

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUÍMICA

## "MODELO DE LA PLANEACION DE LA OFERTA DE PRODUCTOS PETROQUÍMICOS Y GAS NATURAL".

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO QUÍMICO**  
P R E S E N T A :  
**FRANCISCO JAVIER CHAVEZ SEVILLA**

México, D. F.

1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## I N D I C E

- I.- INTRODUCCION
- II.- ANTECEDENTES SOBRE LA MODELACION DE LA INDUSTRIA  
PETROQUIMICA.
- III.- MODELO
- IV.- ANEXO I ( ECUACIONES )
- V.- ANEXO II ( DATOS )
- VI.- RESULTADOS
- VII.- RESULTADOS INDIRECTOS DEL MODELO
- VIII.- CONCLUSIONES
- IX.- BIBLIOGRAFIA



## I N T R O D U C C I O N

El Programa Nacional de Energía 1984-88, establece para la Industria petroquímica (IPQ) un rol estratégico, en virtud de que los hidrocarburos son la base y el punto de partida de ésta. Tomando en cuenta que la elaboración de los productos que se obtienen de la primera transformación química (IPQ básica) pertenece al Estado, la política energética está entonces ligada directamente a la planificación de esta Industria. Al mismo tiempo, esta planificación se basa en las siguientes transformaciones químicas y representa una interfase entre los requerimientos de energía secundaria y aquéllos de las materias primas para la elaboración de productos finales como los plásticos, las fibras sintéticas, los cauchos sintéticos, los fertilizantes nitrogenados, etc., que son a su vez, la fuerza motriz de diversas industrias manufactureras. Estas son las razones por las que la planificación de la IPQ debe llevarse a cabo a través de la Teoría de Sistemas, buscando su cambio estructural.

La presente tesis forma parte de un sistema de tres modelos de optimización que simulan diversas estrategias de desarrollo, de la producción primaria y la transformación industrial ( refinación y petroquímica básica ) de Petróleos Mexicanos ( ver referencia 9 ).

### SISTEMA DE MODELOS DE LA PRODUCCION PRIMARIA Y LA TRANSFORMACION INDUSTRIAL DE LOS HIDROCARBUROS

Para poder explicar el objetivo del modelo que se construyó en la presente tesis; se presenta a continuación el resumen de descripción y objetivos de este sistema de modelos.

En la figura 1 se presenta la estructura de un sistema de tres modelos dinámicos de optimización-subsistemas-que simulan diversas estrategias de desarrollo de la producción primaria y la transformación industrial de PEMEX dentro de un horizonte de planeación predeterminado. Cada uno

de estos modelos se ha construído, y puede operarse, en forma independiente -descentralizada- pues cada uno de ellos posee una función objetivo -particular.

Estos modelos de oferta, son modelos de optimización que simulan el crecimiento de ambos subsectores en el futuro, con un horizonte de planeación finito de 6 periodos de 3 años cada uno. A través de ellos se seleccionan diferentes planes de futuras instalaciones: extracción de petróleo y gas natural, tratamiento de este último, refinación y petroquímica básica.

De acuerdo a diferentes planes estratégicos se busca satisfacer la demanda nacional de productos petroleros y petroquímicos básicos. Dichos planes tienen asociado un costo global - de inversión y operación - cuyo valor presente sea mínimo.

En el balance entre oferta y demanda, se han incluido las posibles importaciones y exportaciones tanto de los refinados y petroquímicos, como de los insumos básicos: crudo y gas natural.

Los modelos se han construído con base en tres módulos básicos: El primero corresponde a la extracción y refinación de petróleo incluyendo como alternativa su maquila en refinerías del extranjero, a este módulo debe alimentársele una función de producción de crudo que conceptualmente es no lineal y que muestra costos marginales crecientes. Asimismo, al finalizar el horizonte de planeación se exige que la relación reservas/producción sea superior a un cierto criterio.

El segundo corresponde al procesamiento de gas natural y la producción de petroquímicos básicos, cuya característica más importante es que maneja el concepto de periodo de construcción y periodo de operación.

El tercero es una realidad, un evaluador de alternativas estratégicas en el que se ha estructurado la posibilidad de obtener, a partir de volúmenes -predeterminados de crudo, productos petroquímicos. Este modelo representa una alternativa para diversificación tecnológica, de mercado y de adición de valor agregado, a la exportación de crudo.

En los tres módulos existen dos tipos de decisiones asociadas: niveles de operación de las plantas y niveles de expansión de las capacidades de producción, estos últimos están tratados considerando economías de escala e indivisibilidades. En cada período del horizonte de planeación, se realizan balances de materia a través de diferentes relaciones de insumo-producto.

Estos modelos de oferta podrán utilizarse para simular diversas estrategias de desarrollo de Pemex, tales como:

- 1) Diferentes extracciones de crudo y gas natural, de acuerdo a un monto dado de recursos de hidrocarburos (reservas probadas y probables).
- 2) Diferentes políticas de operación de las refinerías (actuales y futuras) proporcionándole rangos de rendimiento de productos petrolíferos.
- 3) Diferentes límites a la exportación de crudo y gas natural y, por lo tanto, de ingresos en divisas.
- 4) Diferentes demandas de productos petroleros y petroquímicos, con el fin de determinar las variantes de crecimiento de PEMEX en relación con las necesidades energéticas del país.
- 5) Diferentes políticas de diversificación tecnológica.

Una vez definidas las alternativas estratégicas, las alternativas tácticas resultan del conjunto de decisiones modeladas que determinan la estructura total del sistema en cada período del horizonte de planeación.

Desde el punto de vista de la función de planeación integral, la solución consistirá, entonces, en obtener la alternativa táctica óptima para la selección de una estrategia determinada, para luego evaluarla a la luz del sistema económico nacional.

Ya que estos modelos responden al crecimiento de la demanda de productos petrolíferos y petroquímicos básicos, fue necesario implantar algunos modelos de pronósticos que proporcionasen las demandas futuras de dichos productos, de acuerdo a una serie de variables exógenas.

Esta tesis se refiere al segundo de los modelos descritos anteriormente, en donde se pretende simular el comportamiento de la IPQ básica tratando de elegir de entre diferentes alternativas de plantas de tratamiento de gas natural asociado y no asociado y de elaboración de productos petroquímicos básicos a manera de satisfacer las necesidades de la IPQ secundaria y final. En el balance entre oferta y demanda se considera el comercio exterior de productos petroquímicos y de los recursos primarios para su elaboración: Naftas (provenientes de la refinación del crudo), y gas natural húmedo.

Un objetivo indirecto del modelo que se presenta, es el de relacionar la política energética en materia de hidrocarburos con la política industrial. Así, el modelo fue utilizado también para evaluar diversas estrategias de desarrollo de la IPQ en su conjunto; para ello, se debió tomar en cuenta una metodología que permitiera establecer las demandas de petroquímicos básicos a través de las llamadas cadenas tecnológicas de producción, que parten de los productos finales hasta básicos, pasando por los intermedios, cuyas producciones corresponden a diversas estrategias que fueron concebidas para la IPQ: La total autarquía y/o la especialización petroquímica, donde las rutas de producción de los productos son la variable más importante a optimizar, en el marco de las relaciones beneficio/costo integrales.

# SISTEMA DE MODELOS DE SIMULACION DE LA INDUSTRIA PETROQUIMICA Y PETROLERA

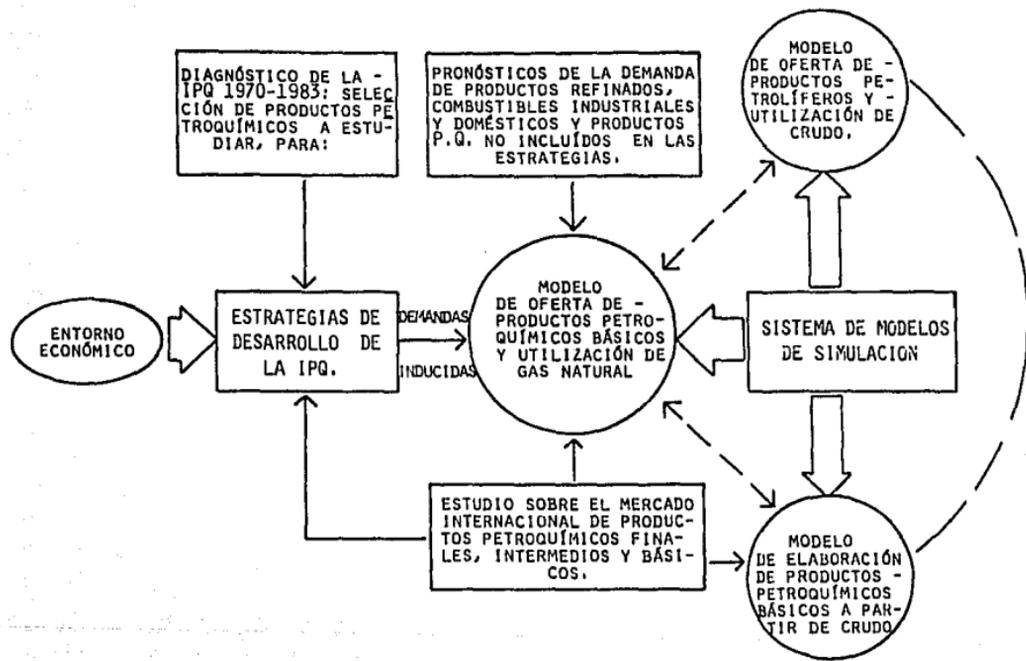
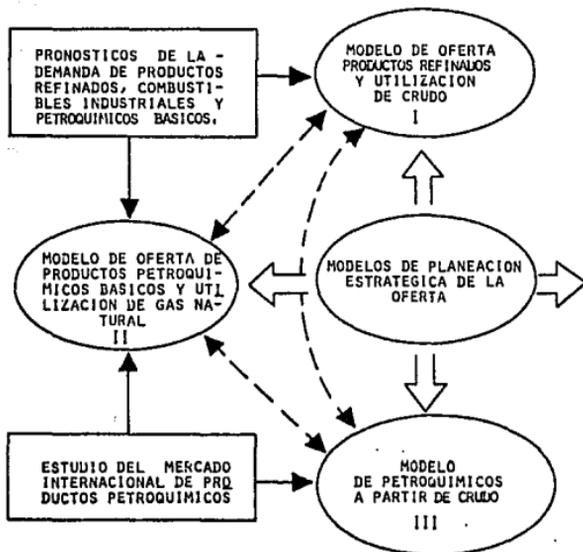


FIGURA 1

MODELOS DE OFERTA DE REFINACION Y PETROQUIMICA BASICA



- SON MODELOS DE OPTIMIZACION QUE SIMULAN SU CRECIMIENTO EN UN H.P. DE 6 PERIODOS DE 3 AÑOS C/U.
- SELECCIONAN FUTURAS INSTALACIONES: PROCESAMIENTO Y TRATAMIENTO DE GAS NATURAL, REFINACION Y P.Q. BASICA.
- BUSCAN SATISFACER LA DEMANDA DE PRODUCTOS PETROLIFEROS Y PETROQUIMICOS BASICOS, ASOCIANDOSELES, ADEMÁS, LA POSIBILIDAD DE IMPORTACION Y EXPORTACION DE ESTOS, INCLUYENDO LA EXPORTACION DE CRUDO (I Y II) O ELIGIENDO UNO O LA COMBINACION DE VARIOS ESQUEMAS TECNOLOGICOS PARA PRODUCIR P.Q.'S A PARTIR DE CRUDO COMO ALTERNATIVA A DIVERSIFICAR MERCADOS Y DE ADICION DE V.A.
- RESPONDEN A LA DEMANDA - EXOGENA A LOS MODELOS - Y SU FUNCION OBJETIVO CONSISTE EN OBTENER UN COSTO TOTAL CUYO VALOR PRESENTE SEA MINIMO (I Y II) Y DE OBTENER UN BENEFICIO TOTAL CUYO VALOR PRESENTE SEA MAXIMO. (III).

EN LOS 3 MODULOS EXISTEN 2 TIPOS DE DECISIONES QUE SE CUANTIFICAN:

- LOS NIVELES DE OPERACION DE LAS PLANTAS.
  - LOS NIVELES DE EXPANSION DE LAS CAPACIDADES DE PRODUCCION, CONSIDERANDO ECONOMIAS DE ESCALA E INDIVISIBILIDADES.
  - PROPORCIONAN LAS CANTIDADES DE RECURSOS DE HIDROCARBUROS NECESARIOS PARA LA OPERACION DEL SISTEMA, SUJETAS A RESTRICCIONES SOBRE LAS CAPACIDADES DE EXTRACCION Y LAS RESERVAS, UTILIZANDO UNA FUNCION DE PRODUCCION - CON COSTOS MARGINALES CRECIENTES EN EL USO DE LOS HIDROCARBUROS
- EN CADA PERIODO DEL H.P. SE REALIZAN BALANQUES DE MATERIALES A TRAVES DE LAS RELACIONES DE INSUMO - PRODUCTO QUE LE SON INHERENTES, DESDE LA EXPLOTACION DE CRUDO Y GAS NATURAL HASTA LA OBTENCION DE PETROLIFEROS Y PETROQUIMICOS BASICOS.

FIGURA 1 (Cont.)



ANTECEDENTES SOBRE LA MODELACION DE LA INDUSTRIA  
PETROQUIMICA

---

Los antecedentes de la modelación de la industria petroquímica han merecido en la literatura especializada una larga trayectoria de análisis y esfuerzos que sería muy largo de enumerar en este capítulo.

Los esfuerzos se han dirigido tanto a pequeñas partes de esta industria, por ejemplo; la de fertilizantes, como al análisis global de la industria en su conjunto, en diferentes países y regiones.

Las referencias que en particular se examinaron para esta tesis tuvieron como prioridad la similitud entre sus y nuestros objetivos. La explicación que se proporciona a continuación de cada uno de ellos es breve pero suficiente para los propósitos que se persiguen en este capítulo.

La comparación de los objetivos, técnicas de resolución y los resultados cualitativos encontrados en estos trabajos, fueron de mucha utilidad para poder centrar los nuestros y tratar de sacar ventaja de las diferentes -- técnicas y formas de modelación para cubrir más modestamente el desarrollo del que aquí se presenta.

Los números entre paréntesis se refieren a la bibliografía consultada y se encuentra al final de esta tesis.

1.- Modelo de desarrollo de la industria de derivados del etileno. (1)

Este, es un modelo dinámico y puntual que describe el desarrollo de la industria de derivados del etileno. La estructura algebraica del modelo es general y permite manejar cualquier número de productos e interrelaciones entre ellos; permite también, incluir como parte del problema de decisión, la selección de diversas tecnologías para obtener - algún producto.

El problema combinatorio resultante de tener que escoger entre numerosos productos, fechas de instalación y capacidades, se plantea como un modelo de programación mixta, en el que, mediante variables binarias, se simula la decisión de producir o no cada producto.

2.- Chemical processes, plant location, and economies of scale. ( 2 )

Este modelo representa un ejemplo de un análisis de proceso aplicado a la industria química, se trata específicamente de la localización de una planta de fertilizantes en Latinoamérica. Está formulado en programación lineal y los datos empleados son supuestos.

Este estudio esta ligado a otros tres relativos a la localización de Plantas en la Industria Química, Isard y Schooler (1955), Isard, Shcooler y Viotoriza (1959) y Viotorisz y Szabo (1959).

Se realiza un estudio tomando en cuenta a las economías de escala, lo cual hace más exacta la comparación entre una región y otra, se examinan aspectos tales como el transporte.

Los insumos y productos soportan una relación de escala y por lo tanto de proporcionalidad; Se maneja el hecho de que debido a la gran automatización de la Industria Química, existen pocas posibilidades de sustitución de procesos.

3.- Modelling the development of the intermediate chemicals industry. (3)

En este modelo, se plantea el concepto de que a partir de experiencias pasadas se puede tomar o asumir una base para la planeación en el futuro; tomando en consideración a la teoría del desarrollo, podemos hablar de una integración de la economía, tecnología y fuerza - laboral como simulación de la dinámica industrial. Se analizan las adaptaciones a nuevas condiciones, según los avances que se van teniendo.

Existe una gran cantidad de alternativas tecnológicas y gran variedad de insumos lo cual permite un buen rango de flexibilidad en la sustitución de algunos productos por otros para la fabricación de un mismo producto.

4.- Modelación para el desarrollo de la industria de productos químicos intermedios en México. (4)

En este modelo se habla de la necesidad de una nueva teoría que plantee las interrelaciones e interacciones industriales partiendo de enfoques particulares hacia enfoques generales, de tal forma que se de una idea global del todo en un problema tal como lo es la industria petroquímica como parte de un entorno tanto político como económico, y su importancia en lo que la vida diaria de México se refiere.

Si se habla de cambios a corto y a largo plazo, el corto plazo se ataca con metodología de programación lineal, mientras que el largo plazo se analiza desde la perspectiva de modelos econométricos.

5.- Recursive programming models of industrial development and technological change. (5)

En este modelo, se analiza el como en base a experiencias pasadas y datos históricos, se puede modelar, reformulando hacia el futuro. La decisión sobre estos actos o hechos a seguir, se toman en un horizonte de planeación relativamente corto para el proceso económico.

En este caso se tocan dos puntos importantes:

La planeación continua (Goldman) y los roles de planeación (Waterson) que son los que nos dan los patrones óptimos; de hecho, nos dan soluciones óptimas de equilibrio o, rangos máximos de crecimiento, utilización de espacios, etc.

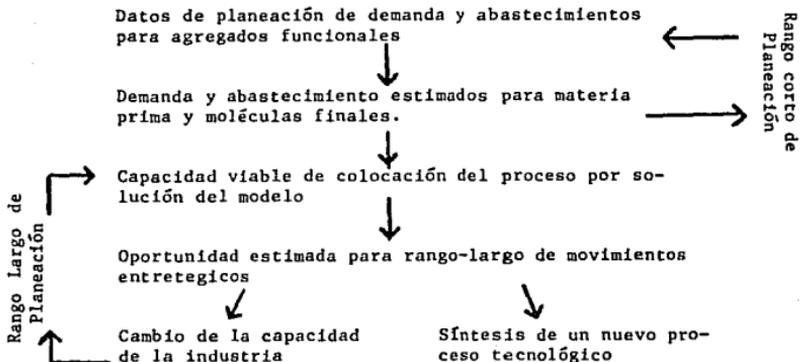
Se trata de la construcción de un modelo positivamente cuantitativo en donde se incorporan estructuras económicas de entrada y salida y una variedad de opciones en procesos de producción.

Gracias al modelo de Leontief (1953), "Modelo dinámico de insumo-productos", se hace posible la relación (interferencia), del futuro o del pasado de un sistema económico enfocado a un punto en el tiempo.

6.- Modelling the long range development of the intermediate chemicals industry. (6)

En este caso nos encontramos un tipo de modelación en donde se pretende simular lo que sucede en el momento en el cuál una molécula de algún producto comercial definido puede ser obtenida por dos o más rutas tecnológicas y diferentes insumos; Se plantea el hecho de que el desarrollo industrial está controlado por fuerzas tecnológicas y económicas.

CUADRO TIPICO DE DESARROLLO DE MODELACION



En el siguiente apartado se analiza el conjunto de modelos integrados de Rudd, cuya filosofía encontró aplicación en México de acuerdo a lo que ya fue expresado en la introducción de la presente Tesis. Es necesario resaltar que a través de la metodología que aparece en el apéndice - el modelo construido, motivo de esta Tesis, fue utilizado para conocer los requerimientos de los insumos básicos de la Petroquímica, es decir crudo y gas natural, necesarios para satisfacer la demanda de productos finales e intermedios acordes con las simulaciones realizadas para c/u de las estrategias ya mencionadas.

## 7.- EVALUACION DE TECNOLOGIAS PETROQUIMICAS (7)

Para la producción de un producto PQ dado, generalmente se dispone de varias tecnologías, cada una de las cuales requiere de diferentes materias primas que además proporcionana subproductos muy variados.

Por lo anterior, cada una de las tecnologías interactúan con la IPQ de una forma distinta, en consecuencia, el problema de la evaluación de las tecnologías debe realizarse tomando a la IPQ como un todo, ya que su estructura puede ser drásticamente alterada en el futuro, debido a la implementación de tales tecnologías.

Ahora resulta evidente que al evaluar los procesos, no solamente deben hacerse estudios económicos y tecnológicos, sino que también deberá evaluarse con precisión los cambios estructurales que tengan lugar por el efecto que provocan los desórdenes originados al implementar un proceso en particular.

Para evaluar los cambios estructurales que se han mencionado, es necesario conceptualizar a la IPQ como un primer paso a realizar. A la IPQ se le puede representar de la siguiente manera:

" La IPQ es un todo al cual entran materias primas desde una fuente exógena limitada (estas materias primas son principalmente productos laterales obtenidos en el sector energético). Dichas materias primas se mueven - a través de una red de procesos PQ que constituyen a la IPQ y son convertidas en productos intermedios y finales; estos productos satisfacen la demanda exógena para fibras, plásticos, elastómeros y varios cientos de productos PQ.

De los estudios que se han realizado para predecir el comportamiento de la IPQ, se pueden extraer las siguientes suposiciones, sobre las cuales se han basado los modelos:

- 1.- La IPQ puede ser visualizada y representada como una red de procesos químicos.
- 2.- Los procesos involucran cambios químicos y/o físicos, los cuales quedan definidos por los flujos de materiales que les son específicos. Cada proceso se puede concebir como un elemento dentro de un catálogo tecnológico.

- 3.- Las interacciones de los materiales entre los procesos son lineales. Entonces, la red de procesamiento puede ser representada como una matriz lineal de entrada/salida.
- 4.- Existe un medio ambiente específico de oferta/demanda y limitaciones en las capacidades de procesamiento.

En todos los modelos se ha supuesto que todas las industrias procuran utilizar sus recursos disponibles de una manera óptima.

Lo que diferencia a los modelos entre sí, es la manera de percibir la optimalidad de la solución.

#### MODELO ECONOMICO I.

El modelo económico de la industria de los Estados Unidos incluye 182 procesos involucrados en la transformación de 131 productos químicos intermedios y materias primas. Dentro de los límites de capacidades de proceso - especificados ( $B_j$ ) y las restricciones de suministro de materias primas. ( $S_i$ ), la función objetivo explora los procesos para operarlos a niveles  $X_j$ , tales que las demandas  $D_i$  de los productos, sean satisfechas a un costo de producción total mínimo para la industria. El costo de producción para la industria se define como:

$$\text{costo de producción} = \sum_{i=1}^n P_i F_i + \sum_{j=1}^m C_j X_j + \sum_{i=1}^n (Q_i - D_i) (P_i - H_i)$$

en donde  $C_j$  es el costo total de producción para el proceso  $j$ ,  $P_i$  y  $H_i$  son los precios de compra y valores energéticos para el petroquímico  $i$ , respectivamente. El término  $C_j$  está compuesto de costos de materias primas  $M_j$ , costo de servicios  $U_j$ , costos relacionados con la mano de obra -  $L_j$  y un costo relacionado con la inversión  $I_j$ . Los productos laterales son valuados como créditos y están incluidos en el costo de las materias primas. Se incluye un elemento de retorno de la inversión en el costo relacionado con la inversión. El término  $P_i F_i$  representa el costo de las materias primas y el término  $(Q_i - D_i) (P_i - H_i)$  representa un término de corrección para los productos químicos sobrantes; ésto es, cualquier producto sobrante  $Q_i - D_i$  resultante del modelo de la red solo tendrá valor energético en lugar de químico.

## MODELO INTEGRADO II

En los Estados Unidos, los precios de los productos químicos intermedios en el mercado son el principal factor de decisión para la selección de proyectos y el Modelo I provee para esto explícitamente al incluir estimados y proyecciones de precios. Se reconoce que los precios de los productos intermedios reflejan la oferta y la demanda para los productos y que la oferta y la demanda reflejan la amplia capacidad industrial existente. En el modelo II - se elimina el uso de las proyecciones de precios para productos intermedios al suponer que la industria PQ dentro del modelo, está completamente integrada. Los costos de producción totales integrados son:

$$\text{Costo total de producción} = \sum_{i=1}^n P_i F_i + \sum_{j=1}^m C_j^* X_j - \sum_{i=1}^n H_i (Q_i - D_i)$$

en donde la simbología es la misma que para el modelo I, excepto que  $C_j^*$  representa los costos de servicios, inversiones y mano de obra relacionada, al mismo tiempo que costos fijos asociados con la porción de materias primas del proceso, tales como catalizadores, aditivos y rellenos. Debido a - que no se asignan precios a los productos intermedios y no se dan créditos por productos laterales, los materiales sobrantes se acreditan solamente - como un valor energético. Este modelo da un panorama interesante de los límites del comportamiento de una industria completamente integrada.

Para probar el modelo I se realizó un estudio basado en la oferta, la demanda y las capacidades de proceso existentes en 1977. Se dejó que el modelo seleccionara libremente el proceso óptimo para satisfacer las demandas de productos dentro de las limitaciones de capacidad conocidas; esto es, las capacidades existentes son los límites superiores especificados. Se debe - aclarar que en el modelo se excluyeron las importaciones y las exportaciones; además no se restringen los suministros de algunos PQ. En los resultados que se presentaron, se mencionan las selecciones que hizo el modelo en su búsqueda del óptimo, entre ellas, se destaca la preferencia por algún PQ básico - diferente al que actualmente se utiliza como materia prima, también el que - se escogieran algunas tecnologías diferentes a las actuales, debido a los -

costos y disponibilidades de las materias primas o de la capacidad instalada. Se menciona el caso en el que se remueven las restricciones correspondientes a las capacidades instaladas, en cuyo caso, la IPQ tiene la completa libertad de seleccionar las rutas tecnológicas que le resulten óptimas con el fin de minimizar los costos totales de producción; el resultado obtenido, es un reordenamiento en los requerimientos de las materias primas utilizadas en un nivel intermedio y básico.

Planeación de la Industria Química de los Estados Unidos para 1985.

Las ineficiencias existentes en la industria actual en la forma de insuficiencia o exceso de capacidad de procesamiento y de plantas que utilizan tecnologías inferiores. La detección de estas ineficiencias podría reducir los errores de la toma de decisiones en una planeación a largo plazo.

Para identificar las necesidades de la IPQ para 1985 se parte de las instalaciones actuales (1977), tomándolas como un límite inferior en el modelo, y permitiendo hacia el futuro la variación de los factores de utilización de esas instalaciones dentro de la escala de 0%, 50% y 100%, lo que significa que un proceso debe reemplazarse totalmente, parcialmente o que el proceso debe utilizarse a su máxima capacidad.

De los resultados obtenidos, se observa que a un nivel de utilización del 100%, se limita la selección de nuevas tecnologías y se tienen capacidades de sobra para varios PQ; estos excedentes desaparecen cuando el factor de utilización se reduce al 50%, cuando los factores de utilización se aproximan a cero, los PQ básicos utilizados tradicionalmente en algunos procesos, son cambiados por otros y algunos de los productos laterales llegan a ser la fuente productiva óptima de algunos PQ intermedios.

#### Aceptación de las nuevas tecnologías por la IPQ de Estados Unidos

Se introdujeron al modelo varios procesos nuevos potenciales y se fijaron nuevamente los factores de utilización de las capacidades instaladas actuales al 0%, 50% y 100% para probar que tan atractivos pueden resultar esos nuevos procesos. Al determinar las necesidades de expansión de la capacidad para 1985 se observó que para muchos casos, cuando se permite que las plantas existentes sean reemplazadas por las nuevas para minimizar el costo total de la producción, muchos procesos viejos fueron desechados.

Otra manera de medir lo atractivo de un nuevo proceso es calcular los costos reducidos resultantes de la implementación de dicho proceso. Dentro de un análisis de sensibilidad, se observó que una variación en el costo de los servicios produce cambios relativamente menores en la selección de procesos; una disminución en la disponibilidad de ciertos PQ básicos se puede absorber si se reestructura la red productiva y la utilización de los demás PQ básicos.

#### Modelo integrado de la Industria Química Intermedia de los Estados Unidos

En este modelo se supone que el valor de los productos químicos se deriva de sus usos en la economía y que se conocen solamente los precios de los productos que entran y salen de la industria de los químicos intermedios. Los productos que se fabrican y consumen dentro de la industria poseen un valor cuando se les utiliza como combustible.

Los resultados obtenidos del modelo para la planeación de la IPQ hacia 1985 son concordantes en un 81% con los del primer modelo; por lo tanto, al incluir los precios de los PQ intermedios en el modelo, no se observan cambios importantes en los resultados.

Se aplicó también el modelo para estudiar el efecto de proveer a la IPQ con etanol como producto de la fermentación para utilizarlo como una materia prima alternativa, y se encontró que para diferentes precios del etanol, la distribución de los requerimientos de materias primas y la selección de tecnologías presentan cambios y tendencias marcadas.

#### Estudio de sistemas de productos químicos intercambiables

La economía no requiere de moléculas específicas, tales como acrilonitrilo, estireno o caprolactama; más bien requiere de las funciones que dichas moléculas puedan desempeñar, tales como la fabricación de fibras, elastómeros, plásticos y solventes. Se pueden fabricar productos similares a partir de una amplia variedad de moléculas básicas, pero la demanda de una molécula en particular es el resultado de la combinación de su precio, disponibilidad y función que desempeña en la economía. Otra situación se presenta cuando una molécula debe abandonar el mercado por motivos que obedecen

a reglas de sanidad, en este caso, otras moléculas deben entrar al mercado para satisfacer la demanda, provocando un impacto en varios sectores de la IPQ.

Al analizar las demandas funcionales de los productos químicos, se establece la necesidad de incluir la capacidad de determinar la tecnología y los productos que satisfacen mejor las necesidades de la economía dentro de los modelos planteados.

En los Estados Unidos, los productos intermedios raramente tienen un uso final directo; más bien sirven como materia prima para fabricar productos finales, tales como plásticos, resinas, fibras sintéticas y hules sintéticos; además, la demanda de esos productos finales se puede relacionar con indicadores de crecimiento económico. Sobre esta base, se agregaron al modelo 117 procesos que involucran la manufactura de 72 polímeros diferentes; dichos polímeros se clasificaron en 4 grupos dependiendo de las funciones - que desempeñan en la economía, tales como plásticos y resinas, fibras sintéticas, hules sintéticos y elastómeros termoplásticos.

Al extender el modelo a productos finales se afecta el patron de la demanda y la oferta exógenas de los productos involucrados en la red de procesamiento, por lo que es necesario actualizar dichos patrones. Se realizaron pruebas del modelo I y II ampliados y se encontró que los resultados de la simulación de la IPQ para 1977 fueron semejantes al estado que guardaba la IPQ en ese año. Se esperaba este tipo de resultados, ya que casi todos los procesos de fabricación de polímeros producen un sólo producto, y los procesos alternativos para un producto final específico, usan básicamente las mismas materias primas. Al igual que con los modelos de la IPQ intermedia, se realizaron corridas para la planeación de la IPQ de los Estados Unidos para 1985, empleando el mismo conjunto de factores de utilización. Se encontró que también algunos procesos fueron reemplazados por ser menos atractivos. También se estudió la posibilidad de que sean aceptados varios procesos de polimerización nuevos en 1985, y se vio que algunas de estas tecnologías poseen características atractivas para su aceptación e incluso para reemplazar parte de los procesos actuales.

Ya que los estudios económicos pueden predecir los cambios en la demanda de productos finales, y que tal producción es más difícil de llevar a cabo para los productos PQ básicos, es necesario que los modelos tengan la capacidad de determinar lo que la IPQ debe manufacturar y qué tecnología debe utilizar para satisfacer las necesidades futuras de la economía. Para tal efecto, se incluyeron en el modelo agregados funcionales en los cuales se puede llevar a cabo la sustitución entre productos químicos, si es justificable para la minimización de los costos totales de producción para la IPQ. La nueva función objetivo del modelo es:

$$\text{costo de producción} = \sum_{i=1}^n P_i F_i + \sum_{j=1}^m C_j X_j + \sum_{l=1}^1 C_l \bar{X}_l + \sum_{i=1}^n (Q_i - D_i)(P_i - H_i)$$

en donde  $\bar{X}_l$  es el nivel de fabricación de un producto final dentro de los límites de capacidad  $B_l$  y además con un costo total de producción  $C_l$ . Estos productos finales son responsables de la satisfacción de la demanda para los agregados funcionales  $\bar{D}_k$ , que son requeridos por el mercado consumidor.

También se define un factor  $oc_{i,k}$  (en el rango de 0 a 1) que representa la fracción del producto final  $i$  que es requerida en el agregado funcional  $k$ . El factor  $oc_{i,k}$  controla la presencia de un producto final específico con la calidad deseada dentro de una cierta área de uso; si  $oc_{i,k} = 0\%$ , el producto  $i$  puede ser reemplazado por otros productos en el agregado funcional; al incrementarse  $oc_{i,k}$ , la IPQ tiene menos libertad de elegir el producto final más económico para satisfacer las necesidades de la economía, mientras que para  $oc_{i,k} = 100\%$ , toda la demanda para el producto  $i$  en el agregado funcional  $k$  ( $\bar{D}_{ik}$ ), tiene que ser satisfecha por la industria.

Se estudió con el modelo la posibilidad de llevar a cabo sustituciones en el agregado funcional de tuberías, utilizando como base a las capacidades instaladas y realizando las sustituciones tomando en cuenta solamente el precio -

y a la disponibilidad de las resinas; no se especificaron las tecnologías de fabricación y por lo tanto se le permitió al modelo seleccionarlas para los años de 1977 y 1985 y variando los factores  $c_{i,k}$  entre 0% y 100%. Se encontró que las tecnologías de fabricación para tubos son los factores que deciden la colocación de productos en ese agregado funcional, así como la calidad de los productos finales.

Estructura de los precios de la Industria Química de los Estados Unidos

Se plantea la prueba de que si los dos modelos económicos son percepciones exactas de una IPQ óptima, los precios sombra del modelo II deben estar directamente relacionados a los precios de mercado del Modelo I.

El dual del modelo II establece los precios sombra que establecen los criterios económicos locales a ser usados para identificar los procesos a modificar, de la misma manera en que los precios de compra y de venta, junto con los costos de inversión se utilizan para establecer qué tan económicamente atractivas resultan las actividades ingenieriles propuestas. Si se define al problema de programación lineal primal como:

$$\begin{aligned} \text{Mín} \quad & c x \\ & A x \bar{z} = d \\ & x \bar{z} = 0 \end{aligned}$$

y al dual correspondiente como:

$$\begin{aligned} \text{Máx} \quad & y d \\ & y A \bar{z} = C \\ & y \bar{z} = 0 \end{aligned}$$

del teorema de la dualidad, si el problema dual o el primal tiene una solución óptima finita, entonces, el otro problema posee una solución óptima finita y los extremos de las funciones lineales son iguales. Esto es,  $CX = y^{\circ}d$ , en donde  $x^{\circ}$  y  $y^{\circ}$  son los vectores solución del problema primal y del dual, - -

Sin embargo, se puede ver que los productos químicos pueden manufacturarse ya sea por la IPQ a un costo mínimo  $CX^0$ . u obtenerse de un mercado hipotético con el sistema de precios máximos y al mismo costo para la economía. Entonces, se concluye que para una economía bien integrada y balanceada, los precios sombra serán una buena representación del valor en el mercado de los productos PQ.

Se obtuvieron los precios sombra de los PQ para 1977 y se encontró que existe una gran semejanza con los precios del mercado; también se calcularon los precios sombra para 1985, pero permitiendo que las nuevas tecnologías compitan con las ya instaladas. Los costos reducidos (R.C.) se relacionan con los precios sombra ( $P^*$ ) de la siguiente manera:

$$(RC)_j = C_j^* - \sum_{i=1}^{N_j} a_{ij}^{-1} / P_i^* /$$

en donde  $N_j$  es el número total de productos que participan en el proceso  $j$  (incluyendo al producto principal  $m$ ); entonces

$$/P_m^* / = C_j - (RC)_j$$

$$\text{en donde } C_j = C_j^* - \sum_{i=1}^{N_j} a_{ij}^{-1} / P_i^* / = \text{costo total de manufactura del proceso } j$$

Dado que los procesos que aparecen en la base del problema de programación lineal tienen costos reducidos de cero, los costos totales de manufactura de tales tecnologías serían de hecho iguales al precio sombra del producto principal correspondiente. Para un costo reducido positivo, sería necesario asignar un precio menor que el costo de manufactura del producto, para que fuera competitivo en el mercado. En el caso de que el costo reducido fuese negativo el PQ tiene un alto valor siendo su precio sombra mayor que el costo total de manufactura, todo esto debido a que existen incentivos para expandir la capacidad instalada.



## M O D E L O

El programa Nacional de Energía 1984-1988 de México, establece para la industria petroquímica (IPQ) un rol estratégico, en virtud de que los hidrocarburos son la base y el punto de partida de ésta. En virtud de que la elaboración de los productos que se obtienen de la primera transformación química (IPQ Básica) pertenece al Estado, la política energética está entonces ligada directamente a la planificación de esta Industria. Al mismo tiempo, esta planificación esta basada en las siguientes transformaciones químicas y representa una interfase entre los requerimientos de energía secundaria y los de materias primas para la elaboración de productos finales como los plásticos, las fibras sintéticas los cauchos sintéticos, los fertilizantes nitrogenados que son a su vez, la fuerza motriz de diversas industrias manufactureras.

El modelo de oferta que aquí se describe, elige entre diferentes alternativas de futuras refineries, plantas de tratamiento de gas natural asociado y no asociado, y de la elaboración de productos petroquímicos básicos, para satisfacer la demanda de energía secundaria derivada de los hidrocarburos, así como de satisfacer las necesidades de la IPQ secundaria y final. Dentro del balance entre la oferta y la demanda, se ha considerado el comercio exterior de los productos petroquímicos y del gas natural.

En virtud de que este sistema responde a las demandas de productos petroquímicos, ha sido necesario efectuar previsiones sobre sus necesidades futuras para el conjunto de la economía; por ello se ha tomado en cuenta una metodología que permita establecer las demandas de productos petroquímicos a través de "cadenas de producción", partiendo de productos finales hasta los productos básicos pasando por los intermedios, cuyas producciones responden a diversas estrategias concebidas por IPQ: La total antarquía y/o la especificación de la producción, donde las rutas de producción de estos productos, son la variable más importante a optimizar.

Así, la característica más importante del modelo es analizar la relación entre energía y su medio ambiente económico y técnico en vías de diversificar la utilización de los hidrocarburos a mediano y largo plazos. Además responderá a cuestionamientos sobre la IPQ básica, tales como encontrar las relaciones existentes entre la interfase energía-química para el desarrollo industrial y sus interrelaciones con la política energética.

En la industria de Proceso, tal como el sector de la petroquímica básica, la dependencia es muy grande, ya que, un bien producido incluye entre las unidades de un mismo sistema, intercambiando productos, de tal modo que, un desequilibrio en cualesquiera de sus partes, repercutiría sobre la rentabilidad financiera, la balanza de pagos y el costo social de otras unidades, empresas y sectores. Aún bien que existan relaciones de productos intermedios, la interdependencia puede darse si tales productos compiten por un mismo recurso escaso. En consecuencia, es necesario utilizar métodos que consideren de una manera simultánea la evaluación de varios proyectos alternativos, interdependientes y cuyas economías de escala se afecten mutuamente; deberá recurrirse también a las producciones de los programas óptimos de construcción en el tiempo y al cálculo de la capacidad óptima de las diferentes unidades de producción.

- MODELO -

OBJETIVO:

En este modelo se pretenden simular diferentes alternativas estratégicas y tácticas, con el objeto de evaluar la planeación de la oferta de productos petroquímicos a largo plazo. En él, se manejan todos los productos petroquímicos intermedios y finales que son producidos por PEMEX.

Partiendo de gas humedo, cuyo procesamiento deja disponible el gas seco y los líquidos contenidos en él. (propano, etano, butanos y más pesados) se obtiene etileno y sus derivados (óxido de etileno, polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, acetaldehído, cloruro de vinilo y estireno), amoníaco y metanol. Otra parte de los líquidos del gas humedo se destina para la producción de naftas, las cuales, junto con las - provenientes de la refinación de crudo, son utilizadas para obtener compuestos aromaticos (benceno, tolueno, xilenos y aromaticos pesados), así como hexano y heptano.

A partir de benceno se producen estireno y ciclohexano y a partir del propano (proveniente de los líquidos), se produce propileno y sus derivados (ácido acrílico, acroleína, isopropanol, óxido de propileno y acrilonitrilo).

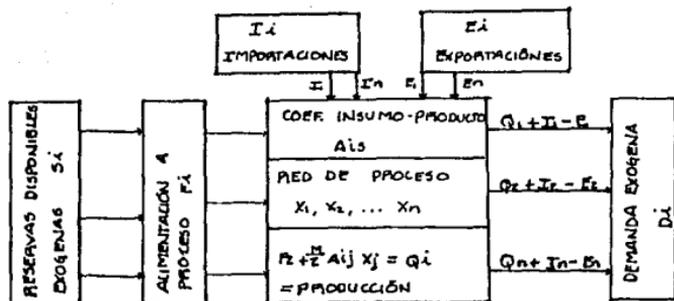
Este es un modelo dinámico de optimización, que simula el crecimiento de la petroquímica básica, dentro de un horizonte de planeación finito (6 períodos de 3 años cada uno, partiendo de 1984).

Como todo modelo de oferta, en éste se pretende satisfacer la demanda de - productos -alimentada exógenamente al modelo utilizando en su balance entre oferta y demanda las posibles importaciones y exportaciones de acuerdo a estrategias explícitamente realizadas para estos propósitos.

Por otro lado, la oferta del recurso, en este caso gas humedo, será otra variable exógenamente alimentada al modelo y corresponderá a la magnitud de la reserva probada. Al igual debe disponerse de productos obtenidos de la refinación del petróleo, básicamente naftas que deben quedar disponibles exógenamente en el modelo.

La extracción de gas humedo, se encuentra definida en función de cuatro costos de extracción. La función es no lineal con discontinuidades en forma de escalera, mostrando con ello costos marginales de producción crecientes congruentes con las dificultades de extracción, la de uno de los costos está doblemente acotada en cada período por la disponibilidad de gas humedo, la cual corresponderá a la capacidad de extracción a un costo fijo y en todo el horizonte de planeación por la reserva explotable. (fig.2).

La cantidad producida de cada petroquímico, dependerá de su coeficiente de transformación insumo producto ( $a_{ij}$ ) y estará limitada por la capacidad de producción a través de la instalación de nuevas plantas, cada una de ellas con capacidad y características técnicas definidas, considerando un tiempo de maduración de 3 años para estas futuras instalaciones.



RESTRICCIONES = OFERTA  
 $F_i \leq S_i$

CAPACIDAD DE PROCESO

$$X_j \leq M_j Y_j$$

$$Y_j = 0, 1$$

$M_j$  = CAPACIDAD

DEMANDA

El incremento en la capacidad de producción se define mediante el criterio de construcción y de operación de las nuevas plantas, para lo cual se utilizaron variables binarias (0,1). Aunque el modelo considera solamente una alternativa de expansión de la capacidad, es posible que pueda tomarse en cuenta la decisión entre varias capacidades que pongan de manifiesto economías de escala e individualidades. Cabe mencionar que no existen localizaciones ni trasposos pues no se considera el hecho de la agregación geográfica.

En resumen, el modelo permite simular políticas de extracción de gas, políticas de operación de centros petroquímicos, tecnologías disponibles y rendimientos así como políticas de producción y control de la demanda entre -

otras. Cada alternativa simulada se encuentra definida a través de la varia  
ción de los coeficientes técnicos de insumo producto, capacidades, costos  
de operación, inversión, precios de importación y exportación, etc.

Bajo cada alternativa, el modelo determina la configuración óptima del sis  
tema, de una manera tal que, el valor presente de la diferencia entre los  
egresos - expresados en términos de sus respectivos costos de operación e  
inversión e importación y los ingresos provenientes de la exportación de -  
los productos petroquímicos. Este modelo no obtiene ganancias sobre las ven  
tas en el mercado nacional, únicamente, la demanda es una restricción que -  
se debe satisfacer y que es calculada exogenamente al modelo.

## DESCRIPCION Y ARQUITECTURA DEL MODELO

En este modelo se establece como función objetivo minimizar el valor presente de los costos totales (totcos pq), definidos como la suma de los costos de - operación, inversión e importación menos los costos de exportación (beneficio), es decir:

$$\text{Min: TOTCOS PQ} = \sum_{t=1}^T \text{TOTCOS RE (t)} / (1 + i)^t$$

Sujeta a:

- 1.- La demanda nacional para todo petroquímico j debe ser satisfecha durante todo el horizonte de planeación, bien sea por medio de producción interna y/o con importaciones. En caso de que exista un excedente de producción este puede destinarse a la exportación.

Baljt:

$$\text{IMPjt} - \text{EXjt} + \text{PRjot} + \text{PRjt} = \text{Demanda jt}$$

- 2.- La producción del petroquímico j para un período t realizada en aquellas plantas construidas durante el horizonte de planeación, deberá ser igual a la suma de lo que producen de dicho petroquímico todas aquellas plantas que se decidieron construir en el período i (donde  $i \leq t$ ) y que - entran en operación en ese período t.

$$\text{PRNjt} = \sum_i \text{PRjit} - \text{PRjt} = 0$$

donde:

$\text{PRNjt}$  = Producción total de petroquímicos antes y durante el horizonte de planeación, esto es, nuevas y viejas instalaciones.

$\text{PRjit}$  = Producción del petroquímico j, en las plantas que se decidieron construir en el período i que operan en el período t.

$\text{PRjt}$  = Producción total del petroquímico j en el período t.

- 3.- La producción total obtenida para un petroquímico  $j$  durante el período  $t$ , será igual a lo que se produce de éste, tanto en las plantas que ya estaban operando antes del horizonte de planeación como en aquellas que se construyeron antes del período  $t$  y que se encuentran operando en dicho período, y estará limitada por el coeficiente de transformación insumo-producto característico del proceso de obtención.

$$PR_{jt}: PR_{j,ot} + PR_{jt} - L_{jk} PR_{kt} \leq 0$$

donde  $J$  = Producto Petroquímico

$K$  = Insumo

$L_{jk}$  = Coeficiente de transformación insumo - producto que se refiere a los rendimientos.

- 4.- Existe la posibilidad de instalar nuevas plantas para incrementar la producción de cualquier producto  $j$  en cuyo caso, dicha producción adicional estará limitada por la capacidad de la planta, y en ningún caso podrá ser mayor que ésta.

$$CAN_{jit}: PR_{j,it} - A_j Y_{ji} \leq 0$$

donde:  $i$  = período de decisión = 1, ..., 6

$t$  = período de operación = 1, ..., 6

$a_j$  = capacidad de expansión para producir un petroquímico  $j$

$Y_{ij}$  = variable binaria (0,1)

$\left\{ \begin{array}{l} = 1 \text{ se decide construir planta nueva} \\ = 0 \text{ se decide no construir planta nueva} \end{array} \right.$

- 5.- La parte de las naftas disponibles para la producción del petroquímico  $j$  se define como:

$$DISGAPQ_t: PRGAPQ_t - \alpha PRGALIGHT_t \leq \phi_t$$

donde  $PRGALIGHT_t$  = producción de gasolina de los líquidos del gas humedo.

$PRGAPQ_t$  = Producción de gasolina que se destina para producir petroquímicos (AROMATICOS).

$\emptyset$  = Cantidad de gasolina proveniente de la refinación de crudo, que se destina a la producción de petroquímicos (aromáticos) lo cual es una variable exógena.

- 6.- La cantidad de gas humedo a procesar de cada escalón para un período dado, se encontrará doblemente acotado, por un lado, por la capacidad de extracción para dicho escalón de producción y, por otro lado, por un mínimo de aprovechamiento que deberá existir en cada escalón para ello, la producción de gas en algunos escalones se hace proporcional a la producción posible en algún otro.

$$\text{DISGTOTte} = \sum_{e=1}^4 \text{PRGHTOTte} - \text{PRGTOTt} = 0$$

$$\text{DISGHte} : \text{PRGHTOTte} \leq \text{capacidad de extracción (e), para } t = \text{CTE}$$

donde:

$\text{PRGHTOTte}$  = producción de gas humedo para el período t en el escalón c.

$\text{PRGTOTt}$  = producción total de gas humedo para el período t.

- 7.- La cantidad total de gas humedo a procesar a lo largo del horizonte de planeación, para cada escalón se encontrará limitada por la magnitud de la reserva para cada escalón.

$$\text{RESGHe} : \sum_{e=1}^4 \text{PRGHTOTte} \leq bt$$

donde b = Reserva de gas humedo

$$\text{REGHe} : \sum_{t=1}^6 \text{PRGHTOTte} \leq \text{Reserva para el escalón e}$$

- 8.- Para el caso de la producción de gas humedo en cada escalón de producción.

$$\text{RELGHte} = \text{PRGHTOTte} - \text{LeGHTOTei} \geq 0$$

donde:

RELGH se refiere al escalón de producción.

- 9.- Los costos realizados para un período  $t$  como consecuencia de las inversiones que se han llevado a cabo hasta ese período, corresponderán a todas aquellas expansiones en la capacidad para procesar un petroquímico  $j$ . Estos costos se calcularon a través de la anualización de las inversiones, utilizándose para ello el llamado "Factor de Recuperación del Capital", considerándose un período de amortización de 9 años y un costo de oportunidad del capital del 18 %. Para tomar en cuenta la inflación, se aplicó una tasa anual acumulativa del 6 %.

$$INVE_t: \sum_{t=1}^t \sum_j P_{jt} Y_{jt} - COIN_t = 0$$

para  $t = 1, \dots, 3$

$$INVE_t: \sum_{t=t-2}^t \sum_j P_{jt} Y_{jt} - COIN_t = 0$$

para  $t = 4, \dots, 6$

- 10.- Los costos de operación realizados en un período  $t$  para producir un petroquímico  $j$  corresponderán a aquellos que se tienen por este concepto, tanto en las plantas que ya se encontraban operando antes del horizonte de planeación como en aquellas construidas antes del período  $t$  y que se encuentran operando en dicho período. A estos costos se les aplicó una tasa inflacionaria del 12 %.

$$COPR_{jt}: - CO_{jt} + CN_{jt} \sum_{i=1}^t PR_{jit} + C_{jt} PR_{j,ot} = 0$$

donde:

$CO_{jt}$  = Costo de operación

$CN_{jt}$  = Costo unitario de producción para las plantas operadas durante el horizonte de planeación.

$C_t$  = Costo unitario de producción en las plantas construidas antes del horizonte de planeación.

11.- El costo total de gas humedo se divide en: costo de extracción (COSTGH<sub>6</sub>) y costo de operación (COGH<sub>t</sub>).

El costo de extracción para un período t, está asociado al nivel de producción de gas humedo para dicho período de acuerdo a una función de producción de escalafón, por lo tanto, este costo corresponderá a la extracción realizada en cada escalón de costos (para tomar en cuenta la inflación se aplicó una tasa del 12%).

$$\text{COSTGHT}_t \sum_{e=1}^4 \text{Cte PRGHTOT}_{te} - \text{COSTGH}_t = 0$$

donde:

C<sub>te</sub> = Costo unitario de extracción de gas humedo para el escalón e en el período t.

Para los costos totales se tiene:

$$\text{TOTCOSRE}_t: \sum \text{CO}_{jt} - \sum \text{P}_{jt} \text{EX}_{jt} + \text{COSTGH}_t + \text{COIN}_t +$$

$$\sum \text{P}'_{jt} \text{IM}_{jt} = 0$$

donde:

P<sub>jt</sub> = precio unitario de exportación para el petroquímico j en el período t.

P'<sub>jt</sub> = precio unitario de exportación para el petroquímico j en el período t.

Nomenclatura:

AA Acido Acrílico

AC Acroleína

AD Acetaldehído

AM Amoniaco

AN acrilonitrilo

AP Aromáticos pesados

BD Butadieno

BE Benceno

CH Ciclohexano

CV Cloruro de vinilo

DB Dodecibenceno

EA Etano

ES Estireno

ET Etileno

GL Gas Licuado

GS Gas Seco

HX HEXANO

IS Isopropanal

ME Metanol

OE Oxido de etileno

OP Oxido de propileno

OX Ortoxileno

PA Polietileno de alfa

PB Polietileno de baja

PO Propileno

PX paraxileno

TO Tolueno

#### IV

A N N E X O

1

E

C

U

A

C

I

O

N

E

S

ECUACION DE COSTOS TOTALES

$$\text{TOTCOSRE}_t: \sum_{j=1}^{20} \text{CO}_{jt} - \sum \text{P}_{jt} \text{EX}_{jt} + \text{COSTGH}_t + \text{COIN}_t + \sum \text{P}_{jt}^1 \text{IM}_{jt}$$

$$- \text{P}_t'' \text{PGSEX} - \text{TOTCOSR}_t = 0$$

DONDE P = PRECIOS

FUNCION OBJETIVO

$$\begin{aligned} \text{MIN TOTCOSPQ: } & \text{TOCOSRE}_1 + 0.75132 \text{TOTCOSRE}_2 + 0.56447 \text{TOTCOSRE}_3 \\ & + 0.4241 \text{TOTCOSRE}_4 + 0.31863 \text{TOTCOSRE}_5 + 0.23939 \text{TOTCOSRE}_6 \end{aligned}$$

$$\text{PRNET}_t : \sum_{i=1}^t \text{PRET}_{it} - \text{PRET}_t = 0$$

$$\text{PRNGH}_t : \sum_{i=1}^t \text{PRGH}_{it} - \text{PRGH} = 0$$

$$\text{PRNIS}_t : \sum_{i=1}^t \text{PRIS}_{it} - \text{PRIS}_t = 0$$

$$\text{PRNME}_t : \sum_{i=1}^t \text{PRME}_{it} - \text{PRME}_t = 0$$

$$\text{PRNOE}_t : \sum_{i=1}^t \text{PROE}_{it} - \text{PROE}_t = 0$$

$$\text{PRNOP}_t : \sum_{i=1}^t \text{PROP}_{it} - \text{PROP}_t = 0$$

$$\text{PRNPA}_t : \sum_{i=1}^t \text{PRPA}_{it} - \text{PRPA}_t = 0$$

$$\text{PRNPB}_t : \sum_{i=1}^t \text{PRPB}_{it} - \text{PRPB}_t = 0$$

$$\text{ARNPO}_t : \sum_{i=1}^t \text{PRPO}_{it} - \text{PRPO}_t = 0$$

ECUACIONES DE PRODUCCION CON COEFICIENTES TECNICOS

PRAN <sub>0t</sub> :	- 2.1053	PRAMAN <sub>0t</sub>	PRFOET <sub>t</sub> - 0.0129	PRET <sub>t</sub>
REAN <sub>0t</sub> :	- 2.47374	PRAMAN <sub>0t</sub>		
PRAN <sub>t</sub> :	- 2.1053	PRAMAN <sub>t</sub>		
REAN <sub>t</sub> :	2.9474	PRAMAN <sub>t</sub>		
PRCH <sub>t</sub> :	- 1.07527	PRBECH <sub>t</sub>		
PRDB <sub>t</sub> :	- 2.5	PRBEDB <sub>t</sub>		
REDB <sub>t</sub> :	- 2.05	PRBEDB <sub>t</sub>		
PRES <sub>t</sub> :	- 1.1628	PRBEES <sub>t</sub>		
REES <sub>t</sub> :	0.3721	PRBEES <sub>t</sub>		
PRAVGS <sub>t</sub> :	- 385	PRAET <sub>t</sub>		
PRET <sub>t</sub> :	-0.70932	PRAET <sub>t</sub>		
PRAVGS <sub>t</sub> :	385	PREALIGH <sub>t</sub>		
PRAD <sub>t</sub> :	- 1.4706	PRETAD <sub>t</sub>		
PRCV <sub>t</sub> :	- 1.9231	PRETCV <sub>t</sub>		
PRES <sub>t</sub> :	- 3.125	PRETES <sub>t</sub>		
PROE <sub>t</sub> :	- 1.1363	PRETOE <sub>t</sub>		
PRPA <sub>t</sub> :	- 0.9709	PRETPA <sub>t</sub>		
PRPB <sub>t</sub> :	- 0.9709	PRETPB <sub>t</sub>		

DISGAP<sub>t</sub>: - 0.11574 PRGALIGH<sub>t</sub>  
PRVAP<sub>t</sub>: - 0.0263 PRGAPQ<sub>ot</sub>  
PRVHE<sub>t</sub>: - 0.0058 PRGAPQ<sub>ot</sub>  
PRVOX<sub>t</sub>: - 0.289 PRGAPQ<sub>ot</sub>

PRBE<sub>t</sub>: - 0.1573 PRGAPQ<sub>ot</sub>  
PRVHX<sub>t</sub>: - 0.0184 PRGAPQ<sub>ot</sub>  
PRVPX<sub>t</sub>: - 0.1262 PRGAPQ<sub>ot</sub>

PRAP<sub>t</sub>: - 0.0263 PRNGAPQ<sub>t</sub>  
PRBE<sub>t</sub>: - 0.1573 PRNGAPQ<sub>t</sub>  
PRHE<sub>t</sub>: - 0.0058 PRNGAPQ<sub>t</sub>  
PRHX<sub>t</sub>: - 0.0184 PRNGAPQ<sub>t</sub>  
PROX<sub>t</sub>: - 0.0289 PRNGAPQ<sub>t</sub>  
PRPX<sub>t</sub>: - 0.1262 PRNGAPQ<sub>t</sub>

PRTO<sub>t</sub>: - 0.0942 PRGAPQ<sub>t</sub>  
PRVLI<sub>t</sub>: 0.0000971 PRGH<sub>ot</sub>  
PRTOTGH<sub>t</sub>: 1.111 PRGH<sub>ot</sub>

PRNLI<sub>t</sub>: 0.000128 PRGH<sub>t</sub>  
PRNGS<sub>t</sub>: 0.8 PRGH<sub>t</sub>

PRGL<sub>t</sub>: 0.6 PRBUGL<sub>t</sub>

PRGLLIGH<sub>t</sub>: - 1.10 PRGLLI<sub>t</sub>

PRBD<sub>t</sub>: - 0.54945 PRGLPQ<sub>t</sub>

PRBUGL<sub>t</sub>: - 0.01233 PRGLPQ<sub>t</sub>

PRAM<sub>t</sub>: - 0.03846 PRGSAM<sub>t</sub>

PRME<sub>t</sub>: - 0.03846 PRGSME<sub>t</sub>

TOTCOSRE <sub>1</sub> :	- 4809	PRGSEX <sub>1</sub>
TOTCOSRE <sub>2</sub> :	- 5735	PRGSEX <sub>2</sub>
TOTCOSRE <sub>3</sub> :	- 6531	PRGSEX <sub>3</sub>
TOTCOSRE <sub>4</sub> :	- 7449	PRGSEX <sub>4</sub>
TOTCOSRE <sub>5</sub> :	- 8459	PRGSEX <sub>5</sub>
TOTCOSRE <sub>6</sub> :	- 9280	PRGSEX <sub>6</sub>

BALGS <sub>t</sub> :	0.786	PRGS <sub>ot</sub>
PREALI <sub>t</sub> :	15	PRLIGH <sub>ot</sub>
PRGALI <sub>t</sub> :	0.295	PRGALI <sub>ot</sub>
PRGLLI <sub>t</sub> :	0.31	PRLIGH <sub>ot</sub>
PRPPLI <sub>t</sub> :	12	PRLIGH <sub>ot</sub>

PREALI <sub>t</sub> :	23.5	PRLIGHT <sub>t</sub>
PRGALI <sub>t</sub> :	0.151	PRLIGH <sub>t</sub>
PRGLLI <sub>t</sub> :	0.14	PRLIGH <sub>t</sub>
PRPPLI <sub>t</sub> :	19.8	PRLIGH <sub>t</sub>

PRAA<sub>t</sub>: - 1.3839 PROPAA<sub>t</sub>

PRAC<sub>t</sub>: - 0.86207 PROAC<sub>t</sub>

PRAN<sub>ot</sub>: - 0.85106 PRPOAN<sub>ot</sub>

REAN<sub>ot</sub>: -1.0 PRPOAN<sub>ot</sub>

PRAN<sub>t</sub>: -0.71429 PRPOAN<sub>t</sub>

REAN<sub>t</sub>: -1.0 PROAN<sub>t</sub>

PRDB<sub>t</sub>: 1.2195 PRPDB<sub>t</sub>

REDB<sub>t</sub>: -1.0 PRPODB

PRPO<sub>t</sub>: -1.0 PRPOET<sub>t</sub>

PROP<sub>t</sub>: -1.2048 PRPOOP<sub>t</sub>

	1	2	3	4	5	6
BD	1	65.73	65.73	65.73		
	2		78.3	78.3	78.3	
	3			93.24	93.24	93.24
	4				111.06	111.06
	5					132.3
	6					157.53

---

	1	2	3	4	5	6
CH	1	12.48	12.48	12.48		
	2		14.85	14.85	14.85	
	3			17.7	17.7	17.7
	4				21.1	21.1
	5					25.1
	6					29.95

		1	2	3	4	5	6
CV	1	106.76	106.76	106.76			
	2		127.15	127.15	127.15		
	3			151.44	151.44	151.44	
	4				180.36	180.36	180.36
	5					214.1	214.1
	6						255.84

---

		1	2	3	4	5	6
DB	1	5.3	5.3	5.3			
	2		6.3	6.3	6.3		
	3			7.55	7.55	7.55	
	4				9.0	9.0	
	5					10.71	10.71
	6						12.76

$$\text{PRPX}_t = -.1262\text{PRNGAPQ}_t + 1.0 \text{PRPX}_t$$

$$\text{PRTOGH}_t = -1.0\text{PRGHTOT}_t + 1.111 \text{PRGH}_{0t} + 1.11 \text{PRGH}_t = 0$$

$$\text{PRTO}_t = -0.0942\text{PRGAPQ}_t + 1.0 \text{PRTO}_t = 0$$

PRODUCCION PLANTAS NUEVAS

$$\text{PRNAA}_t = \sum_{i=1}^T \text{PRAA}_{it} - \text{PRAA}_t = 0$$

$$\text{PRNAC}_t = \sum_{i=1}^T \text{PRAC}_{it} - \text{PRAC}_t = 0$$

$$\text{PRNAD}_t = \sum_{i=1}^T \text{PRAD}_{it} - \text{PRAD}_t = 0$$

$$\text{PRNAM}_t = \sum_{i=1}^T \text{PRAM}_{it} - \text{PRAM}_t = 0$$

$$\text{ARNAN}_t = \sum_{i=1}^T \text{PRAN}_{it} - \text{PRAN}_t = 0$$

$$\text{PRNBD}_t = \sum_{i=1}^T \text{PRBD}_{it} - \text{PRBD}_t = 0$$

$$\text{PRNCH}_t = \sum_{i=1}^T \text{PRCH}_{it} - \text{PRCH}_t = 0$$

$$\text{PRNCV}_t = \sum_{i=1}^T \text{PRCV}_{it} - \text{PRCV}_t = 0$$

$$\text{PRNDB}_t = \sum_{i=1}^T \text{PRDB}_{it} - \text{PRDB}_t = 0$$

$$\text{PRNES}_t = \sum_{i=1}^T \text{PRES}_{it} - \text{PRES}_t = 0$$

	1	2	3	4	5	6	
GH	1	80.51	80.51	80.51			
	2		95.89	95.89	95.89		
	3			114.2	114.2	114.2	
	4				136	136	136
	5					161.9	161.9
	6						192

---

	1	2	3	4	5	6	
IS	1	8.16	8.16	8.16			
	2		9.72	9.72	9.72		
	3			11.58	11.58	11.58	
	4				13.79	13.79	13.79
	5					16.42	16.42
	6						19.56

	1	2	3	4	5	6
ES	1	21.33	21.33	21.33		
	2		25.4	25.4	25.4	
	3			30.5	30.5	30.5
	4				36.03	36.03
	5					42.91
	6					51.11

---

	1	2	3	4	5	6
ET	1	203.38	203.38	203.38		
	2		244.22	244.22	244.22	
	3			288.5	288.5	288.5
	4				343.59	343.59
	5					409.21
	6					487.37

ECUACIONES DE PRODUCCION PARA PLANTAS DE PRODUCCION DE AROMATICOS INSTALADAS ANTES DEL H. P.

PRVAP<sub>t</sub> : 1.0 PRAP<sub>0t</sub> - 0.0263 PRGAPQ<sub>0t</sub> = 0  
PRVBE<sub>t</sub> : 1.0 PRBE<sub>0t</sub> - 0.1573 PRGAPQ<sub>0t</sub> = 0  
PRVHE<sub>t</sub> : -.0058 PRGAPQ<sub>0t</sub> + 1.0 PRHE<sub>0t</sub> = 0  
PRVHX<sub>t</sub> : -.0184 PRGAPQ<sub>0t</sub> + 1.0 PRHX<sub>0t</sub> = 0  
ARVOX<sub>t</sub> : -.0289 PRGAPQ<sub>0t</sub> + 1.0 PROX<sub>0t</sub> = 0  
PRVPX<sub>t</sub> : -.1262 PRGAPQ<sub>0t</sub> + 1.0 PRPX<sub>0t</sub> = 0  
PRVTO<sub>t</sub> : -.0942 PRGAPQ<sub>0t</sub> + 1.0 PRTO<sub>0t</sub> = 0  
PRVGS<sub>t</sub> : 1.0 PREAGS<sub>0t</sub> + 0.86 PRGH<sub>0t</sub> = 0  
PRVLI : .0000971 PRGH<sub>0t</sub> - 1.0 PRLIGH<sub>0t</sub> = 0

- COSTOS DE PRODUCCION DE GAS HUMEDO \* Y PROCESAMIENTO DE GASOLINAS \*\* -

$$\text{COPRFAPQ}_1: -1.5 \text{ COAG}_1 + 62,630 (\text{PRGAPQ}_{01} + \text{PRGAPQ}_{11}) = 0$$

$$\text{COPRGAPQ}_2: -1.5 \text{ COGA}_2 + 98,850 (\text{PRGPQ}_{02} + \sum_{i=1}^2 \text{PRGAPQ}_{i2}) = 0$$

$$\text{COPRGAPQ}_3: -1.5 \text{ COGA}_3 + 156,000 (\text{PRGAPQ}_{03} + \sum_{i=1}^3 \text{PRGAPQ}_{i3}) = 0$$

$$\text{COPRGAPQ}_4: -1.5 \text{ COGA}_4 + 219,150 (\text{PRGAPQ}_{04} + \sum_{i=1}^4 \text{PRGAPQ}_{i4}) = 0$$

$$\text{COPRGAPQ}_5: -1.5 \text{ COGA}_5 + 307,800 (\text{PRGAPQ}_{05} + \sum_{i=1}^5 \text{PRGAPQ}_{i5}) = 0$$

$$\text{COPRGAPQ}_6: -1.5 \text{ COGA}_6 + 432,400 (\text{PRGAPQ}_{06} + \sum_{i=1}^6 \text{PRGAPQ}_{i6}) = 0$$

$$\text{COPRGH}_1: -1.5 \text{ COGH}_1 + 138 \text{ PRGH}_{01} + 130.6 \text{ PRGH}_1 = 0$$

$$\text{COPRGH}_2: -1.5 \text{ COGH}_2 + 205 \text{ PRGH}_{02} + 194.65 \text{ PRGH}_2 = 0$$

$$\text{COPRGH}_3: -1.5 \text{ COGH}_3 + 305 \text{ PRGH}_{03} + 289 \text{ PRGH}_3 = 0$$

$$\text{COPRGH}_4: -1.5 \text{ COGH}_4 + 411 \text{ PRGH}_{04} + 390.75 \text{ PRGH}_4 = 0$$

$$\text{COPRGH}_5: -1.5 \text{ COGH}_5 + 580 \text{ PRGH}_{05} + 550.7 \text{ PRGH}_5 = 0$$

$$\text{COPRGH}_6: -1.5 \text{ COGH}_6 + 757 \text{ PRGH}_{06} + 720.12 \text{ PRGH}_6 = 0$$

(\*) EN PLANTAS CRIOGENICAS

(\*\*) EN PLANTAS BTX PARA LA OBTENCION DE PRODUCTOS AROMATICOS

RESTRICCIONES ESTEQUIOMETRICAS

$$\text{REAN}_{0t} : 2.47374 \text{ PRAMAN}_{0t} - 1.0 \text{ PRPOAN}_{0t} = 0$$

$$\text{REAN}_t : 2.9474 \text{ PRAMAN}_t - 1.0 \text{ PRPOAN}_t = 0$$

$$\text{REDB}_t : 2.05 \text{ PRBEDB}_t - 1.0 \text{ PRBODH}_t = 0$$

$$\text{REES}_t : 0.3721 \text{ PRBEES}_t - 1.0 \text{ PRETES}_t = 0$$

ECUACIONES DE INVERSION

$$\text{INVE}_t : \sum_{t=1}^t \frac{20}{z} \text{ CI}_{jt} \text{ Y}_{jt} - 0.000001 \text{ COIN}_t = 0 \quad \text{PARA } t=1,2,3$$

$$\text{INVE}_t : \sum_{t=t-2}^t \frac{20}{z} \text{ CI}_{jt} \text{ Y}_{jt} - 0.000001 \text{ COIN}_t = 0 \quad \text{PARA } t = 4,5,6$$

DONDE J: AA                    GH  
         AC                    IS  
         AD                    ME  
         AM                    OE  
         AN                    OP  
         AR                    PA  
         BD                    PB  
         CH                    PO  
         CV  
         DB  
         ES  
         ET

- ECUACIONES DE BALANCE -

DEL TIPO XXt

$$\text{BALAA}_t: - 1.0 \text{ EXAA}_t + 1.0 \text{ IMAA}_t + 1.0 \text{ PRAA}_t$$

$$\text{BALAC}_t: - 1.0 \text{ EXAC}_t + 1.0 \text{ IMAC}_t + 1.0 \text{ PRAC}_t$$

$$\text{BALAD}_t: -1.0 \text{ EXAD}_t + 1.0 \text{ IMAD}_t + 1.0 \text{ PRAD}_{Ot} + 1.0 \text{ PRAD}_t$$

$$\text{BALAM}_t: -1.0 \text{ EXAM}_t + 1.0 \text{ IMAM}_t - 1.0 \text{ PRAMAN}_{Ot} - 1.0 \text{ PRAMAN}_t + 1.0 \text{ PRAM}_{Ot} + 1.0 \text{ PRAM}_t$$

$$\text{BALAN}_t: -1.0 \text{ EXAN}_t + 1.0 \text{ IMAN}_t + 1.0 \text{ PRAN}_{Ot} + 1.0 \text{ PRAN}_t$$

$$\text{BALAP}_t: -1.0 \text{ EXAP}_t + 1.0 \text{ IMAP}_t + 1.0 \text{ PRAP}_{Ot} + 1.0 \text{ PRAP}_t$$

$$\text{BALBD}_t: -1.0 \text{ EXBD}_t + 1.0 \text{ IMBD}_t + 1.0 \text{ PRBD}_{Ot} + 1.0 \text{ PRBD}_t$$

$$\text{BALBE}_t: -1.0 \text{ EXBE}_t + 1.0 \text{ IMBE}_t - 1.0 \text{ PRBECH}_t - 1.0 \text{ PRBEDBT} - 1.0 \text{ PRBEES}_t + 1.0 \text{ PRBE}_{Ot} + 1.0 \text{ PRBE}_t$$

$$\text{BALCH}_t: -1.0 \text{ EXCH}_t + 1.0 \text{ IMCH}_t + 1.0 \text{ PRCH}_{Ot} + 1.0 \text{ PRCH}_t$$

$$\text{BALCV}_t: -1.0 \text{ EXCV}_t + 1.0 \text{ IMCV}_t + 1.0 \text{ PRCV}_{Ot} + 1.0 \text{ PRCV}_t$$

$$\text{BALDB}_t: - 1.0 \text{ EXDB}_t + 1.0 \text{ IMDB}_t + 1.0 \text{ PRDB}_{Ot} + 1.0 \text{ PRDB}_t$$

$$\text{BALES}_t: - 1.0 \text{ EXES}_t + 1.0 \text{ IMES}_t + 1.0 \text{ PRES}_{Ot} + 1.0 \text{ PRES}_t$$

$$\text{BALET}_t: -1.0 \text{ EXET}_t + 1.0 \text{ IMET}_t = 1.0 \text{ PRETAD}_t - 1.0 \text{ PRETCV}_t - 1.0 \text{ PRETES}_t - 1.0 \text{ PRETOE}_t - 1.0 \text{ PRETFA}_t \\ -1.0 \text{ PRETPB}_t + 1.0 \text{ PRET}_{Ot} + 1.0 \text{ PRET}_t$$

$$\text{BALGL}_t: 1.0 \text{ IMCL}_t + 1.0 \text{ PRGLGN}_t$$

$$\text{BALGS}_t: - 1.0 \text{ PRGSAM}_t - 1.0 \text{ PRGSEX}_t - 1.0 \text{ PRGSME}_t + 0.786 \text{ PRGS}_{Ot} + 0.786 \text{ PRGS}_t$$

$$\text{BALHE}_t: -1.0 \text{ EXHE}_t + 1.0 \text{ IMHE}_t + 1.0 \text{ PREHE}_{Ot} + 1.0 \text{ PRHE}_t$$

$$\text{BALHX}_t: -1.0 \text{ EXHX}_t + 1.0 \text{ IMHX}_t + 1.0 \text{ PRHX}_{Ot} + 1.0 \text{ PRHX}_t$$

$$\text{BALIS}_t: -1.0 \text{ EXIS}_t + 1.0 \text{ IMIS}_t + 1.0 \text{ PRIS}_{Ot} + 1.0 \text{ PRIS}_t$$

BALME<sub>t</sub>: -1.0 EXME<sub>t</sub> + 1.0 IMME<sub>t</sub> + 1.0 PRME<sub>0t</sub> + 1.0 PRME<sub>t</sub>

BALOE<sub>t</sub>: -1.0 EXOE<sub>t</sub> + 1.0 IMOE<sub>t</sub> + 1.0 PROE<sub>0t</sub> + 1.0 PROE<sub>t</sub>

BALOP<sub>t</sub>: -1.0 EXOP<sub>t</sub> + 1.0 IMOP<sub>t</sub> + 1.0 PROP<sub>t</sub>

BALOX<sub>t</sub>: -1.0 EXOX<sub>t</sub> + 1.0 IMOX<sub>t</sub> + 1.0 PROX<sub>0t</sub> + 1.0 PROX<sub>t</sub>

BALPA<sub>t</sub>: - 1.0 EXPA<sub>t</sub> + 1.0 IMPA<sub>t</sub> + 1.0 PRPA<sub>0t</sub> + 1.0 PRPA<sub>t</sub>

BALPB<sub>t</sub>: -1.0 EXPB<sub>t</sub> + 1.0 IMPB<sub>t</sub> + 1.0 PRPB<sub>0t</sub> + 1.0 PRPB<sub>t</sub>

BALPO<sub>t</sub>: - 1.0 EXPO<sub>t</sub> + 1.0 IMPO<sub>t</sub> - 1.0 PRPOAA<sub>t</sub> - 1.0 PRPOAC<sub>t</sub> - 1.0 PROPOAN<sub>0t</sub> - 1.0 PRPOAN<sub>t</sub> - 1.0 PRPODB<sub>t</sub> -

1.0 PRPOIS<sub>t</sub> - 1.0 PRPOOP<sub>t</sub> + 1.0 PRPO<sub>0t</sub> + 1.0 PRP<sub>0t</sub>

BALPX<sub>t</sub>: - 1.0 EXPX<sub>t</sub> + 1.0 IMPX<sub>t</sub> + 1.0 PRPX<sub>0t</sub> + 1.0 PRPX<sub>t</sub>

BALTO<sub>t</sub>: -1.0 EXT<sub>0t</sub> + 1.0 IMTO<sub>t</sub> + 1.0 PRTO<sub>0t</sub> + PRTO<sub>t</sub>

- ECUACIONES DE CAPACIDAD (AUMENTO DEL TIPO CANXxt -

CANAA<sub>1t</sub> : 1.0 PRAA<sub>1t</sub> - 90 YAA<sub>1</sub>  
CANAC<sub>1t</sub> : 1.0 PRAC<sub>1t</sub> - 18 YAA<sub>1</sub>  
CANAD<sub>1t</sub> : 1.0 PRAD<sub>1t</sub> - 300 YAD<sub>1</sub>  
CANAM<sub>1t</sub> : 1.0 PRAM<sub>1t</sub> - 1335 YAM<sub>1</sub>  
CANAN<sub>1t</sub> : 1.0 PRAN<sub>1t</sub> - 150 YAN<sub>1</sub>  
CANAR<sub>1t</sub> : 1.0 PRAR<sub>1t</sub> - 6000 YAR<sub>1</sub>  
CANBD<sub>1t</sub> : 1.0 PRBD<sub>1t</sub> - 300 YBD<sub>1</sub>  
CANCH<sub>1t</sub> : 1.0 PRCH<sub>1t</sub> - 360 YCH<sub>1</sub>  
CANCV<sub>1t</sub> : 1.0 PRCV<sub>1t</sub> - 900 YCV<sub>1</sub>  
CANDB<sub>1t</sub> : 1.0 PRDB<sub>1t</sub> - 210 YDB<sub>1</sub>  
CANES<sub>1t</sub> : 1.0 PRES<sub>1t</sub> - 450 YES<sub>1</sub>  
CANET<sub>1t</sub> : 1.0 PRET<sub>1t</sub> - 1500 YET<sub>1</sub>  
CANCH<sub>1t</sub> : 1.0 PRGH<sub>1t</sub> - 547500 YGH<sub>1</sub>  
CANIS<sub>1t</sub> : 1.0 PRIS<sub>1t</sub> - 225 YIS<sub>1</sub>  
CANME<sub>1t</sub> : 1.0 PRME<sub>1t</sub> - 2475 YME<sub>1</sub>  
CANOE<sub>1t</sub> : 1.0 PROE<sub>1t</sub> - 600 YOE<sub>1</sub>  
CANOP<sub>1t</sub> : 1.0 PROP<sub>1t</sub> - 300 YOP<sub>1</sub>  
CANPA<sub>1t</sub> : 1.0 PRPA<sub>1t</sub> - 300 YPA<sub>1</sub>  
CANPB<sub>1t</sub> : 1.0 PRPB<sub>1t</sub> - 720 YPB<sub>1</sub>  
CANPO<sub>1t</sub> : 1.0 PRPO<sub>1t</sub> - 900 YPO<sub>1</sub>

- ECUACIONES DE COSTO DE PRODUCCION - DEL TIPO COPRXXt

COPRAAt: - 0.001577 COAA<sub>t</sub> + 68.14 PRAA<sub>11</sub> + 107.52 PRAA<sub>12</sub> + 169.66 PRAA<sub>13</sub> + 238.36 PRAA<sub>14</sub> + 334.87 PRAA<sub>18</sub>  
+ 470.45 PRAA<sub>16</sub>

COPRACt: - 0.00166 COAC<sub>t</sub> + 82.61 PRAC<sub>11</sub> + 130.35 PRAC<sub>12</sub> + 205.68 PRAC<sub>13</sub> + 288.96 PRAC<sub>14</sub> + 405.96 PRAC<sub>15</sub>  
+ 570.33 PRAC<sub>16</sub>

COPRADt: 0.00138 COAD<sub>t</sub> + 46 PRAD<sub>01</sub> + 43.49 PRAD<sub>11</sub> + 72 PRAD<sub>02</sub> + 68.82 PRAD<sub>12</sub> + 114 PRAD<sub>03</sub> + 108.59 PRAD<sub>13</sub> +  
159.0 PRAD<sub>04</sub> + 152.56 PRAD<sub>14</sub> + 223.0 PRAD<sub>05</sub> + 214.3 PRAD<sub>15</sub> + 312 PRAD<sub>06</sub> + 301.11 PRAD<sub>16</sub>

COPRAMt: -0.00161 COAM<sub>t</sub> + 48.26 PRAM<sub>01</sub> + 52.16 PRAM<sub>11</sub> + 76.15 PRAM<sub>02</sub> + 82.3 PRAM<sub>12</sub> + 120.16 PRAM<sub>03</sub> +  
129.86 PRAM<sub>13</sub> + 168.82 PRAM<sub>04</sub> + 182.44 PRAM<sub>14</sub> + 237.17 PRAM<sub>05</sub> + 256.31 PRAM<sub>15</sub> + 333.2 PRAM<sub>06</sub> + 360.09 PRAM<sub>16</sub>

COPRANt: -0.001462 COAN<sub>t</sub> + 55 PRAN<sub>01</sub> + 54.66 PRAN<sub>11</sub> + 87 PRAN<sub>02</sub> + 86.25 PRAN<sub>12</sub> + 137 PRAN<sub>03</sub> + 136.09 PRAN<sub>13</sub> +  
193 PRAN<sub>04</sub> + 191.19 PRAN<sub>14</sub> + 271 PRAN<sub>05</sub> + 268.61 PRAN<sub>15</sub> + 380 PRAN<sub>06</sub> + 377.37 PRAN<sub>16</sub>

COPRBDt: -0.001682 COBD<sub>t</sub> + 91 PRBD<sub>01</sub> + 90.3 PRBD<sub>11</sub> + 143 PRBD<sub>02</sub> + 142.48 PRBD<sub>12</sub> + 225 PRBD<sub>03</sub> + 224.82 PRBD<sub>13</sub>  
+ 317 PRBD<sub>04</sub> + 315.85 PRBD<sub>14</sub> + 446 PRBD<sub>05</sub> + 443.74 PRBD<sub>15</sub> + 625 PRBD<sub>06</sub> + 623.41 PRBD<sub>16</sub>

COPRCHt: -0.0011248 COCH<sub>t</sub> + 22.91 PRCH<sub>01</sub> + 21.84 PRCH<sub>11</sub> + 36.21 PRCH<sub>02</sub> + 34.46 PRCH<sub>12</sub> + 57.14 PRCH<sub>03</sub> + 54.37 PRCH<sub>13</sub>  
+ 80.27 PRCH<sub>04</sub> + 76.38 PRCH<sub>14</sub> + 112.77 PRCH<sub>05</sub> + 107.35 PRCH<sub>15</sub> + 158.43 PRCH<sub>06</sub> + 150.76 PRCH<sub>16</sub>

COPRCVt: -0.001667 COCV<sub>t</sub> + 54PRCV<sub>01</sub> + 52.95 PRCV<sub>11</sub> + 84. PRCV<sub>02</sub> + 83.55 PRCV<sub>12</sub> + 133 PRCV<sub>03</sub> + 131.83 PRCV<sub>13</sub>  
+ 186PRCV<sub>04</sub> + 185.21 PRCV<sub>14</sub> + 261 PRCV<sub>05</sub> + 260.2 PRCV<sub>15</sub> + 366 PRCV<sub>06</sub> + 365.55 PRCV<sub>16</sub>

COPRDBt: -0.00118 CODB<sub>t</sub> + 18.1 PRDB<sub>01</sub> + 24.65<sub>11</sub> + 28.57 PRDB<sub>02</sub> + 46.78 PRDB<sub>12</sub> + 45.08 PRDB<sub>03</sub> + 73.81 PRDB<sub>13</sub>  
+ 63.33 PRDB<sub>04</sub> + 103.70 PRDB<sub>14</sub> + 88.97 PRDB<sub>05</sub> + 145.68 PRDB<sub>15</sub> + 124.99 PRDB<sub>06</sub> + 204.67 PRDB<sub>16</sub>

COPRES<sub>t</sub>: -0.001312 COES<sub>t</sub> + 06 PRES<sub>01</sub> + 63.5 PRES<sub>11</sub> + 103 PRES<sub>02</sub> + 100 PRES<sub>12</sub> + 163 PRES<sub>03</sub> + 157.9 PRES<sub>13</sub>  
+ 229 PRES<sub>04</sub> + 221.7 PRES<sub>14</sub> + 320 PRES<sub>05</sub> + 311.5 PRES<sub>15</sub> + 450 PRES<sub>06</sub> + 437.6 PRES<sub>16</sub>



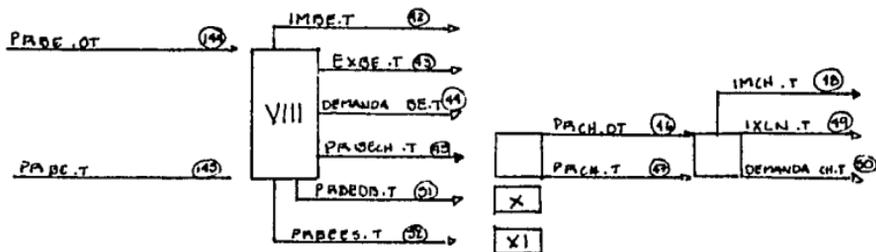
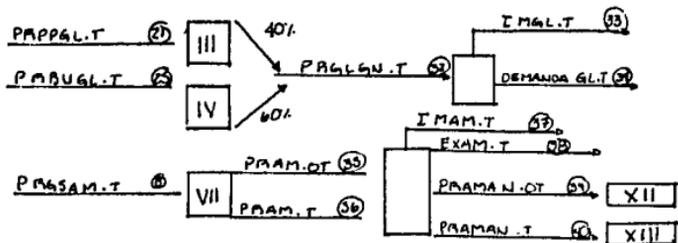


Diagrama 2

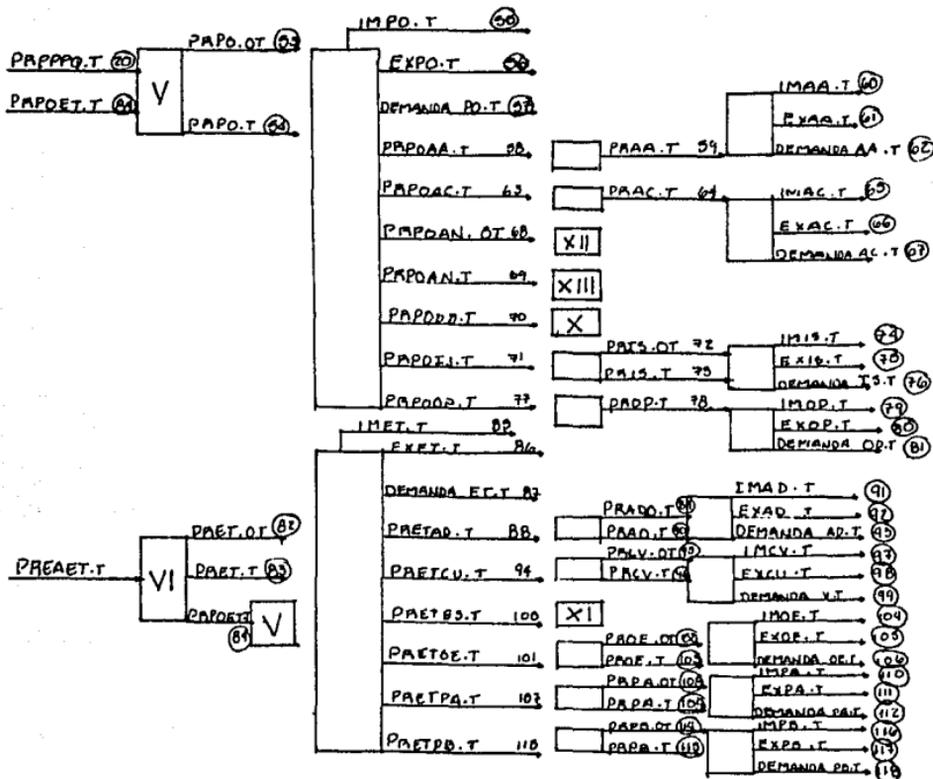


Diagrama 3.

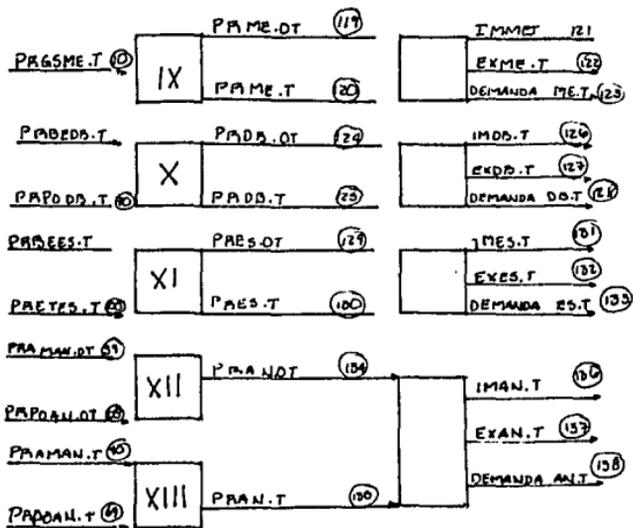


Diagrama 4

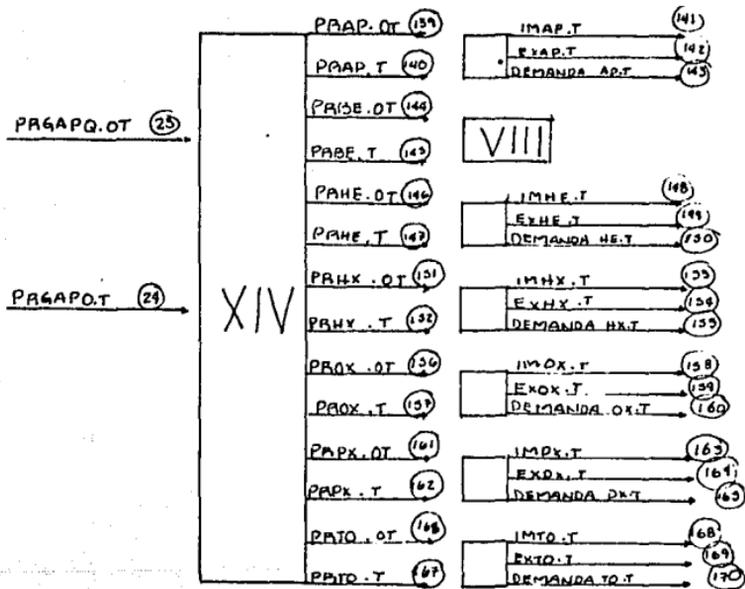


Diagrama 5



A

N

E

X

O

I

I

D

A

T

O

S

RESTRICCIÓN DE GAS SECO

		COSTOS	
RESCH <sub>1</sub>	29,398,700		Reserva 35,232,496 ft <sup>3</sup>
RESCH <sub>2</sub>	26,384,198		Reserva 4,727,280 X 10 <sup>6</sup> ft <sup>3</sup>
RESGH <sub>3</sub>	4,727,280		Reserva 26,304,190 X 10 <sup>6</sup> ft <sup>3</sup>
RESCH <sub>4</sub>	35,232,496	Reserva	29,398,700 X 10 <sup>6</sup> ft <sup>3</sup>
RESGHTOT	95,742,674		Producción Acumulada

DISPONIBILIDAD DE GASOLINA PARA PETROQUIMICOS

DISGA PQ <sub>1</sub>	16.267,257	10 <sup>3</sup>	BL de gasolinas
DISGA PQ <sub>2</sub>	28.524,123		
DISGA PQ <sub>3</sub>	17.099,427		
DISGA PQ <sub>4</sub>	10.367,989		

DEMANDAS DE PRODUCTOS PQ BASICOS\*  
1984-2001

(Miles de Toneladas/Año)

Productos/	Período						
Acido Acrílico	40.2	62.2	80.1	98.1	120.1	147.2	
Acroleína	10.5	12.9	15.6	18.4	21.8	25.9	
Acetaldehído	727.3	936.5	1173.3	1433.3	1750.9	2138.9	
Amoníaco	8989	13,331	16,082.5	20,815.9	26,942.3	34,871.9	
Acrilonitrilo	408.4	524.2	645.3	779.5	941.6	1,137.4	
Aromaticos Pesados	70.6	95.3	125.2	160.8	206.5	265.2	
Butadieno	323.8	425.5	559.2	694.7	863	1072.2	
Benceno	240.6	371.1	456.4	623.6	877	1215.6	
Ciclohexano	412.1	481.8	555.6	625	703.1	790.9	
Cloruro de Vinilo	991.7	1344.6	1781.5	2275.5	2906.5	3712.4	
Dodecibenceno	376.4	445.1	512.7	570.1	633.9	704.9	
Estireno	635.2	888.6	1197.8	1559.8	2031.1	2644.9	
Etileno	8.70	44.60	59.40	79	105.2	140	
Gas Licuado	111.44	145.08	197.05	249.77	315.47	396.88	
Gas Seco (**)	1,539,075.6	1,772,466.4	2,028,000.2	2,354,377.7	2,733,281.1	3,119,127.7	
Heptano	26.3	28.9	31.3	33.5	35.9	38.4	
Hexano	265.1	367.3	453.1	570.8	719.0	905.7	
Isopropanol	213	244.3	277.9	310.8	347.6	388.7	
Metano	930.2	2128.6	2814.6	3718	4914	7473.6	
Oxido de Etileno	540.9	673.6	837.3	1003.3	1201.7	1439.4	
Oxido de Propileno	222.8	305.6	404.1	520.4	670.2	863.2	
Ortoxileno	182.3	234.6	310.1	385.4	478.6	594.6	
Poliétileno de Alta P	490.6	715.6	1022.8	1436.9	2018.8	2836.3	
Poliétileno de Baja P	1246.8	1775.7	2494.7	3504.9	4924.1	6918	
Propano	181.15	508.89	677.33	901.53	1199.94	1597.11	
Para-xileno	550	716.7	933.9	1216.89	1585.68	2066.33	
Tolueno	471	578.6	710.5	838.2	1067.2	1315.7	

(\*) Restricciones BAL. XX.-

(\*\*) Millones de pies cúbicos



PRODUCCIONES

		1	2	3	4	5	6
Acido Acrilico	1	68.14	107.52	169.66	238.36	334.87	470.45
	2		107.52	169.66	238.36	334.87	470.45
	3			169.66	238.36	334.87	470.45
	4				238.36	334.87	470.45
	5					334.87	470.45
	6						470.45

---

---

		1	2	3	4	5	6
Acroleina	1	82.61	130.35	205.68	288.96	405.96	570.33
	2		130.35	205.68	288.96	405.96	570.33
	3			205.68	288.96	405.96	570.33
	4				288.96	405.95	570.33
	5					405.95	570.33
	6						570.33

		01	02	03	04	05	06
Ciclohexano (viejas)		22.95	36.21	57.14	80.27	112.77	158.43
		1	2	3	4	5	6
Clohexano (nuevas)	1	21.84	34.46	54.37	76.38	107.31	150.76
	2		34.46	54.37	76.38	107.31	150.76
	3			54.37	76.38	107.31	150.76
	4				76.38	107.31	150.76
	5					107.31	150.76
	6						150.76

---

		01	02	03	04	05	06
Cloruro de Vinilo		54	84	133	186	261	366
		1	2	3	4	5	6
Cloruro de Vinilo	1	52.95	83.55	131.83	185.21	260.2	365.55
	2		83.55	131.83	185.21	260.2	365.55
	3			131.83	185.21	260.2	365.55
	4				185.21	260.2	365.55
	5					260.2	365.55
	6						365.55

		1	2	3	4	5	6
Acetaldehido	1	43.49	68.82	108.59	152.56	214.33	301.11
	2		68.82	108.59	152.56	214.33	301.11
	3			108.59	152.56	214.33	301.11
	4				152.56	214.33	301.11
	5					214.33	301.11
	6						301.11

---

---

		01	02	03	04	05	06
Amoníaco (viejas)		48.26	76.15	120.16	168.82	237.17	333.20

		1	2	3	4	5	6
Amoníaco	1	52.16	82.30	129.86	182.44	256.31	360.09
nuevas	2		82.30	129.86	182.44	256.31	360.09
	3			129.86	182.44	256.31	360.09
	4				182.44	256.31	360.09
	5					256.31	360.09
	6						360.09

		01	02	03	04	05	06
Acrilonitrilo (viejas)		55	87	137	193	271	380
		1	2	3	4	5	6
Acrilonitrilo (nuevas)	1	54.66	86.25	136.09	191.19	268.61	377.37
	2		86.25	136.09	191.19	268.61	377.37
	3			136.09	191.19	268.61	377.37
	4				191.19	268.61	377.37
	5					268.61	377.37
	6						377.37

---



---

		01	02	03	04	05	06
Butadieno (viejas)		91	143	225	317	446	625
		1	2	3	4	5	6
Butadieno (nuevas)	1	90.3	142.48	224.82	315.85	443.74	623.41
	2		142.48	224.82	315.85	443.74	623.41
	3			224.82	315.85	443.74	623.41
	4				315.85	443.74	623.41
	5					443.74	623.41
	6						623.41

		01	02	03	04	05	06
Dodecilbenceno	(viejas)	18.1	28.57	45.08	63.33	88.97	124.99
		1	2	3	4	5	6
Dodecilbenceno	1	29.65	46.78	73.81	103.70	145.68	204.67
(nuevas)	2		46.78	73.81	103.70	145.68	204.67
	3			73.81	103.70	145.68	204.67
	4				103.70	145.68	204.67
	5					145.68	204.67
	6						204.67

---

		01	02	03	04	05	06
Estireno	(viejas)	66	103	153	229	320	450
		1	2	3	4	5	6
Estireno	1	63.5	100	157.9	221.7	311.5	437.6
(nuevas)	2		100	157.9	221.7	311.5	437.6
	3			157.9	221.7	311.5	437.6
	4				221.7	311.5	437.6
	5					311.5	437.6
	6						437.6

		01	02	03	04	05	06
Etileno	(viejas)	23.8	37.56	59.26	83.26	116.97	164.33
		1	2	3	4	5	6
Etileno	1	30.7	48.45	76.45	107.4	150.9	212
(nuevas)	2		48.45	76.45	107.4	150.9	212
	3			76.45	107.4	150.9	212
	4				107.4	150.9	212
	5					150.9	212
	6						212

---

PRODUCCION DE GASOLINA A PETROQUIMICOS		PRGAPQ					
		01	02	03	04	05	06
PRGAPQ		62,630	98,850	156,000	219,150	307,800	432,400
		1	2	3	4	5	6
PRGAPQ	1	62,630	98,850	156,000	219,150	307,800	432,400
	2		98,850	156,000	219,150	307,800	432,400
	3			156,000	219,150	307,800	432,400
	4				219,150	307,800	432,400
	5					307,800	432,400
	6						432,400

		01	02	03	04	05	06
Gas Húmedo	(viejas)	138	205	305	411	580	757
		1	2	3	4	5	6
Gas Húmedo	1 (nuevas)	130.6	194.65	289	390.75	550.7	720.12

---

---

		01	02	03	04	05	06
Isopropanol	(viejas)	29	45	70	99	139	195
		1	2	3	4	5	6
Isopropanol	1 (nuevas)	28.06	44.28	69.87	98.16	137.91	193.74
	2		44.28	69.87	98.16	137.91	193.74
	3			69.87	98.16	137.91	193.74
	4				98.16	137.91	193.74
	5					137.91	193.74
	6						193.74

	01	02	03	04	05	06
Metano (viejas)	19.04	30.05	47.42	66.61	93.51	131.48
	1	2	3	4	5	6
Metano (nuevas)	25	39	61.2	85.9	120.7	170.7
	2	39	61.2	85.9	120.7	120.7
	3		61.2	85.9	120.7	170.7
	4			85.9	120.7	170.7
	5				120.7	170.7
	6					170.7
<hr/>						
	01	02	03	04	05	06
Oxido de Etileno (viejas)	87.12	137.47	216.91	304.74	428.12	601.42
Oxido de Etileno (nuevas)	83.35	131.52	207.53	291.56	409.61	575.46
	1	131.52	207.53	291.56	409.61	575.46
	2		207.53	291.56	409.61	575.46
	3			291.56	409.61	575.46
	4				409.61	575.46
	5					575.46
	6					

	1	2	3	4	5	6	
Oxido de Propileno	1	47.25	74.56	117.65	165.29	232.21	326.31
	2		74.56	117.65	165.29	232.21	326.31
	3			117.65	165.29	232.21	326.31
	4				165.29	232.21	326.31
	5					232.21	326.31
	6						326.31

---

	01	02	03	04	05	06	
Polietileno de Alta (viejas)	32.03	50.53	79.73	112.02	157.38	221.1	
Polietileno de Baja (nuevas)	1	43.09	67.99	107.28	150.72	211.74	297.48
	2		67.99	107.28	150.72	211.74	297.48
	3			107.28	150.72	211.74	297.48
	4				150.72	211.74	297.48
	5					211.74	297.48
	6						297.48

	01	02	03	04	05	06
Polietileno de Baja (viejas)	62.18	98.12	154.82	217.51	305.58	429.31
	1	2	3	4	5	6
Polietileno de Baja (nuevas)	1 83.67	132.02	208.31	292.65	411.15	577.63
	2	132.02	208.31	292.65	411.15	577.63
	3		208.31	292.65	411.15	577.63
	4			292.65	411.15	577.63
	5				411.15	577.63
	6					577.63
<hr/>						
Propano (viejas)	01 30.35	02 47.89	03 75.57	04 106.17	05 149.16	06 209.56
	1	2	3	4	5	6
Propano (nuevas)	1 37.9	59.9	94.45	132.7	186.45	261.95
	2	59.9	94.45	132.7	186.45	261.95
	3		94.45	132.7	186.45	261.95
	4			132.7	186.45	261.95
	5				186.45	261.95
	6					261.95

PRODUCCION DE GAS HUMEDO TOTAL

PRGHTOT<sub>11</sub> 588 0660

PRGHTOT<sub>21</sub> 588 0660

PRGHTOT<sub>31</sub> 588 0660

PRGHTOT<sub>41</sub> 588 0660

PRGHTOT<sub>51</sub> 588 0660

PRGHTOT<sub>61</sub> 588 0660

PRGHTOT 12, 22, 32, 42, 52, 62 - 4562700

PRGHTOT 13, 23, 33, 43, 53, 63 - 3821160

PRGHTOT 14, 24, 34, 44, 54, 64 - 2326950

PRECIOS DE EXPORTACION

	1	2	3	4	5	6
Acido Acrílico	1,236,00	1,296,000	1,374,000	1,385,000	1,481,000	1,586,000
Acroleína	1,340,000	1,377,000	1,515,000	1,666,000	1,832,000	2,016,000
Acetaldehído	740,000	772,000	834,000	918,000	1,010,000	1,111,000
Amoniaco	142,000	150,000	157,000	164,000	190,000	209,000
Acrilobutrilo	947,000	1,022,000	1,125,000	1,237,500	1,361,000	1,498,000
Aromaticos Pesados	580,000	624,000	687,000	788,500	860,000	997,500
Butadieno	771,000	837,000	882,000	970,000	1,067,000	1,174,000
Benceno	481,000	523,000	546,000	622,000	703,000	798,000
Ciclohexano	535,000	609,000	639,000	703,000	773,000	851,000
Cloruro de Vinilo	580,000	609,000	640,000	704,000	775,000	852,000
Dodecibenceno	980,000	1,074,000	1,128,000	1,241,000	1,365,000	1,501,000
Estireno	793,000	827,000	868,000	956,000	1,051,000	1,156,000
Etileno	673,000	740,000	813,000	896,000	984,000	1,083,000
Heptano	480,000	516,000	625,000	735,000	860,000	1,008,000
Hexano	480,000	527,000	618,000	725,000	850,000	997,000
Isopropanol	643,000	693,000	762,000	839,000	922,000	1,015,000
Metano	189,000	198,000	209,000	243,000	259,000	284,000
Oxido de Etileno	987,000	1,382,000	1,534,000	1,842,000	2,210,000	2,652,000
Oxido de Propileno	1,040,000	1,092,000	1,163,000	1,303,000	1,459,000	1,634,000
Ortoxileno	460,000	483,000	507,000	558,000	614,000	674,500
Poliétileno de Alta	1,068,000	1,104,000	1,215,000	1,395,000	1,602,000	1,842,000
Poliétileno de Baja	884,000	946,000	1,012,000	1,112,000	1,225,000	1,345,170
Propano	500,000	517,000	553,000	608,000	669,000	770,000
Para-xileno	569,000	598,000	627,000	690,000	760,000	835,000
Tolueno	415,000	436,000	458,000	504,000	554,000	609,000

PRECIOS DE IMPORTACION

	1	2	3	4	5	6
Acido Acrílico	1,280,000	1,344,000	1,438,000	1,539,000	1,646,000	1,762,000
Acroleína	1,441,000	1,530,000	1,683,000	1,851,000	2,036,000	2,240,000
Acetaldehído	825,000	858,000	927,000	1,020,000	1,122,000	1,234,000
Amoniaco	150,000	157,500	165,000	182,000	200,000	220,000
Acriolnitrilo	1,055,000	1,136,000	1,250,000	1,375,000	1,512,000	1,664,000
Aromaticos Pesados	610,000	657,000	723,000	830,000	955,000	1,050,000
Butadieno	886,000	930,000	980,000	1,078,000	1,186,000	1,304,000
Benceno	506,000	550,000	575,000	655,000	740,000	840,000
Ciclohexano	610,000	641,000	673,000	740,000	814,000	896,000
Cluoruro de Vinilo	645,000	677,000	711,000	782,000	861,000	947,000
Dodecílbenzeno	1,077,000	1,131,000	1,187,000	1,306,000	1,437,000	1,580,000
Estireno	829,000	871,000	914,000	1,006,000	1,106,000	1,217,000
Etileno	686,000	755,000	830,000	914,000	1,004,000	1,105,000
Gas Licuado	3,550,000	4,429,000	5,525,000	6,892,000	8,598,000	10,725,000
Heptano	490,000	527,000	638,000	750,000	878,000	1,029,000
Hexano	490,000	538,000	631,000	740,000	867,000	1,017,000
Isopropanol	734,000	770,000	847,000	932,000	1,025,000	1,128,000
Metano	210,000	220,000	232,000	270,000	288,000	315,000
Oxido de Etileno	1,184,000	1,421,000	1,705,000	2,047,000	2,456,000	2,947,000
Oxido de Propileno	1,208,000	1,269,000	1,351,000	1,512,000	1,679,000	1,847,000
Orto-xileno	484,000	508,000	534,000	587,000	646,000	710,000
Polietileno de Alta	1,140,000	1,227,000	1,350,000	1,550,000	1,780,000	2,047,000
Polietileno de Baja	902,000	965,000	1,033,000	1,136,000	1,250,000	1,375,000
Propano	508,000	544,000	598,200	640,000	704,000	810,000
Para-xileno	632,500	664,000	697,000	767,000	844,000	928,000
Tolueno	437,000	459,000	482,000	530,000	583,000	641,000

COSTOS DE PRODUCCION

	1	2	3	4	5	6
AA	.001577	.001577	.001577	.001577	.001577	.001577
AC	.001663	.001663	.001663	.001663	.001663	.001663
AD	.001380	.001380	.001380	.001380	.001380	.001380
AM	.001616	.001616	.001616	.001616	.001616	.001616
AN	.001462	.001462	.001462	.001462	.001462	.001462
BD	.001682	.001682	.001682	.001682	.001682	.001682
CH	.001248	.001248	.001248	.001248	.001248	.001248
CV	.001667	.001667	.001667	.001667	.001667	.001667
DB	.001180	.001180	.001180	.001180	.001180	.001180
ES	.001312	.001312	.001312	.001312	.001312	.001312
ET	.001545	.001545	.001545	.001545	.001545	.001545
GA	1.538	1.538	1.538	1.538	1.538	1.538
GH	1.515	1.515	1.515	1.515	1.515	1.515
IS	.001541	.001541	.001541	.001541	.001541	.001541
ME	.001609	.001609	.001609	.001609	.001609	.001609
OE	.001530	.001530	.001530	.001530	.001530	.001530
OP	.001536	.001536	.001536	.001536	.001536	.001536
PA	.001	.001	.001	.001	.001	.001
PB	.001	.001	.001	.001	.001	.001
PO	.001444	.001444	.001444	.001444	.001444	.001444

INVERSIONES

	1	2	3	4	5	6
AA 1	14.91	14.91	14.91			
2	17.76	17.76	17.76			
3			21.15	21.15	21.15	
4				25.17	25.17	25.17
5					30	30
6						35.37

---

	1	2	3	4	5	6
AC 1	2.91	2.91	2.91			
2		3.46	3.46	3.46		
3			4.12	4.12	4.12	
4				4.92	4.92	4.92
5					5.85	5.85
6						6.99

	1	2	3	4	5	6
AD 1	21.33	21.33	21.33			
2		25.41	25.41	25.41		
3			30.27	30.27	30.27	
4				36.06	36.06	36.06
5					42.93	42.93
6						51.15

---

	1	2	3	4	5	6
AM 1	144.18	144.18	144.18			
2		171.72	171.72	171.72		
3			204.51	204.51	204.51	
4				243.57	243.57	243.57
5					290.1	290.1
6						345.48

	1	2	3	4	5	6
AN 1	18.06	18.06	18.06			
2		21.51	21.51	21.51		
3			25.62	25.62	25.62	
4				30.51	30.51	30.51
5					36.33	36.33
6						43.26

---

	1	2	3	4	5	6
AR 1	150.3	150.3	150.3			
2		178	178	178		
3			212	212	212	
4				252.5	252.5	252.5
5					300.7	300.7
6						357.15



## R E S U L T A D O S

Ante la exigencia de la demanda de los PQ. Básicos, los resultados muestran una fuerte expansión de capacidad en el procesamiento del gas húmedo ocupando para ello, la disponibilidad existente ( reservas ) del gas asociado al crudo. Asimismo, aprovecha la existencia de la corriente de naftas ( gasolinas ) proveniente de la refinación del petróleo para poder expandir las capacidades de los derivados del etano, del propileno, y del butadieno.

Destaca que a través de las diferentes parametrizaciones de los costos de inversión y de operación alimentados al modelo, para el caso del polietileno de baja densidad, éste no expande su capacidad, mostrando con ello - que a la luz de todo el sistema, éste no resulta rentable. En cambio el etileno que podría estar destinado a la producción del polietileno de baja densidad, es exportado. Por otra parte, lo mismo sucede con el butadieno pero en este último caso la mezcla de Butano/Butilenos es desviada hacia - la producción de gas licuado mostrando con ello que se prefiere dejar de importar gas licuado que dejar de importar butadieno.

Por lo que se refiere a los aromáticos, Benceno, Tolueno y Xilenos principalmente, el modelo busca poder aumentar aún más la capacidad de tratamiento de las gasolinas naturales provenientes del gas en combinación con las que provienen de refinación. Al no poder obtener más materia prima, no produce Benceno y Xilenos para ser utilizados posteriormente en la producción de Estireno y Paraxileno.

En los modelos aparecen como altamente rentables el Acido Acrílico y la Acroleína como derivados petroquímicos básicos. Sin embargo, de acuerdo a la actual legislación , estos productos son considerados como secundarios y por ese motivo disminuirán su rentabilidad. De aquí que al evaluar en conjunto todos los derivados del Propileno, podamos decir que esta cadena es altamente rentable y significativa para el desarrollo de nuestra industria petroquímica.

....(cont.Resultados)

Por lo que toca al gas natural seco, el modelo satisface la demanda como energético y todas sus utilizaciones como materia prima para la elaboración de Amoníaco y Metanol. Principalmente para este último y de acuerdo a la información alimentada al modelo, este es preferido como producto de exportación en comparación con el Amoníaco.

Para la cadena del Etano y por lo tanto del Etileno, la manufactura se -- orienta hacia derivados de este último de alto consumo, como el Cloruro de Vinilo , el Estireno y el Polietileno de Alta Densidad, tanto para satisfa cer la demanda interna como para exportación.



## APLICACION Y RESULTADOS INDIRECTOS DEL MODELO

---

Una de las aplicaciones para la cual este modelo fue utilizado, se refiere al cálculo de los requerimientos de petróleo y gas natural, insumos básicos de la industria petroquímica, hasta el año 2000, de acuerdo a un conjunto de estrategias globales que se utilizaron para determinar el desarrollo de la IPQ de México. De esta forma, el modelo que aquí se describe, tomó como alimentaciones el conjunto de estrategias que se plantearon para la oferta de la IPQ básica, con las correspondientes a la IPQ secundaria, teniéndose como objetivo final, proporcionar para la primera, las prioridades de integración y diversificación y para la segunda el sentido y la dirección de un conjunto de inversiones deseables para el país. Así, al considerar un marco de política sectorial, se ayudará a integrar las consecuencias que un conjunto de proyectos tendría hacia origen y hacia destino en sus diferentes ámbitos de influencia.

Tanto las conclusiones como la metodología de ésta última parte, se obtuvieron del estudio denominado "Industria Petroquímica: Marco de referencia y bases para su planeación estratégica", realizado en el centro de promoción y evaluación de proyectos de SEMIP (10).

En el esquema 1 se conceptualiza la metodología utilizada. A través de ella se considera a la Industria Petroquímica como un sistema compuesto de un conjunto de cadenas productivas, las que a su vez relacionan a sus productos integrantes mediante transformaciones que se rigen por relaciones insumo-producto; cabe mencionar que un mismo producto puede formar parte de diferentes cadenas productivas, estableciendo así una relación entre las mismas cadenas, ya que para un mismo producto final, pueden existir diferentes cadenas productivas, cada una teniendo una diferente tecnología.

El concepto de cadena productiva y la aplicación del reglamento de la ley reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en materia petroquímica, permite diferenciar a cada uno de los productos integrantes de una cadena, -

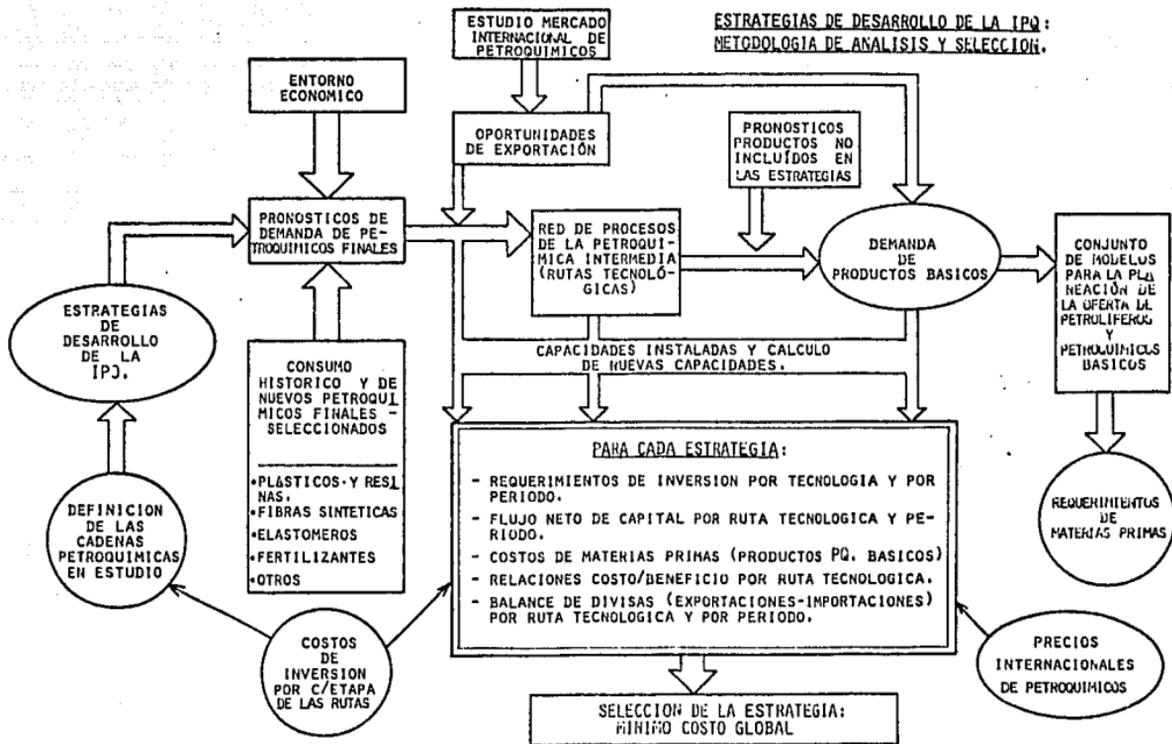
ya sea como petroquímico básico o como petroquímico secundario, siendo posible reconocer dentro de los últimos, a los llamados productos de la demanda final.

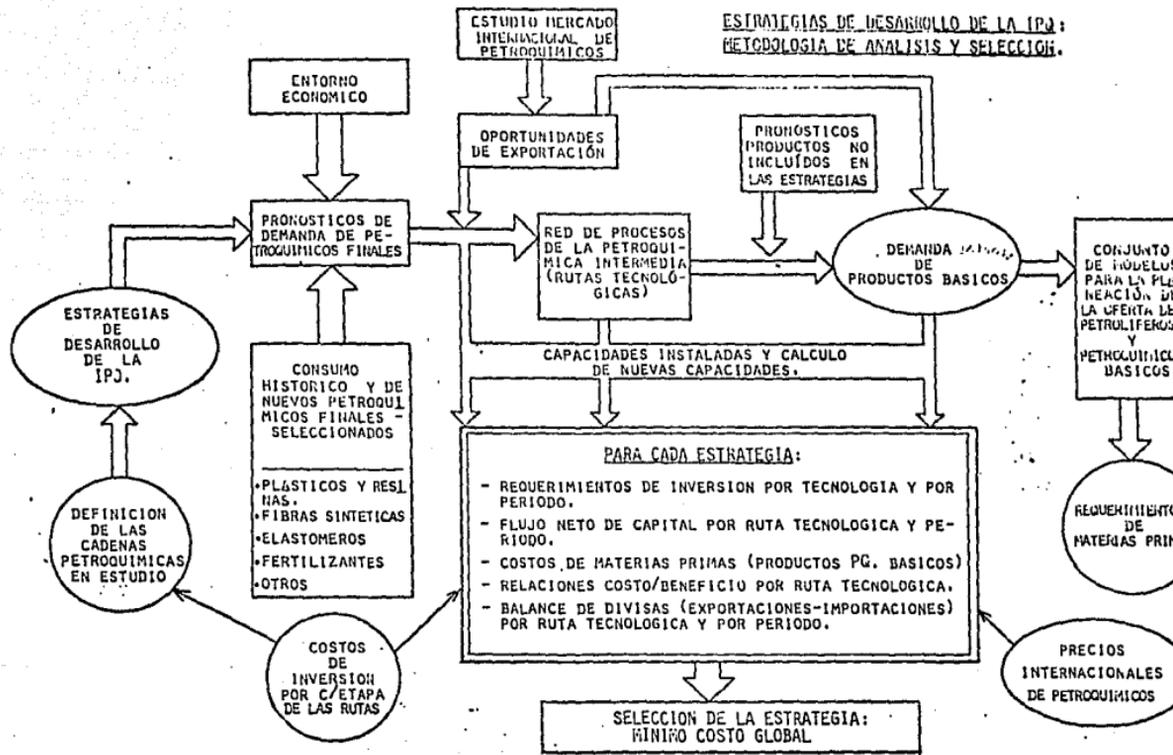
Utilizando como base tal concepto, se analizó para la serie histórica de 1970 a 1983 la información concerniente a las variables de mercado - capacidad instalada, producción, importación, exportación y consumo aparente - para las fibras, las resinas, los elastómeros, los fertilizantes y los detergentes, identificando en cada caso tanto la integración como la utilización de las materias primas de cada cadena. En este punto, es necesario mencionar que se incluyeron en el análisis, todos aquellos productos que dada su importancia, ya sea como materia prima o como producto final, podrían afectar el desarrollo de la Petroquímica.

Para la Industria Petroquímica Mundial se realizó un análisis de las características y posibles estrategias de los principales actores con especial énfasis en los países árabes, así como un análisis de las variables de mercado para el año de 1983 y proyectadas hacia el horizonte del año 2000, basándose en la información obtenida en el análisis de las estrategias de los actores. De la información anterior se identificaron finalmente las fuerzas y debilidades de cada región geográfica y las perspectivas que hacia el futuro México tendrá dentro del escenario de la Industria Petroquímica Mundial. De una manera específica se establecieron los nichos del mercado, a los cuales, por su posición, nuestro país podría acudir como exportador, así como las fuerzas y debilidades que a corto y largo plazo poseerá para cada grupo de derivados petroquímicos.

ESQUEMA 1

ESTRATEGIAS DE DESARROLLO DE LA IPQ :  
METODOLOGIA DE ANALISIS Y SELECCION.





Por último, se propusieron cuatro estrategias diferentes que establecen las políticas que podrían controlar la evolución de la industria petroquímica de nuestro País hacia el año 2000, considerando que los factores de competitividad que la gobiernan, son la disponibilidad y costo de las materias primas, la economía de escala y el costo de capital.

En el esquema 2 se presenta la descripción de las estrategias.

Sobre la base de dos escenarios macroeconómicos, se determinó la demanda de cada uno de los productos de la demanda final. Utilizando los resultados de las dos primeras partes del proyecto, se especificaron las posibilidades de exportación de los diferentes productos, creando de esta manera un escenario de demanda acorde a cada política de crecimiento; con la información anterior y la estructura de las cadenas productivas se calcularon las demandas inducidas de todos los insumos requeridos a cada una de las cadenas, obteniéndose a continuación las necesidades de inversión e importación, las que al relacionarse con la actividad exportadora, en términos de metas, permitieron realizar el balance de divisas dentro de cada cadena y para toda la Industria Petroquímica.

Cabe mencionar que en cuanto a las políticas de crecimiento, aquellas que involucran la selección de la mejor tecnología disponible para la producción, se resolvieron utilizando para ello un criterio de evaluación beneficio-costo para cada cadena productiva, permitiendo de esta manera llevar a cabo una selección basada en los costos de producción de cada producto final en cadenas integradas.

Con los resultados obtenidos del análisis de cada una de las cuatro estrategias, se procedió a seleccionar la mejor de entre ellas, utilizando critérios económicos como parámetros de selección.

De la estrategia seleccionada como la mejor, se determinó una cartera de oportunidades de inversión a corto y mediano plazo para la Industria Petroquímica Secundaria, considerando que los proyectos de inversión concernientes a la Petroquímica Básica están dados en el corto plazo y que su realización queda en manos de Pemex.

#### SELECCION DE LOS PRODUCTOS INCLUIDOS EN LAS ESTRATEGIAS

Cada uno de los productos que la IPQ produce tiene por lo general más de un destino o utilización, por lo tanto, el estudio debe centrarse en los productos más importantes, a la luz de la interdependencia establecida - entre un petroquímico final con todos sus insumos e inversamente, las - interacciones de un petroquímico dado con todos sus derivados, siendo el conjunto de los petroquímicos finales los que dan el efecto inductivo a toda la IPQ.

En consecuencia, fue necesario llevar a cabo una selección cuidadosa de todos aquellos productos que se debieron incluir, tomando como criterios para tal selección, el grado importancia de cada producto en cuanto a su utilización como insumo para la manufactura de otros petroquímicos, su - impacto en otros sectores económicos del país cuando se utiliza como materia prima de otro tipo de manufacturas y su uso como piedra angular para la integración de las cadenas petroquímicas.

#### BASE PARA LA EVALUACION DE LAS ESTRATEGIAS

Con el propósito de llevar a cabo una comparación y posterior selección entre las diferentes estrategias, es necesario evaluar cada una de ellas, utilizando un instrumento que permita cuantificar tanto las fuerzas, como las debilidades que cada una de ellas posee dentro del horizonte de planeación comprendido de 1985 al año 2000.

DESCRIPCION DE LAS ESTRATEGIAS DE DESARROLLO DE LA INDUSTRIA PETROQUIMICA

<u>ESTRATEGIA</u>	<u>DESCRIPCION</u>
I) <u>STATUS QUO: PROYECCION AL AÑO 2000 DE LA ESTRUCTURA DE 1983.</u>	CONSERVA LA ESTRUCTURA DE PRODUCCION POR RUTAS TECNOLOGICAS DE 1983. RESPONDE AL PRONOSTICO DE LA DEMANDA DE PLASTICOS Y RESINAS, FIBRAS SINTETICAS, ELASTOMEROS FERTILIZANTES Y DETERGENTES. LA POLITICA DE EXPORTACIONES E IMPORTACIONES PARA PRODUCTOS BASICOS, INTERMEDIOS Y FINALES, SE MANTIENE.
II) <u>STATUS QUO AUTARQUICA: PROYECCION AL AÑO 2000 DE LA ESTRUCTURA DE 1983, CON SUSTITUCION DE IMPORTACIONES.</u>	COMPLEMENTARIA A LA ANTERIOR. SE SUSTITUYEN IMPORTACIONES DE PRODUCTOS BASICOS, INTERMEDIOS Y FINALES POR PRODUCCION NACIONAL.
III) <u>AUTARQUICA CON SELECCION DE NUEVAS RUTAS TECNOLOGICAS.</u>	EXPANSION DE CAPACIDADES SE CUBREN MEDIANTE SELECCION DE DIFERENTES RUTAS TECNOLOGICAS ALTERNATIVAS DISPONIBLES EN BASE A SU COMPETITIVIDAD INTEGRAL EN C/U DE ellas. SE SUSTITUYEN IMPORTACIONES DIRECTAS E INDIRECTAS DE PRODUCTOS PARA MANUFACTURARSE INTERNAMENTE.
IV) <u>ESPECIALIZACION DE LA PRODUCCION CON SELECCION DE NUEVAS RUTAS TECNOLOGICAS.</u>	ESPECIALIZACION DE LA PRODUCCION DE PQ's DE LA DEMANDA FINAL CON ORIENTACION A EXPORTACIONES PERMANENTES. SE SELECCIONAN PRODUCTOS Y RUTAS TECNOLOGICAS MAS EFICIENTES. SE ESTABLECE POLITICA DE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES QUE REDUNDEN EN BALANZA COMERCIAL POSITIVA. SE UTILIZA COMO CRITERIO LA TASA MARGINAL DE SUSTITUCION DE EXPORTACION DE HIDROCARBUROS POR PETROQUIMICOS Y ANALISIS BENEFICIO/COSTO POR CADENA.

La mejor vía para resolver este problema es llevar a cabo una evaluación económica detallada acerca de los costos y ganancias que sería posible obtener de implantarse alguna de las estrategias.

Los costos se componen básicamente de inversiones ( incluyendo la rentabilidad del capital ) materias primas y requerimientos de divisas para llevar a cabo la importación de aquellos productos petroquímicos cuya demanda interna no es satisfecha por la producción nacional.

En cuanto a las ganancias, éstas quedan delimitadas por la generación de divisas por la vía de las exportaciones.

Al tomar en cuenta tanto el balance de divisas, como los requerimientos de inversión y materias primas para cada estrategia, se dispone de los elementos necesarios para que el análisis individual y de conjunto de las estrategias se lleve a cabo a la luz de los mismos factores y utilizando las mismas bases de evaluación.

Lo anterior puede conducir no sólo a la selección de la mejor estrategia sino también a la jerarquización de las estrategias restantes, con la certidumbre de que el instrumento utilizado en el análisis toma en cuenta factores que son estables en su aplicación y que son los necesarios para llevar a cabo la selección final.

Por todo lo anterior, la mejor estrategia será aquella que posea el menor costo total, entendiéndose que tal costo estará compuesto para un período en particular por los costos anuales equivalentes de las inversiones requeridas, el balance de divisas y el costo de las materias primas que se demandarán durante dicho período.

Con base en la metodología expuesta, en la tabla 1 se presenta la demanda inducida de petroquímicos básicos, y en los esquemas 3, 4, 5 y 6 las gráficas que muestran dicha demanda para los años de 1990 y 2000, de acuerdo a las cuatro estrategias mencionadas.

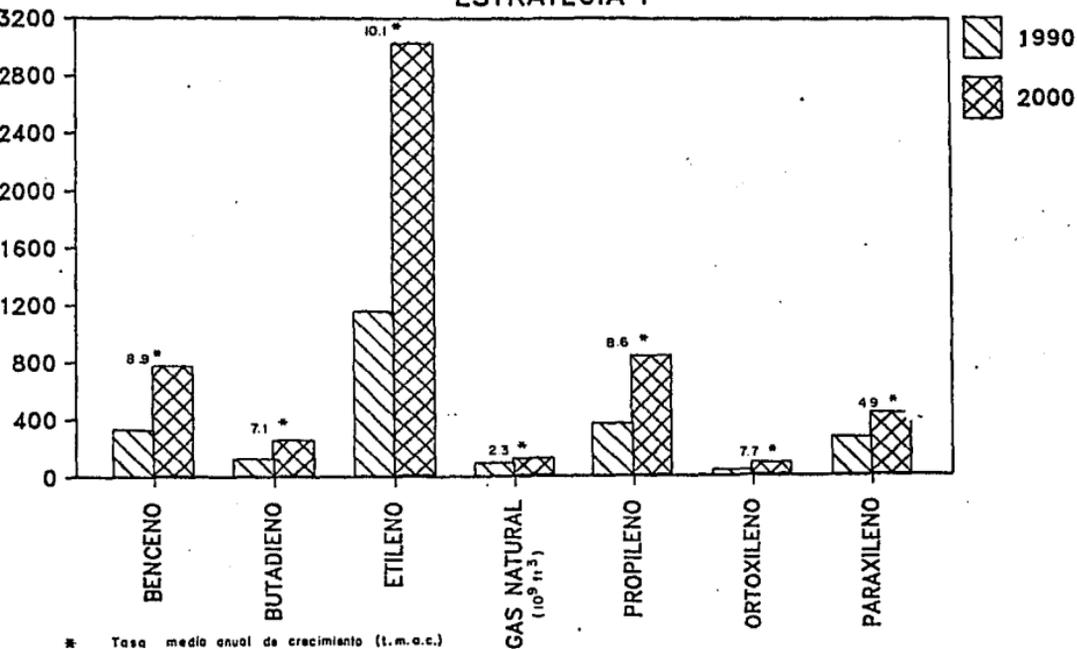
Con la metodología de evaluación antes mencionada se presenta en la tabla 1, el costo total de cada una de las estrategias analizadas, de donde puede observarse que la mejor estrategia es la IV, es decir, la de la especialización de la producción.

La utilización del modelo, motivo de la presente tesis, se llevó a cabo como sigue: con base en la selección de la mejor estrategia (IV) y considerando que la planeación en el sector productor de hidrocarburos interdependiente con la que se puede formular globalmente para la IPQ, se alimentaron el modelo las demandas que aparecen en la tabla 2, obteniéndose como resultados los requerimientos de gas natural tanto en su utilización como energético como de materia prima para la Industria Petroquímica Básica. Los resultados se muestran en la tabla 3, en donde también se utilizaron los resultados de la tesis: "Modelos de obtención de Petroquímicos a partir de crudo y oferta de productos refinados". ( 8 ).

Para el caso que nos ocupa, el crecimiento de la demanda de gas natural entre 1990 y el año 2000, sería de 2.4 % por año como energético y de 1.65 % por año como materia prima.

# DEMANDA INDUCIDA DE PETROQUIMICOS BASICOS

## ESTRATEGIA I



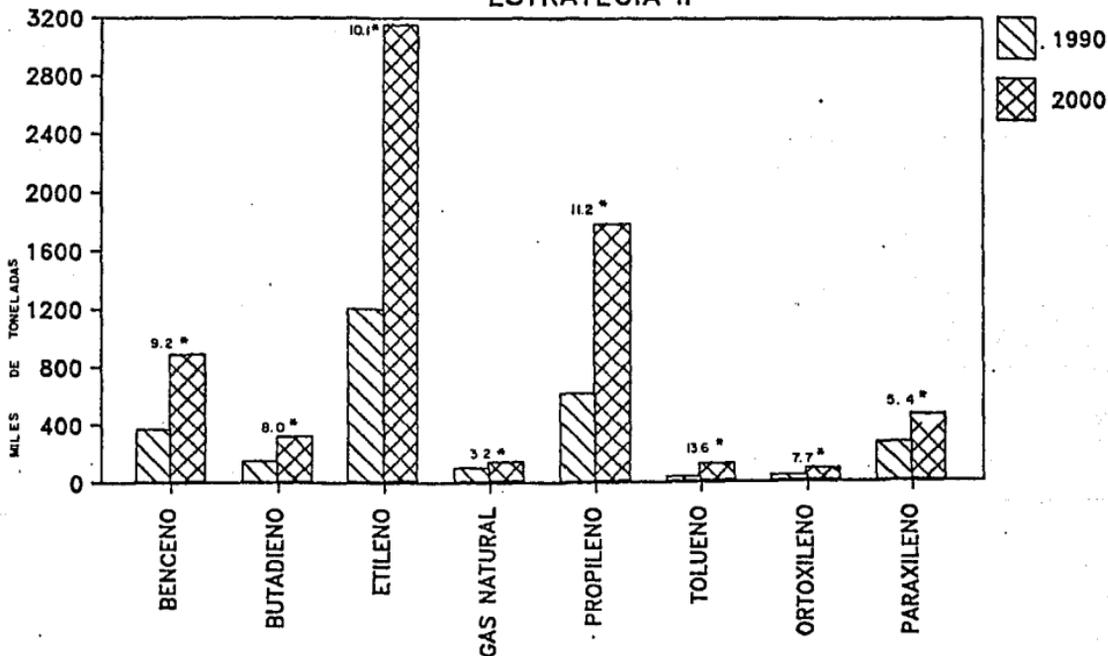
\* Tasa media anual de crecimiento (t.m.a.c.)

ESQUEMA 3

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

# DEMANDA INDUCIDA DE PETROQUIMICOS BASICOS

## ESTRATEGIA II

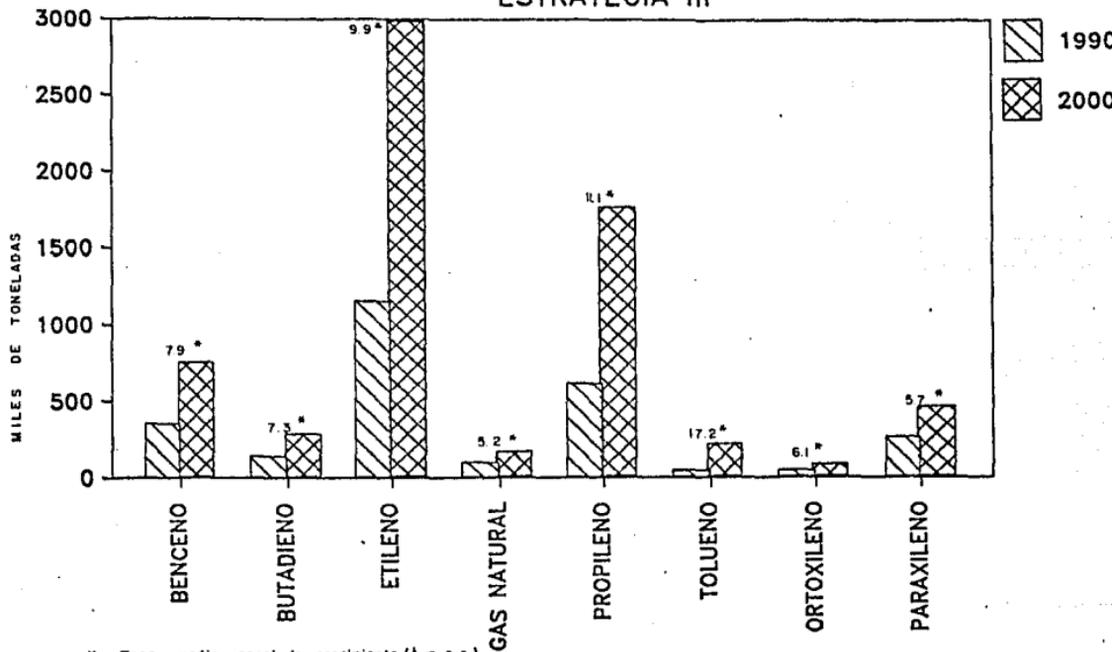


\* Tasa media anual de crecimiento (t.m.a.c.)

ESQUEMA 4

# DEMANDA INDUCIDA DE PETROQUIMICOS BASICOS

## ESTRATEGIA III

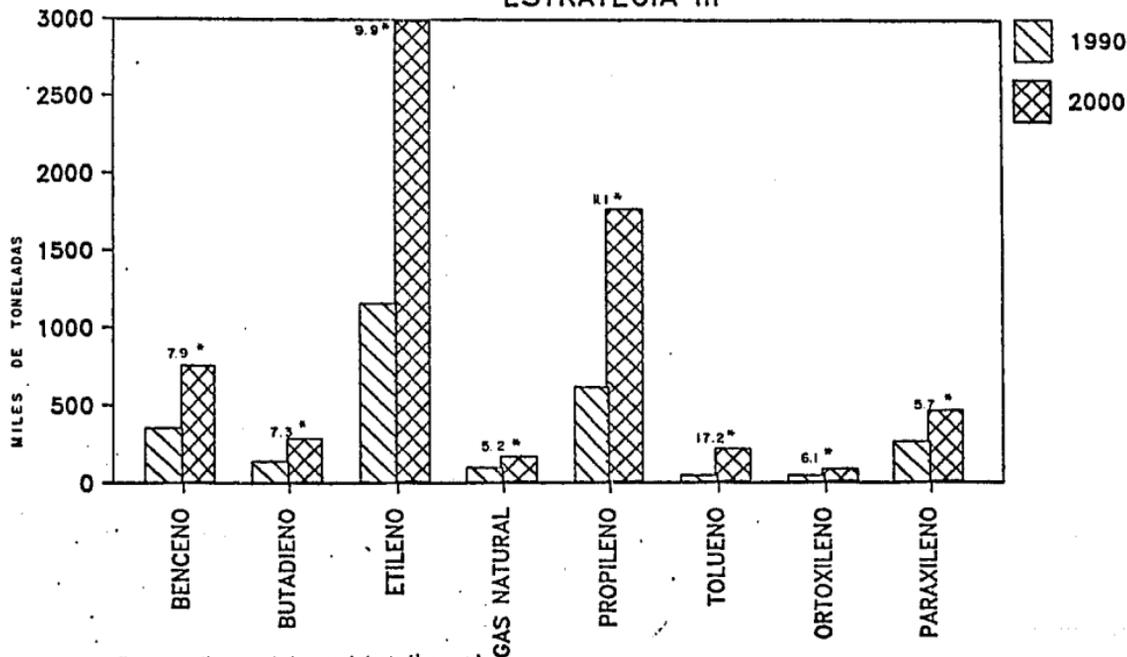


\* Tasa media anual de crecimiento (L.m.a.c.)

ESQUEMA 5

# DEMANDA INDUCIDA DE PETROQUIMICOS BASICOS

## ESTRATEGIA III



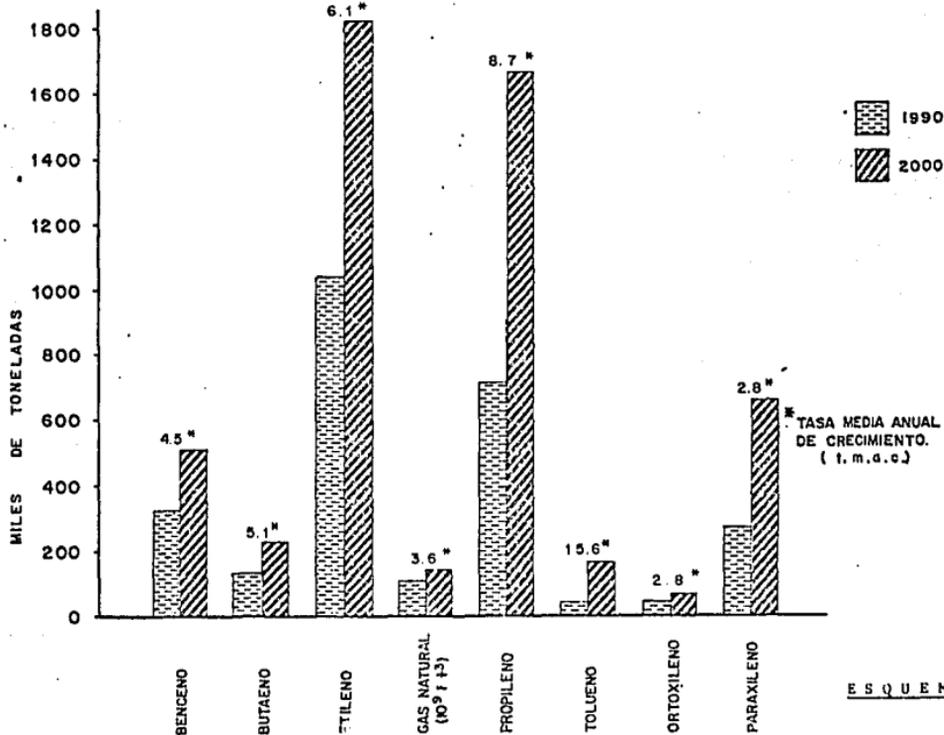
\* Tasa media anual de crecimiento (L.m. a.c.)

ESQUEMA 5

(Cont.)

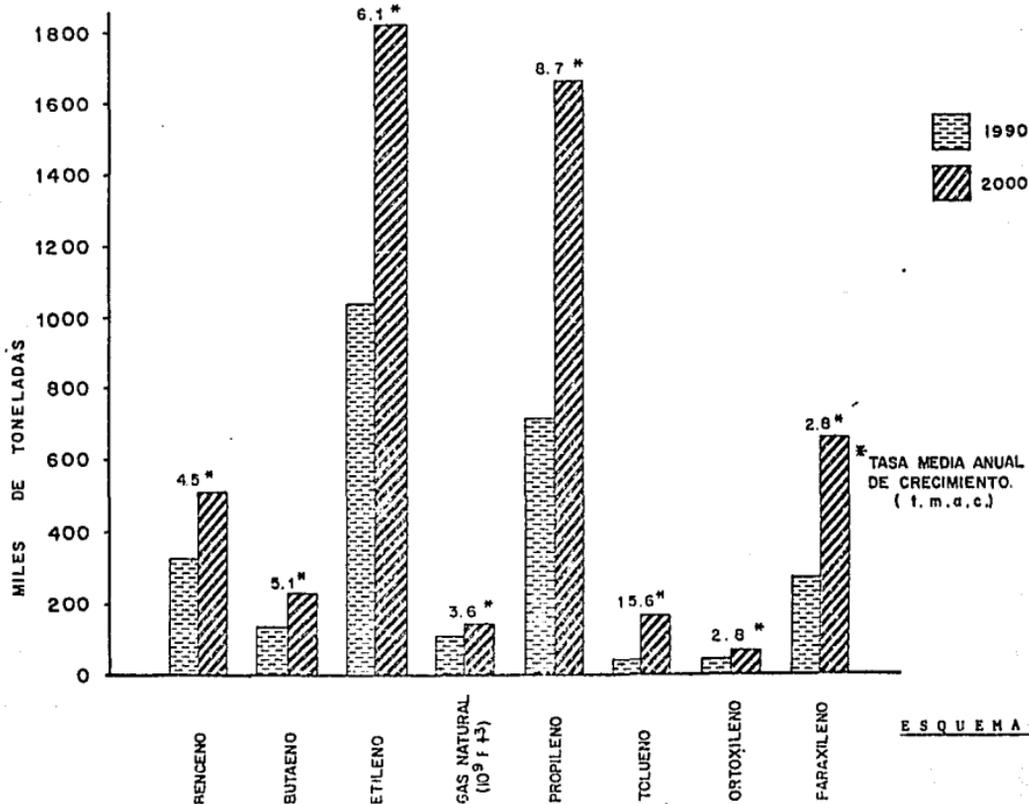
# DEMANDA INDUCIDA DE PETROQUIMICOS BASICOS

## ESTRATEGIA IV



# DEMANDA INDUCIDA DE PETROQUIMICOS BASICOS

## ESTRATEGIA IV



ESQUEMA 6

(Cont.)

COSTO TOTAL DE LAS ESTRATEGIAS

ESCENARIO BASE CON EXPORTACIONES

(MILLONES DE DOLARES DE 1983)

AÑO	ESTRATEGIA I	ESTRATEGIA II	ESTRATEGIA III	ESTRATEGIA IV
1988	1,256.23	939.15	872.92	825.93
1990	1,819.60	1,308.17	1,291.11	1,130.56
1993	3,019.96	2,277.39	2,297.59	2,099.32
1997	4,760.73	3,740.65	3,758.90	3,613.61
2000	6,193.37	4,730.31	4,768.99	4,765.57

T A B L A 1

**DEMANDA INDUCIDA DE PETROQUIMICOS BASICOS \***  
**(EXCLUSIVAMENTE COMO MATERIA PRIMA DENTRO DE LAS CADENAS TECNOLÓGICAS ESTUDIADAS)**  
**(MILES DE TONELADAS/AÑO)**

PRODUCTO	ESTRATEGIA I		ESTRATEGIA II		ESTRATEGIA III		ESTRATEGIA IV		% DE LA OFERTA TOTAL DURANTE 1983 DESTINADA A LAS CADENAS.	
	AÑO	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990		2000
BENCENO		328.1	769.2	369.4	886.6	352.9	752.8	328.1	510.5	75.6
T M A C ** (%)			8.9		9.2		7.9		4.5	
BUTADIENO		126.4	250.5	145.1	313.6	140.3	283.5	138.5	118.7	83.0
T M A C ** (%)			7.1		8.0		7.3		5.1	
ETILENO		1,153.4	3,020.7	1,199.7	3,149.6	1,157.7	2,984.9	1,039.5	1,882.4	64.2
T M A C ** (%)			10.1		10.1		9.9		6.1	
GAS NATURAL SECO ***		93.0	116.7	97.3	133.8	98.8	163.3	105.5	149.8	79.3
T M A C ** (%)			2.3		3.2		5.2		3.6	
PROPILENO		336.8	883.6	612.7	1,778.0	615.5	1,758.1	717.5	1,659.6	44.8
T M A C ** (%)		8.6			11.2		11.1		8.7	
TOLUENO		****	****	33.2	118.8	43.5	213.3	38.1	162.7	—
T M A C ** (%)					13.6		17.2		15.6	
ORTOXILENO		39.9	83.4	39.9	83.4	43.7	78.6	43.7	57.5	72.4
T M A C ** (%)			7.7		7.7		6.1		2.8	
PARAXILENO		266.1	427.1	270.6	457.0	263.3	458.7	274.3	360.5	100.2
T M A C ** (%)			4.9		5.4		5.7		2.8	

\* INCLUYE METAS DE EXPORTACIÓN DE LOS PETROQUIMICOS FINALES ESTUDIADOS EN LAS CADENAS.

\*\* TASA MEDIA ANUAL DE CRECIMIENTO 1990 - 2000.

\*\*\* EXPRESADO EN MILES DE MILLONES DE PIES CÚBICOS/AÑO.

\*\*\*\* NO SE INCLUYE EL TOLUENO NECESARIO COMO MATERIA PRIMA PARA MANUFACTURAR BENCENO POR HIDRODEALQUILACIÓN.

T A B L A 2

REQUERIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS NATURAL  
1990 y 2000

	<u>REQUERIMIENTOS TOTALES</u>		<u>REQUERIMIENTOS PARA LA IPO BASICA</u> (ESTRATEGIA IV)	
	<u>1990</u>	<u>2000</u>	<u>1990</u>	<u>2000</u>
	<u>MILLONES DE BARRILES/DIA</u>		<u>MILLONES DE B/D DE PETROLEO CRUDO EQUIV.</u>	
<u>PETROLEO CRUDO</u>	2.17	2.52	0.083	0.102
<u>NO SE INCLUYEN LAS POSIBLES EXPORTACIONES</u>				
	<u>MILLONES DE PIES CUBICOS/DIA</u>		<u>MILLONES DE PIES CUBICOS/DIA</u>	
<u>GAS NATURAL</u>	5 610	7 116	1 100	1 295
			<u>EXCLUSIVAMENTE COMO MATERIA PRIMA</u>	
	<u>MILLONES DE BARRILES/DIA</u>		<u>MILLONES DE BARRILES/DIA</u>	
<u>PETROLEO CRUDO EQUIVALENTE</u>	3.29	3.94	0.303	0.361
<u>PETROQUIMICOS A PARTIR DE CRUDO</u>	0.10	0.20	0.100	0.200
	3.39	4.14	0.403	0.561

T A B L A 3

**ESTRATEGIA IV: ESPECIALIZACION DE LA PRODUCCION \***

DEMANDA TOTAL DE PETROQUIMICOS BASICOS

(MILES DE TONELADAS/AÑO)

<u>PRODUCTO</u>	<u>1990</u>	<u>2000</u>	<u>TMAC: 1990-2000 **</u> (%)
ACETALDEHIDO	249	374	4.2
ACIDO ACRILICO	28	28	-
ACRILONITRILLO	214	439	7.5
AMONIACO	4 294	6 121	3.6
BENCENO	444	691	4.5
BUTADIENO	139	229	5.1
CICLOHEXANO	170	300	5.8
CLORURO DE VINILO	331	850	9.9
CUMENO	95	198	7.6
DODECILBENCENO	127	127	-
ESTIRENO	170	252	4.0
ETILENO	1 768	3 202	6.1
ISOPROPANOL	83	208	9.6
METANOL	764	1 170	4.4
METIL-TERBUTILETER	122	122	-
OXIDO DE ETILENO	139	147	0.6
OXIDO DE PROPILENO ***	60	155	10.0
POLIETILENO, B.D.	441/309	1 164/309	10.2
POLIETILENO, A.D.	239	609	9.8
POLIPROPILENO	168	667	14.8
PROPILENO	718	1 660	8.7
TOLUENO	456	709	4.5
XILENO, ORTO	84	88	0.5
XILENO, PARA	274	361	2.8

\* INCLUYE METAS DE EXPORTACION DE PETROQUIMICOS FINALES, INTERMEDIOS Y BASICOS.

\*\* TMAC: TASA MEDIA ANUAL DE CRECIMIENTO.

\*\*\* EL PRIMER CONJUNTO DE NUMEROS REPRESENTA LA DEMANDA TOTAL, MIENTRAS QUE EL - SEGUNDO LA OFERTA QUE PEMEX CUBRIRIA.



## C O N C L U S I O N E S

El modelo que se presentó, sigue el precepto de globalismo, en la medida que se considera como parte activa de un conjunto más grande, en este caso el sector energético y dentro de éste, los lineamientos de política energética congruentes con el plan de desarrollo y el Programa Nacional de Energéticos.

Es importante hacer notar que el modelo es flexible, para que las simulaciones que se realicen, sean válidas para el momento de toma de decisiones.

Se apega al precepto de la Teleología en la medida en que tratamos de comprender los fenómenos que se modelaron y no simplemente interpretar los resultados obtenidos en sí mismos. Cumplimos de igual manera con el precepto de Agregatividad, excluyendo la posibilidad de enumerar todos los elementos que podrían constituir el fenómeno que tratamos de modelar, in duciendo en cambio, diseñarlos en forma consistente con las finalidades u objetivos que proporcionamos al objeto del estudio.

El resultado de la simulación verifica que la herramienta utilizada, sig vió para contestar en forma cuantitativa las alternativas planteadas, y es necesario hacer notar con dificultades por las que se atravesaron pa ra lograr que cada dato, parámetro e inclusive pronóstico de la variable exógena, alimentado al modelo, fuera significativo, se tuvo que trabajar intensamente induciendo, deduciendo, creando y verificando la información bruta disponible en el complejo sistema analizado.

El futuro desarrollo de la IPQ nacional, no puede basarse solamente en programar metas a corto plazo; es necesario también responder a los cue tionamientos de cómo, para que, y para quien producir, en el contexto de una planeación debe consistir en un proceso adaptivo de corrección y aju ste de costos sociales, y para ello se requiere de una planeación basada en métodos científicos que permitan instrumentar metas cualitativas en for ma cuantitativa, buscando alternativas en un contexto de optimización de

recursos, teniendo en cuenta todas las restricciones económicas y márgenes de maniobra previsibles para el mediano y largo plazo. Es por ello que no es posible concebir el crecimiento del sector energético exclusivamente en términos de capital, materia prima y fuerza de trabajo, ya que con esto lo único que se está realizando es una proyección en el futuro de unas cuantas relaciones en base a extrapolaciones y seguimiento de tendencias, lo cual no constituye una planeación y desarrollo lo que se vuelve necesario es plantear nuevas alternativas estratégicas, en las que pueda plantearse el satisfacer la demanda nacional de energía a cualquier costo y con cualquier cantidad de recursos, aunque estos sean escasos, y es quizás por esto último que la planeación estratégica del sector energético deba realizarse en términos de eficacia óptima.

Es necesario precisar que el modelo descrito es solamente una herramienta que puede servir al proceso de planificación de la IPQ, de manera de evitar que esta planeación se efectúe a posterior o sobre bases endeble puramente especulativas, y es por ello que el uso de los modelos debe realizarse para explorar y percibir la naturaleza interna del fenómeno que se plantea y no para generar números.

El futuro desarrollo de la IPQ nacional, no puede basarse solamente en programar metas de corto plazo; es necesario también responder a los cuestionamientos de cómo, para qué, y para quién producir, bajo la óptica de una planeación a mediano y largo plazos.

No quisiera terminar antes de precisarles que, los modelos descritos son solamente herramientas que pueden servir al proceso de planificación de la IPQ, a manera de evitar que esta planeación se efectúe a posterior ó sobre bases endeblas puramente especulativas.

Estos modelos sirven a los tomadores de decisiones para medir y analizar las consecuencias de sus decisiones alternativas posibles. Por ello todo modelo debe solamente utilizarse si existe la voluntad potencial de querer explorar y percibir la naturaleza del fenómeno y no -- para engendrar números.



B I B L I O G R A F I A

1.- Mena Brito Carlos

"Modelo de Desarrollo de la Industria y Derivados del Etileno".

I Mesa redonda de Ingeniería de Sistemas aplicada a la Ingeniería Petrolera. IMP

27 y 28 de Mayo de 1976

México, D.F.

2.- Vietonisz Tohmas y Alan S. Manne

"Chemical Processes, Plant Location, and Economies of Scale".

Electroquímica 1965.

3.- Rudd, Dale F.

"Modelling the Development of the Intermediate Chemicals -- Industry" Chemical Engineering Department.

University of Wisconsin 1968.

4.- Rivas Roberto y Dale F. Rudd

"Modelación para el Desarrollo de la Industria de Productos - Petroquímicos intermedios en México.

XIV Convención Nacional del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos.

Noviembre 1974.

5.- Richard H. Day

"Recursive Programming Models of Industrial Development and - Technological Change".

University of Wisconsin in collaboration with Masatoshi Abe, William K. Tabb and Che Tsao.

6.- Dale F. Rudd

"Modelling the Long Range Development of the Intermediate -- Chemicals Industry"

MRC Technical Summary Report # 1471

October 1974

Madison, Wisconsin

....cont.

7.- Dale F. Rudd

"Petrochemical Technologies Evaluation".

Chemical Engineering Department  
University of Wisconsin 1974.

8.- Mark A. Stadtherr / Dale F. Rudd

Chemical Engineering Department  
University of Wisconsin 1977.

9.- Carlos E. Escobar Toledo

"Sistema de Modelos de la Producción Primaria y la Transformación Industrial de las Industrias de Refinación y Petroquímica Básica".

Dirección General de Modelos y Sistemas, Centro de Evaluación y de Proyectos, SEMIP, Programa Universitario de Energía, UNAM 1983.

10.- Carlos E. Escobar Toledo

"Industria Petroquímica: Marco de Referencia y Bases para su Planeación Estratégica".

Dirección General de Modelos y Sistemas, Centro de Evaluación y de Proyectos, SEMIP. 1985

11.- Carlos E. Escobar Toledo

"Descentralización y Coordinación en un Sistema Jerárquico de la Oferta de Productos Petrolíferos y Petroquímicos".

Simposio sobre Modelos Matemáticos para la Planeación Energética.

P.U.E. Octubre 1983.