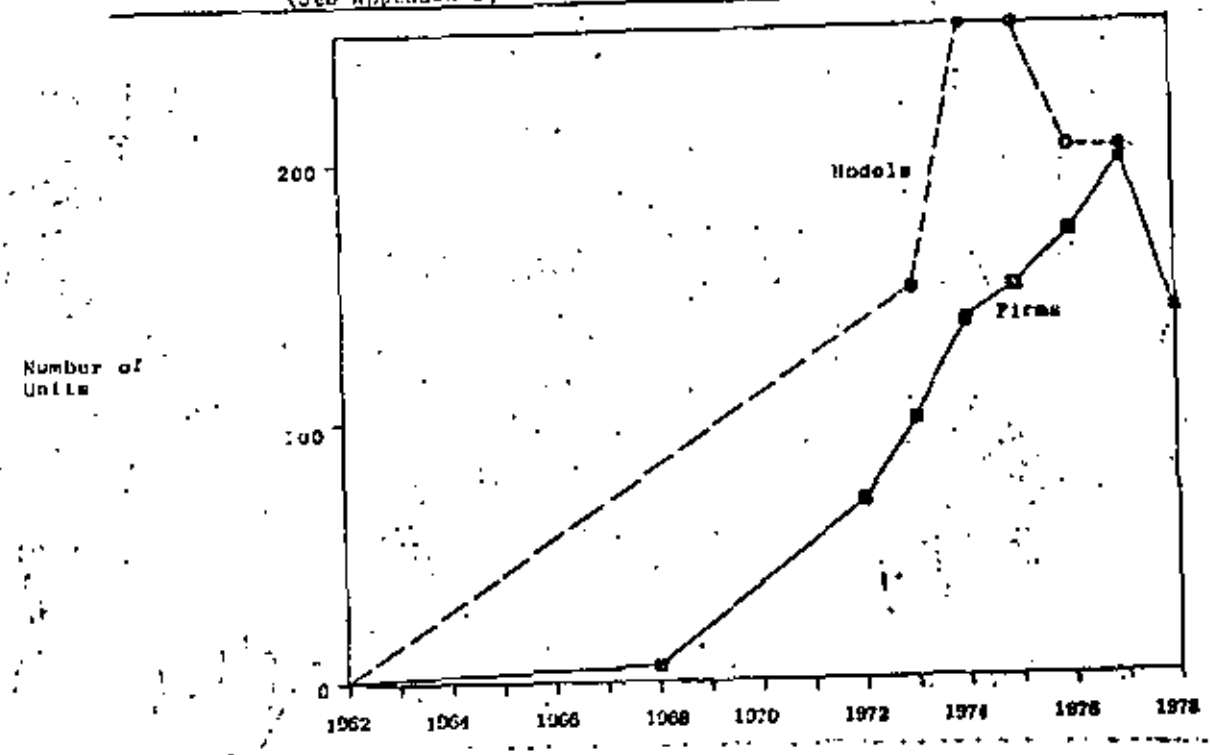


TABLA 21

Figure 8.8 - The International Diffusion of Industrial Robots (Excluding PPP's, Averages from Table A7.4)

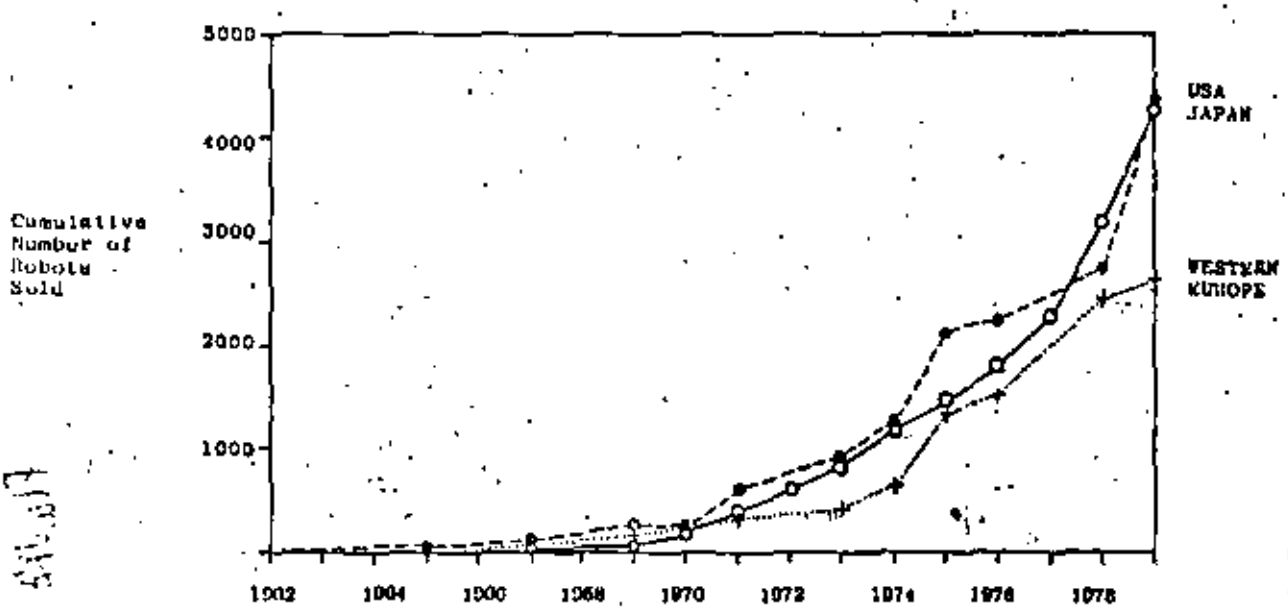
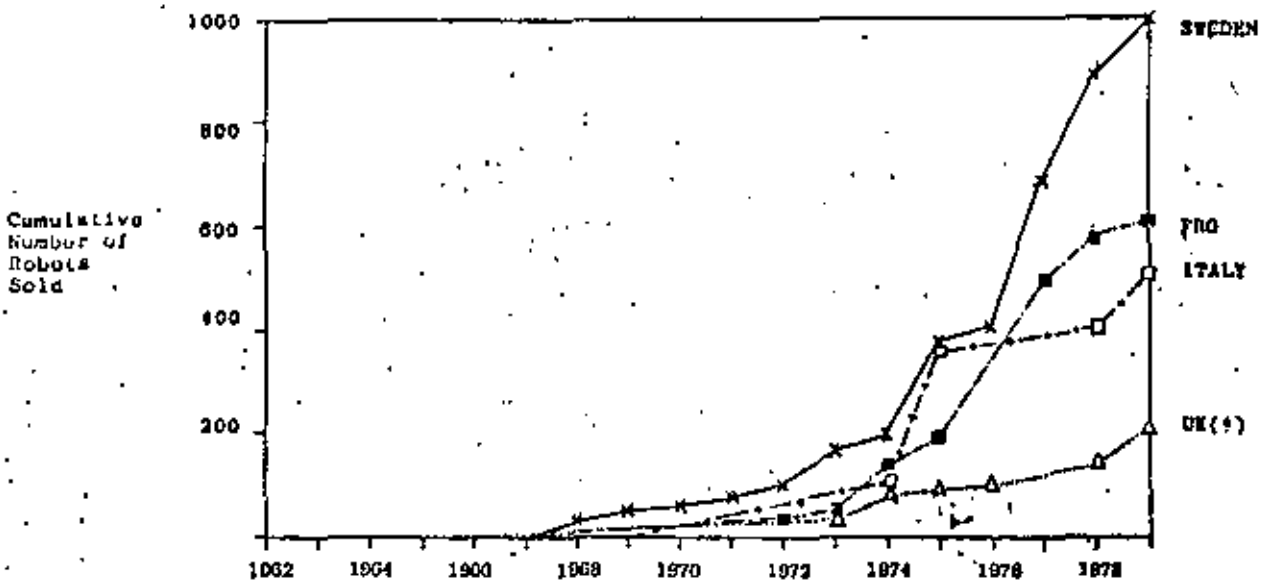


TABLA 22

Figure 6.9 - The Diffusion of Robots in Western Europe (Excluding PPD's. Averages from Table A7.4)



*France is not shown for the purpose of clarity. The situation there, was similar to the UK, despite its late start.

TABLA 23

ANEXO 8 : NIVELES DE GASTO EN INVESTIGACION Y DESARROLLO EN LA INDUSTRIA DE COMPUTADORAS EN ESTADOS UNIDOS (BUSINESS WEEK 1981, p. 47)

COMPANY	1980 millons of dollars	Percent change from 1979	Percent of sales	Percent of profits	Dollars annual change (176-80)
Amdahl	62.5	49.2	15.8	410.4	15,534
Apple Computer	7.3	102.2	6.2	62.3	7,074
Burroughs	193.8	14.4	6.8	236.4	3,382
Computer Automation	7.6	9.1	9.4	165.3	5,085
Control Data	182.8	22.4	6.6	123.7	3,733
Cray Research	8.8	47.7	14.5	80.9	11,591
Data General	65.6	29.7	10.0	120.0	4,358
Digital Equipment	186.4	34.8	7.9	74.6	3,389
Electronic Associates	1.1	29.1	2.5	61.7	1,260
Floating Point Systems	4.6	16.0	10.9	108.6	5,648
General Automation	8.5	6.1	6.7	-56.2	4,141
Hewlett Packard	272.0	33.3	8.8	101.1	4,772
Honeywell	295.4	25.9	6.0	105.2	3,039
Intl. Business Machines	1,520.0	11.8	5.8	42.7	4,454
Management Assistance	10.7	61.1	3.5	76.2	2,039
Modular Computer Systems	6.8	23.6	8.4	172.6	4,619
NCR	201.0	17.5	6.1	78.9	2,956
Prime Computer	20.4	69.0	7.6	65.3	5,084
Sperry	336.5	20.3	6.2	107.5	3,608
Tandem Computers	8.8	88.8	8.1	82.2	6,335
INDUSTRY COMPOSITE	3,400.6	19.0	6.4	64.1	3,979

TABLA

TABLA 26

(13)

ANEXO 4: EL MERCADO DE SISTEMAS DE USO GENERAL EN E.U. (ELABORADO DE SPFI 1981 (b))

	MERCADO (MILLONES DE DOLARES)			CRECIMIENTO ANUAL %	
	1979	1981	1984	79-81	81-84
SISTEMAS DE USO GENERAL	26,638	35,952	59,522	18	23
MICROCOMPUTADORAS	2,325	3,677	7,350	29	33
MINICOMPUTADORAS	3,360	4,289	6,025	14	14
MACROCOMPUTADORAS	6,863	8,223	12,506	10	17
PERIFERICOS (TERMINALES)	1,811	2,776	5,507	27	33
TOTAL	28,449	38,728	64,829	18	23

TABLA 25

ANEXO 5: DISTRIBUCION APROXIMADA DEL MERCADO MUNDIAL DE SISTEMAS DE USO GENERAL (WARMAN 1981, p 10)

COMPAÑIA	PORCENTAJE DEL MERCADO MUNDIAL
I B M	48
Burroughs	6
Sperry Rand (UNIVAC)	5
N C R	6
Control Data (CDC)	6
Digital Equipment (PDP)	5
Honeywell	4
Subtotal " 7 grandes U. S. "	80
Fujitsu	2
CII - HB	2
Hitachi	2
Siemens	1
Nippon Electric	1
Nixdorf	1
ICL	1
Subtotal " 7 grandes NO U.S. "	10
Hewlett Packard	3
Data General (NOVA)	1
Texas Instruments	1

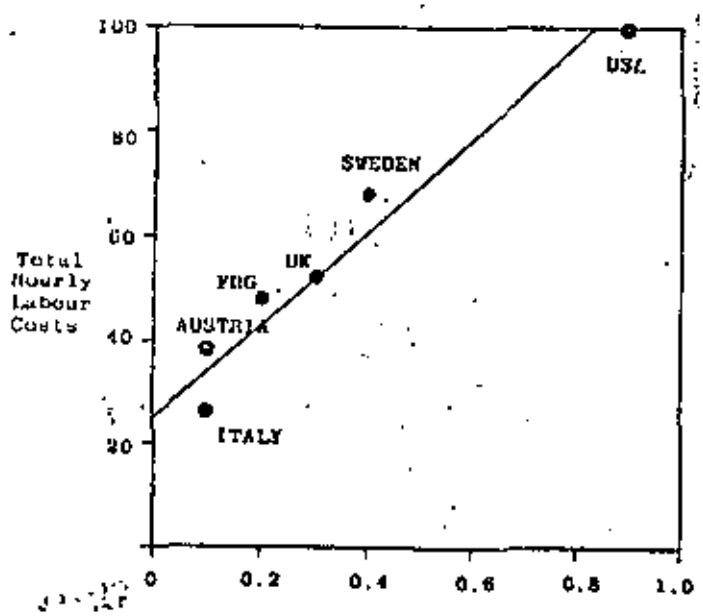
ANEXO 7: EL MERCADO DE SISTEMAS DE USO GENERAL EN MEXICO.

	MERCADO (MILLONES DE DOLARES)			CRECIMIENTO ANUAL (%)	
	1979	1981	1982	79-81	81-82
SISTEMAS DE USO GENERAL	91	143	181	29	27
MICROS	12	20	30	33	50
MINIS	52	89	112	36	2
MAXROS	27	34	39	13	15
PERIFERICOS	45	70	86	28	23
TRANSMISION DE DATOS	11	16	18	23	13
OTROS	34	54	68	29	26
TOTAL	136	213	267	28	25

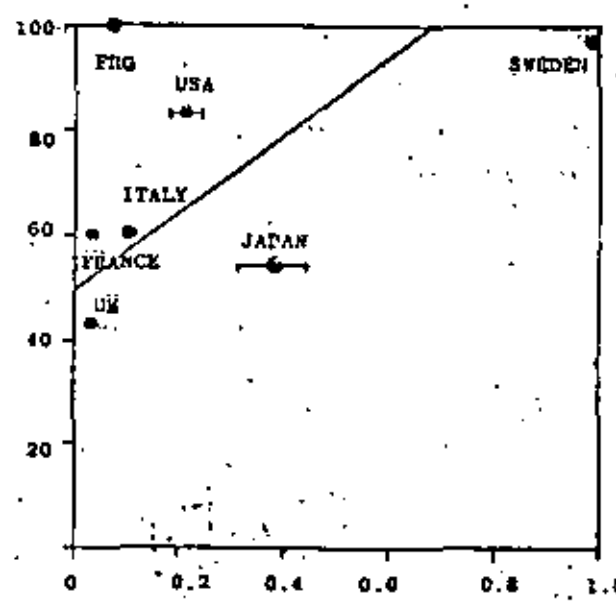
A) En 1981 se vendieron 200 MICROS, registrando un crecimiento del 33% (Cross 1981, p 25); a un precio promedio de 10,000 dólares este mercado equivale a 20 millones de dólares. Para 1982 Northen Telecom (1979, p 3) estima un mercado de 30 millones de dólares.

B) Las demás cifras fueron estimadas de Northern Telecom (1979, p 5).

Figure 6.11 - The Relation Between Labour Costs and the Level of Diffusion of NC Machine Tools and Robots in Manufacturing Industry (about 18 years after their introduction into the market)



Number of NC machines per 1000 employees in manufacturing industry by 1969 (from Gebhardt and Hatzold 1974, p40)



Number of industrial robots per 1000 employees in manufacturing industry by 1979 (from table 6.3 and data in the Economist 1978, p91)

TABLA 29

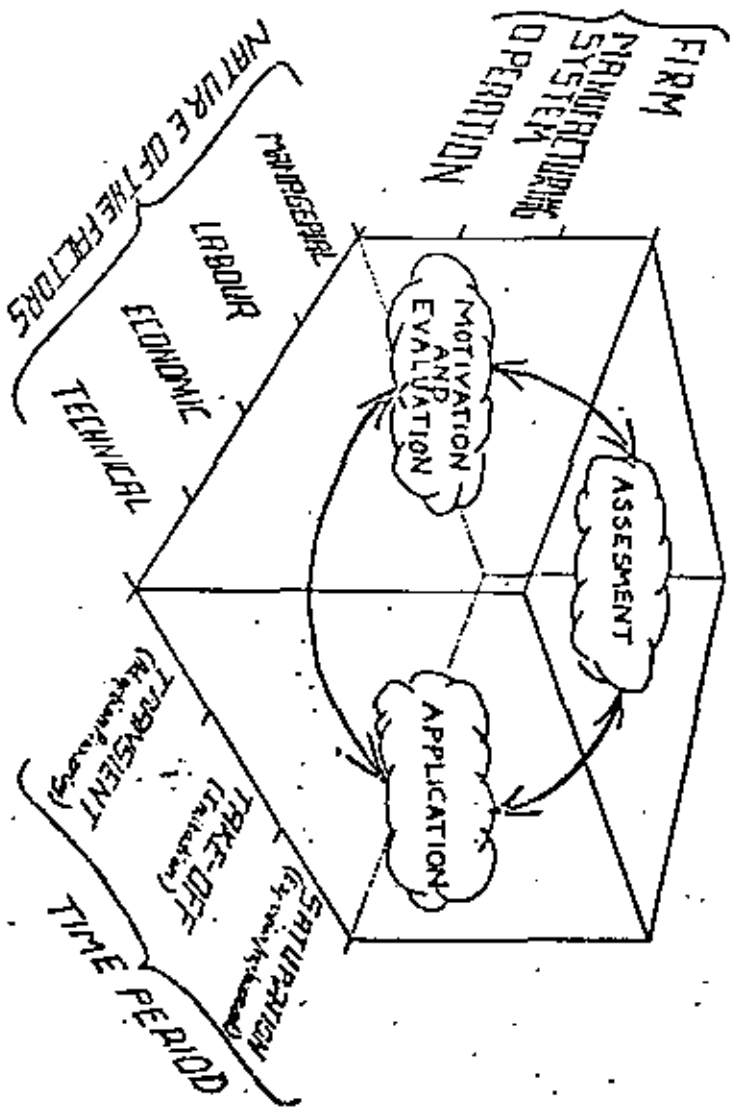


Figure 7.2 - The Structure of a Model of Robot Adoption

(15)

TABLA 30

Figure 7.9 - Main Clusters of Interacting Factors Controlling Adoption Pioneering