

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA DE
PETROLEO Y PETROQUIMICA**



**“ESTUDIO TECNICO - ECONO -
MICO PARA INSTALAR UNA
PLANTA DE CAUCHO SINTE -
TICO ESTIRENO - BUTADIENO”**

TESIS DE GRADO

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Petroquimico

LUIS ENRIQUE BONILLA ROQUE

FRANCISCO JAVIER GUERRA BAGLIETTO

LIMA - PERU - 1977

DEDICACION

**A nuestros padres por su
noble esfuerzo y constancia**

INTRODUCCION

INTRODUCCION

La última crisis mundial, debida a la disminución de las reservas energéticas de bajo costo, ha cambiado radicalmente la forma de pensar respecto a la extracción de los beneficios que ofrece el petróleo. Así pues, si actualmente se le agota usandolo como combustible, en un futuro cercano la tendencia conducirá a la obtención de productos que den un mayor bienestar, de beneficios tangibles, como son los productos petroquímicos : fibras textiles, cauchos, plásticos, resinas, proteínas, medicinas, etc.

Con el hallazgo del petróleo en la Selva y la integración de mercados que ofrece el GRAN, se hace necesario pensar en la mejor forma de utilizar este recurso de tal manera que se obtenga, además, un mayor valor agregado. Esto sería posible con la instalación de plantas petroquímicas básicas, intermedias y finales.

Nuestro estudio pretende satisfacer estas inquietudes, al presentar un análisis técnico-económico para la instalación de una planta de caucho sintético estireno-butadieno (SBR). Esta además de generar un mayor valor agregado, permite la obtención de un producto de efecto multiplicador en la industria en general y de importancia primordial en el desarrollo del país.

Asimismo, este estudio pretende dar una amplia información sobre el caucho sintético SBR.

AGRADECIMIENTO DE LOS AUTORES

Nuestro sincero agradecimiento a nuestros profesosres y amigos que, de una u otra manera, guiaron nuestro camino.

Agradecemos también por el valiosos aporte que nos ofrecieron al proporcionarnos información técnica, información estadística, textos de consulta, etc. a:

InduPerú, Div. Química y Petroquímica

Junta para el Acuerdo de Cartagena

Ministerio de Comercio, Estadística Informática

Ministerio de Integración

Ministerio de Industria y Turismo

Compañía Goodyear.

Nuestra especial gratitud al Ing. Rafael Espinoza B. por guiarnos en la ejecución del estudio que presentamos.

INDICE

INTRODUCCION

AGRADECIMIENTO

INDICE

1. RESUMEN	1
2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	12
3. CONCEPTOS GENERALES	
3.1 Caucho sintético	15
3.2 Polimerización y policondensación	17
3.3 Polímeros elásticos de síntesis	20
3.4 Principales tipos de caucho sintético	24
4. ESTUDIO DE MERCADO	
4.1 Metodología del estudio de mercado	36
4.2 Antecedentes	37
4.3 Usos del SBR	39
4.4 Estudio de la demanda en el GRAN	43
4.5 Análisis de mercados extraregionales	71
4.6 Estudio de la materia prima	86
4.7 Precio del SBR	91
5. TAMAÑO Y LOCALIZACION	
5.1 Elección del tamaño de planta	98
5.2 Localización de planta	105

6. CAUCHO SBR	
6.1 Métodos de obtención	116
6.2 Elección del proceso	122
6.3 Desarrollo del proceso en emulsión	124
6.4 Grados comerciales de SBR	133
6.5 Propiedades	138
6.6 Ensayos mecánicos y físico químicos	148
6.7 Materias primas	158
7. INGENIERIA DEL PROYECTO	
7.1 Teoría de la polimerización en emulsión	176
7.2 Cinética de la reacción	179
7.3 Peso molecular	181
7.4 Estructura del copolímero	184
7.5 Descripción del proceso	185
7.6 Programa de producción	200
7.7 Requerimientos del proceso	202
7.8 Disposición de planta "Lay out"	211
7.9 Planificación y ejecución del proyecto	212
8. INVERSION Y FINANCIAMIENTO	
8.1 Inversión fija	220
8.2 Gastos pre-operativos	225
8.3 Capital de trabajo inicial	228
8.4 Calendario de inversiones	230

8.5	Financiamiento	234
8.6	Calendario de aportes y préstamos	238
8.7	Servicio de la deuda	238
9.	INGRESOS Y GASTOS	
9.1	Presupuesto de ingresos	244
9.2	Presupuesto de gastos	247
10.	ESTADOS FINANCIEROS PROYECTADOS	
10.1	Estado de pérdidas y ganancias	257
10.2	Flujo de caja	264
11.	EVALUACION DEL PROYECTO	
11.1	Punto de equilibrio	270
11.2	Rentabilidad del proyecto	279
11.3	Valor agregado	285
11.4	Ahorro y generación de divisas	285
BIBLIOGRAFIA		
Capítulo 3		34
Capítulo 4		92
Capítulo 5		114
Capítulo 6		174
Capítulo 7		218
Capítulo 8		243
Capítulo 9		256
Capítulo 10		269

CAPITULO 1

RESUMEN

RESUMEN

CAPITULO 3

En este capítulo se dan las principales características de los cauchos sintéticos en general y cómo se han venido desarrollando desde su descubrimiento a principios del siglo. Las reacciones generales para la obtención de cauchos, ya sea por polimerización o por policondensación y los tipos que se obtienen en cada una. Asimismo se da una lista de los principales cauchos sintéticos y breves referencias de los más usados en el mundo.

CAPITULO 4

El área previamente delimitada para realizar el estudio de mercado comprende, básicamente, a los países del GRAN. De acuerdo a la Decisión 91, de la Junta para el Acuerdo de Cartagena, se ha asignado a Perú, Colombia y Venezuela la producción del caucho SBR para cubrir las necesidades de la subregión.

Los antecedentes presentan al SBR como el más importante de los cauchos sintéticos. El uso principal que se le da es su empleo en la industria de neumáticos, siendo imprescindible para el desarrollo de la industria. En el GRAN se usa en: Neumáticos 78%, Calzado 17% y otros 5%.

Para establecer la demanda del SBR se ha empleado el método de análisis sectorial, en el cual se examinan, además, los principales sectores que inciden directamente sobre el consumo del SBR, como son la producción de neumáticos y el parque automotor. El análisis se hizo para cada uno de los países miembros del GRAN. Debido a que no existe producción de este caucho en el área, la principal fuente han sido los anuarios de comercio exterior y algunas publicaciones estadísticas oficiales. Del estudio se desprenden las cantidades abajo mencionadas (en toneladas) :

AÑO	GRAN, DEMANDA PROYECT.	GRAN, PARTICIPACION PERUANA.
1980	64,582	21,527
1985	89,369	29,790
1990	117,033	39,011

Según el artículo 35 de la Decisión 91, el Perú participará de la tercera parte del mercado Andino. Las cantidades se muestran en el cuadro anterior.

Entre los mercados extraregionales Chile es el más importante, debido a su proximidad geográfica y a los acuerdos comerciales existentes. Por lo cual su análisis de mercado ha sido tan exhaustivo como en los

países del GRAN. Se examinan además otros mercados potenciales de los que resulta ser la costa oeste USA el más asequible. Las cantidades demandadas se dan a continuación:

AÑO	CHILE DEMANDA PROYECTADA	COSTA OESTE USA DEMANDA PROYECTADA (NO CUBIERTA)
1980	7,002	50,000
1985	9,370	58,000
1990	12,539	67,000

En el caso de Chile se podría intervenir, aproximadamente, en un 35% de su demanda. Para el caso de la costa oeste USA es muy difícil determinar la cantidad que puede cubrirse, principalmente debido a la competencia en esa zona.

Al final del capítulo se hace un breve estudio de las características del uso, disponibilidad y precios de la materia prima necesaria para la producción del SBR.

CAPITULO 5

Para la elección del tamaño de planta se analizan las principales relaciones que tienen interés

en su determinación. Como son: la relación capacidad-mercado, en la que, prioritariamente se trata de satisfacer la demanda del mercado que ofrece el GRAN, y la relación capacidad-costos que permite evaluar las ventajas económicas obtenidas a diferentes capacidades. De las relaciones examinadas y teniendo en cuenta los tamaños de las últimas plantas construidas, resulta que una planta de 40,000 Ton. satisface a plenitud los requerimientos estipulados.

La planta se ha localizado en Bayóvar de acuerdo con la política de Descentralización Industrial del Gobierno. Además de encontrarse en el centro geográfico del Area Andina, aquí se encuentra el centro receptor del petróleo de la selva; y se ha proyectado la creación de un gran Complejo Industrial.

CAPITULO 6

Los métodos para la obtención de SBR son: el proceso en emulsión y el proceso en solución. El primero de ellos es el más conocido (desde 1926) y el otro se conoce desde hace solamente 10 años. Se diferencian entre sí por el medio en que se realiza la reacción y los productos obtenidos difieren en algunas de sus propiedades mecánicas.

La elección del proceso en emulsión se basó, principalmente, en la preferencia que tienen los consumidores (industria de neumáticos) y en algunas consideraciones técnicas.

El proceso en emulsión se inició con la producción del caucho en caliente (a 50°C), posteriores investigaciones (1940) condujeron a la obtención del SBR en frío (a 5°C). Otras mejoras para fines específicos se consiguieron con la preparación mezclado con aceites y en "masterbach" con negro de humo. De esta manera pueden obtenerse una gran variedad de estos cauchos, con distintas propiedades mecánicas, por lo que han tenido que agruparse, internacionalmente, en grados comerciales entre los cuales destacan los SBR 1502, SBR 1712 y SBR 1778.

Las propiedades más importantes del SBR del SBR pueden agruparse bajo el aspecto físico, químico y de composición. Estas últimas tienen una gran importancia debido a que generalmente, el SBR, se utiliza mezclado para darle características específicas.

Mediante técnicas de composición el caucho SBR presenta una gama de propiedades modificadas. En este ítem presentamos una lista de ensayos mecánicos y físico-químicos a los que se le somete para su evalua

ción.

Al final del capítulo se hace una somera descripción y se dan las especificaciones requeridas de las materias primas empleadas en su elaboración (monómeros, aceites y reactivos químicos).

CAPITULO 7

En los cuatro primeros items se discuten los principios básicos de la teoría química existente para la obtención del caucho SBR por el proceso en emulsión.

Fundamentalmente, las tecnologías casi no difieren entre sí. Las más conocidas son Goodyear, Goodrich, Polysar y la de Japan Sintetic Rubber. El proceso que se describe está basado en un reporte publicado por la US Rubber Producing Facilities Disposal Commission y de revistas técnicas (Stanford Research Institute).

El programa de producción se basa, principalmente, en la satisfacción del mercado del GRAN. La producción se inicia al 85% de capacidad y se aumenta 5% anualmente de acuerdo a las necesidades del mercado.

Los requerimientos de materias primas, productos químicos, aceites, servicios industriales y mano de obra han sido obtenidos de informes de propuestas hechas a InduPerú por los principales productores de este caucho.

El área requerida es de 60,000 m², incluyendo espacio para futuras expansiones. La implementación de la planta tendrá una duración de 40 meses y la programación de actividades se presenta en el respectivo cronograma.

CAPITULO 8

La inversión, a precios de Febrero de 1976, que requerirá el proyecto para su puesta en marcha el 1^{er} trimestre de 1981, asciende a:

	en \$ US.
Inversión Fija	16,723,000
Gastos pre-operativos	2,970,000
Capital de Trabajo inicial	4,720,000
INVERSION TOTAL	24,413,000

Los montos en moneda nacional y extranjera ascienden a 10,863 y 13,550, en miles de \$ US., respectivamente. El calendario de inversiones contempla la utilización de 2,870 , 7,457 y 14,086 , en miles de \$ US., para los a-

ños -3, -2 y -1, respectivamente.

La inversión necesaria para el proyecto será cubierta por el aporte de accionistas y por préstamos a mediano y largo plazo, según la siguiente estructura financiera*.

	en \$ US.	%
Aporte accionario	8,139,000	33.31
Préstamo	16,274,000	66.66
INVERSION TOTAL	24,413,000	100.00

Para los préstamos a mediano y largo plazo se asumió una tasa de interés anual del orden del 14 y 10%, respectivamente.

CAPITULO 9

Los ingresos del proyecto provienen de las ventas del producto a los precios considerados

GRAN	792 \$ US/Ton. (FOB Bayóvar)		
Chile	792	"	"
Costa Oeste USA	710	"	"

El monto anual de ventas, en los primeros años, bordea los 26 millones de \$ US. y alcanzan los 31 millones de \$ US. en los últimos años.

* Comúnmente empleada en este tipo de proyectos.

Los gastos del proyecto se originan por la compra de materias primas, productos químicos y aceites, servicios industriales, mano de obra, depreciación de la inversión fija, mantenimiento, seguros, gastos generales, gastos de comercialización, la amortización de los gastos pre-operativos y los gastos financieros.

CAPITULO 10

El costo de ventas se obtiene al agregar los stocks de producto final a principios de año y descontar los de fin de año sobre el costo de producción, es decir, sobre los costos en los que se incurre durante la producción, como son: materia prima, servicios industriales, productos químicos y aceites, mano de obra, depreciación, mantenimiento, seguros y la amortización de los gastos pre-operativos de producción. El costo de ventas varía de 18 millones de \$ US. el primer año, hasta los 22.5 millones a partir del 5^{to} año.

Las utilidades que se obtienen luego de haber descontado el costo de ventas, el impuesto a ventas, a la renta ~~y~~ las deducciones estipuladas por el DL 18350, resultan favorables desde el primer año, representando cerca del 12% de las ventas netas.

La generación de fondos es suficiente para cubrir las necesidades operativas, los compromisos adquiridos y el pago de los dividendos a los accionistas durante la vida útil del proyecto.

CAPITULO 11

Los indicadores que se utilizan para la evaluación financiera y económica del proyecto son: Punto de Equilibrio, Rentabilidad, Valor agregado y Ahorro de divisas.

El Punto de Equilibrio promedio, durante los 10 años de vida útil del proyecto, es de 15,133 T/A. que corresponde al 40% de capacidad promedio. El proyecto es particularmente sensible a los precios. Una disminución del 10% en el precio de venta, eleva el PE promedio hasta 21,301 T/A. Asimismo un aumento del 10% en los costos variables lo eleva hasta 18,672 T/A. El mercado asegurado, en el GRAN, está siempre por encima de los niveles requeridos. Respecto a las variaciones máximas soportables el precio de venta puede disminuir en promedio hasta el 20.23% y la materia prima puede aumentar hasta 36%, sin que se produzcan pérdidas.

La tasa interna de retorno se ha calculada

do para tres flujos. Desde el punto de vista de la empresa la rentabilidad económica resultó 21.07% y la financiera 33.16%. La rentabilidad del accionista en general resultó 24.93%.

El valor agregado, durante los 10 años considerados, asciende a 106.5 millones de \$ US. que corresponde al 36% del valor bruto de la producción.

El proyecto producirá a la economía nacional un ahorro e ingreso extra de 221 millones de \$ US., durante los 10 años de operación.

CAPITULO 2

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El SBR es el caucho sintético más consumido tanto en el GRAN como en el mundo. La mayor parte del consumo es absorbido por la industria de neumáticos (80%), de allí que su producción sea vital para el desarrollo del transporte (tan importante en un país) y para su desarrollo industrial.

La demanda en el GRAN alcanzará las 120,000 Ton. hacia 1990, no existiendo producción alguna debido al elevado costo de instalación requerido y al reducido mercado que presentaban aisladamente. La tasa de crecimiento anual, del SBR, depende exclusivamente del desarrollo industrial de cada país.

La asignación al Perú, de la tercera parte de la demanda del GRAN, sumada a la demanda en Chile y la Costa Oeste USA, justifica la instalación de una planta de 40,000 T/A.

La implementación de los planes de desarrollo de la zona de Bayóvar, su situación geográfica respecto a los mercados de consumo y al de las materias primas, las condiciones climáticas y los medios de comunicación, hacen adecuada, esta zona, para la instalación de la planta. Por otro lado, las leyes promocionales (Descentralización) ofrecen importantes incentivos tributarios.

Dada la situación actual de escasez de materia prima, estarán en mejor posición de implementar la Industria Petroquímica los países que cuenten con explotación y reservas suficientes de petróleo. En nuestro caso, el petróleo de la Selva garantiza el abastecimiento de gasóleo como insumo básico para la planta de olefinas.

El proceso de producción, seleccionado para el proyecto, es el de "emulsión". Este es ampliamente conocido y sus productos son los preferidos por los principales insumidores.

El análisis económico-financiero efectuado, indica que el proyecto es factible. Este genera un alto valor agregado y origina un significativo ahorro y generación de divisas.

RECOMENDACIONES

Implementar la planta de SBR en el Complejo Petroquímico Integrado, de tal manera de disminuir al mínimo los gastos de los servicios industriales, tratamiento de efluentes y desechos, transporte, etc.

Coordinar la ejecución del proyecto con la planta de Olefinas para garantizar la obtención (y purificación) de la principal materia prima, butadieno (y el reciclaje de planta).

Estudiar la factibilidad de incluir el equipo extra para la producción de "masterbatch" con negro de humo.

Seleccionar la tecnología eficiente que garantice la calidad del producto.

Implementar el proyecto al más corto plazo. Las necesidades del mercado, el desarrollo alcanzado por la tecnología y los resultados económico-financieros aseguran la viabilidad del proyecto.

CAPITULO 3

CONCEPTOS GENERALES

- 3.1 Caucho sintético**
- 3.2 Polimerización y policondensación**
- 3.3 Polímeros elásticos de síntesis**
- 3.4 Principales tipos de cauchos sintéticos**

3.- CONCEPTOS GENERALES

3.1 CAUCHO SINTETICO

Se ha designado como cauchos sintéticos a las sustancias formadas por polímeros artificiales, de extensas cadenas moleculares, que poseen propiedades físicas semejantes a las del caucho natural. La característica fundamental del caucho natural y sintético, es que sus moléculas son largas y filiformes. La propiedad característica de extenderse y contraerse, es debida a la disposición enrollada e irregular en que se encuentran las cadenas de polímeros. Las cadenas sometidas a tracción se estiran, pero, al igual como ocurre con un resorte, al cesar el esfuerzo, vuelven a su forma enrollada.

Según una definición, propuesta por H.L. Fisher (3-1), es toda sustancia que puede ser estirada repetidas veces hasta 300 % o más de su longitud primitiva y retornar rápidamente a su forma original aproximada. Además los polímeros del caucho son capaces de pasar de un estado muy plástico a uno muy elástico por medio de una reacción de enlaces cruzados; tal como en la vulcanización.

Los cauchos sintéticos, desarrollados a comienzos del siglo, no se generaron pensando en mejorar

las características del caucho natural. El motivo de la búsqueda de sintéticos fue hecha con el objeto de abastecer el mercado del caucho natural durante las dos guerras mundiales. Debido a las dificultades de contacto con los productores que devinieron en violentas fluctuaciones en los precios, con periodos de precios extremadamente altos.

La primera producción de cauchos sintéticos se realizó en Alemania, durante la primera guerra mundial, polimerizando el dimetil-butano (sintetizado de Acetona) y se le llamó "Caucho Metálico". Posteriores investigaciones y descubrimientos realizados por los alemanes hicieron posible la obtención de cauchos sintéticos poli-butadiénicos, BUNA-N y BUNA-S, polimerizando butadieno con acrilonitrilo y estireno respectivamente; sobre una emulsión de jabón y agua. Durante la segunda guerra mundial el Buna-S resultó vital para la maquinaria de guerra alemana; llegando a producir más de 120,000 T/A.

Otros tres cauchos sintéticos se desarrollaron, en los Estados Unidos, en los años 30'. El TIOKOL, obtenido tratando el polisulfuro sódico con cloruro de etileno fabricado hasta ahora debido a sus excelentes propiedades de resistencia a los aceites; el NEOPRENO, descubierto por la Dupont; y el CAUCHO BUTILICO, utilizado en cámaras de llantas. Estos cauchos sintéticos, aunque en menor importancia, fueron incluidos en el programa de gue-

rra americano. El cual se basó, principalmente, en la producción de GR-S, designación americana del Buna-S o SBR, que de 8,500 Ton. producidas en 1941 se incrementó hasta 800,000 Ton. en 1944; como consecuencia de la pérdida de contacto con los productores de caucho natural del Medio Oriente. Luego la producción descendió hasta 300,000 Ton. en 1949 y en 1952 aumentó nuevamente hasta 600,000 Ton. para satisfacer las necesidades estratégicas de la guerra de Corea.

A partir de 1955 se realizaron importantes avances con la introducción del "Caucho Frío". La producción actual de cauchos sintéticos alcanza la cifra de 5'500,000 T/A.

3.2 POLIMERIZACION Y POLICONDENSACION

Gran parte de los cauchos sintéticos se forman a partir de reacciones de polimerización. En estas reacciones, partiendo de uno o más compuestos, se obtienen productos con la misma composición centesimal pero de peso molecular más elevado.

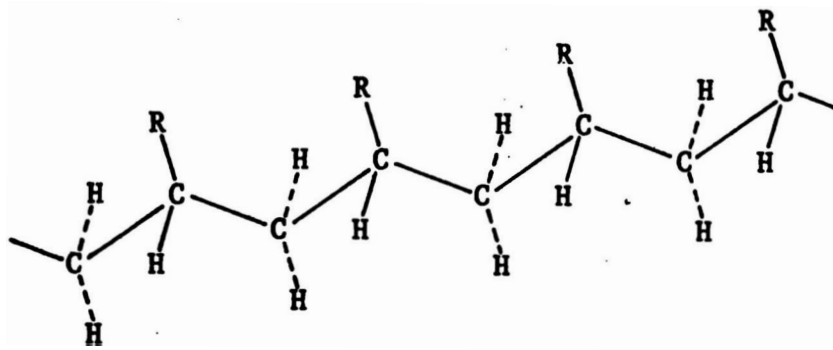
Las sustancias no saturadas son las más aptas para la polimerización, debido a la abertura y reajustamiento característico de los dobles enlaces, quedando siempre los extremos de valencia libres. Esto posibilita la unión de moléculas. entre sí, por sus extremos. La

facilidad de polimerización de los monómeros es muy variable, siendo particularmente fácil para las sustancias que tienen dobles enlaces conjugados o aquellos que teniendo sólo un doble enlace se encuentran activadas por la proximidad a un grupo electronegativo.

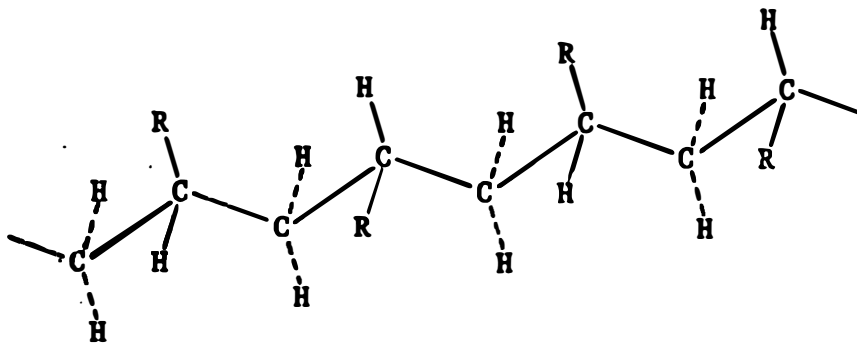
La polimerización se puede realizar en la masa misma del monómero, en disolución con un disolvente apropiado, o en emulsión que es la técnica más empleada para la elaboración de polímeros; caso del SBR. La estructura de las macromoléculas así obtenidas es frecuentemente irregular, contrariamente a lo que ocurre en la del caucho natural (cis-1,4-poliisopreno). Sin embargo K. Ziegler y G. Natta (1955), empleando catalizadores estereoespecíficos, han logrado regularizar esta conformación dando lugar a la creación de nuevos polímeros. Estos mismos investigadores han propuesto la designación, considerando el plano sobre el cual se supone situada la cadena carbonada del polímero, de los siguientes grupos :

- a.) Polímeros isotácticos, aquellos en los cuales los grupos laterales R representan la misma configuración estérica relativa.
- b.) Polímeros sindiotácticos, aquellos cuyos grupos laterales tienen configuraciones estéricas regularmente opuestas.

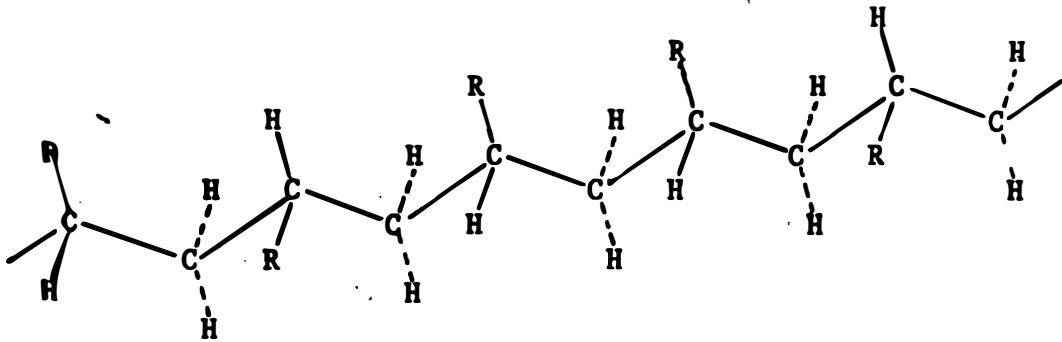
c.) Polímeros atácticos, aquellos cuya estructura es desordenada.



ISOTACTICO



SINDIOTACTICO



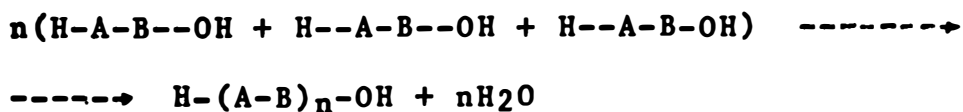
ATACTICO

También se obtienen compuestos elásticos de alto peso molecular sin realizar polimerizaciones; sinó, por reacciones de policondensación, haciendo reaccionar dos moléculas "bifuncionales" entre sí.

Por ejemplo H-A-H y OH-B-OH darán por condensación :



y el compuesto, así obtenido, puede condensarse sobre sí mismo formando una larga molécula. El producto eliminado puede ser agua o cualquier otra molécula sencilla, tal como el cloruro sódico, etc.



3.3 POLIMEROS ELASTICOS DE SINTESIS

Existe un gran número de cuerpos polimerizables o policondensables, pero sólo un número relativamente reducido. es capaz de suministrar sustancias elásticas semejantes al caucho natural.

Los productos elásticos de síntesis, bajo el aspecto químico, se pueden clasificar fácilmente en 3 grupos :

-Polímeros diolefinicos

-Polímeros monoolefinicos

-Polímeros de policondensación.

al conjunto de estos se les conoce con el nombre de "Elastómeros".

3.3.1 Polímeros Diolefinicos

El caucho natural lo podemos considerar como polímero de un derivado del butadieno (isopreno). Por consiguiente, como es de esperarse, los polímeros del butadieno y sus derivados son las sustancias, típicamente, más semejantes al caucho natural.

No todas estas polimerizaciones producen sustancias elásticas, es decir, cauchos. Depende de determinadas condiciones en la polimerización. Los polímeros más elásticos, son los que presentan cadenas largas con el menor número de ramificaciones posibles. En los polímeros en forma de red, con muchas ramificaciones, las moléculas presentan una disposición menos enrollada por lo que su elasticidad es menor.

Los polímeros industriales, obtenidos artificialmente a partir del butadieno o sus derivados, se presentan frecuentemente con estructura rectiforme. Lo que explica ciertas características, en particular, una plasticidad menor que la existente en el caucho natural. Todos los cauchos sintéticos obtenidos a partir del butadieno

o de sus derivados son vulcanizables, como el caucho natural, debido a la insaturación que presentan sus moléculas (dobles enlaces).

3.3.2 Polímeros Monoolefínicos

Los polímeros de productos monoolefínicos son cadenas lineales saturadas, dado que las monoolefinas poseen un solo enlace doble, y no son por consiguiente vulcanizables. Este inconveniente se evita polimerizando las monoolefinas acompañadas de pequeñas cantidades de diolefinas, con el objeto de asociar a la cadena un número conveniente de dobles enlaces.

Se encuentran en este grupo : sustancias con propiedades semejantes a las del caucho natural, como son el Butil caucho o los polímeros de ésteres acrílicos; y las sustancias que aunque poseen cierta flexibilidad, ya por su naturaleza o por la adición de ciertos plastificantes, deberían incluirse dentro de las materias plásticas, tal es el caso del cloruro de polivinilo.

La característica general de estos polímeros, debido a la insaturación, es la de ser resistentes a los agentes químicos y a la oxidación.

3.3.3 Productos de Policondensación

Dentro de los productos obtenidos por policondensación, que poseen propiedades elásticas, se encuentran compuestos de naturalezas químicas muy diferentes. Ya que, como hemos dicho, la policondensación se efectúa entre sustancias que poseen dos grupos funcionales en ambos extremos de su molécula.

El primer grupo conocido, de estos compuestos, fueron los polisulfuros orgánicos formados por la condensación entre los dihalogenuros etilénicos y polisulfuros alcalinos. A los cauchos sintéticos así formados se les denomina "Tioplastos" ya que provienen de halogenuros conocidos como "tiocoles". La importancia de estos cauchos radica sobre todo en su inmunidad frente a los disolventes, tanto aromáticos como alifáticos.

La condensación de ácidos dibásicos y glicoles conducen a poliésteres, de masa molecular bastante elevada. Aún más, últimamente se ha conseguido aumentarla considerablemente por tratamiento con un diisocianato y preparar así interesantes cauchos sintéticos, conocidos como Vulcaprenes y Vulkallans.

El último grupo lo constituyen los "cauchos de silicona". Las siliconas se obtienen por policondensación de los silicolés, compuestos de fórmula general $R_2Si(OH)_2$. Estas siliconas se presentan bajo formas

muy variadas, estando comprendidas como líquidos o resinas, según su magnitud y su estructura molecular. Algunas de ellas poseen propiedades elásticas que les permite obtener vulcanizados o aplicaciones especiales, como consecuencia de su considerable resistencia a las altas y bajas temperaturas.

3.4 PRINCIPALES TIPOS DE CAUCHOS SINTETICOS

En los siguientes cuadros señalamos los principales tipos de cauchos sintéticos, agrupados bajo el aspecto químico, como productos elásticos de síntesis, indicando a su vez los nombres comerciales bajo los cuales han sido fabricados en los diferentes países. No se hará referencia de polímeros incluidos en las sustancias con caracteres de materia plástica.

Polímeros de diolefinas

NATURALEZA QUIMICA	ALEMANIA	ESTADOS UNIDOS	OTROS PAISES
Polibutadienos	Buna 85 y 115		SK (URSS)
Polidimetilbutadienos	, Metil cauchos H y W		
Copolímeros butadieno- estireno	Buna-S	GRS, Hycar OS tipos diversos de: Ameripol Polymer ASRC Butaprene Copo polymer Herecrol Naugapol Naugatex Philprene Plioflex Polygen S-Rubber Synpol	Polisar S Polisar Krylene Polisar Krynol (Canada) SK-S (URSS)
Copolímeros butadieno- nitrilo acrílico	Bunas-N Perbunans	GR-A tipos diversos de: Butaprene Chemigun Hycar Nitrex Paracril	Polisar Krynac (Canada) SK-A (URSS)
Policloroprenos y co- polímeros		Neoprenes GR-M	Sovprene (URSS) Svitorene (Checoslo- vaquia) Afcoprene (Francia)
Poliisoprenos		Ameripol Coral-Rubber Natsyn	

CUADRO 3-2

Polímeros de monoolefinas

NATURALEZA QUIMICA	ALEMANIA	ESTADOS UNIDOS	OTROS PAISES
<p>Copolímeros isobutileno-isopreno</p> <p>Poliétileno modificado</p> <p>Poliacrilatos y copolímeros</p>		<p>GR-I Enjay Butyl Hycar 2202</p> <p>Hypalon</p> <p>Lactoprenes Hycar PA Acrylons</p>	<p>Polysars Butyl (Canada)</p>

CUADRO 3-3

Productos de policondensación

<p>Polisulfuros orgánicos</p>	<p>Perdurens</p>	<p>Thiokoles</p>	<p>Ethanite (Belgica) Vulcaplas (Inglaterra) Novoplas (Inglaterra) Thiolatex (Francia)</p>
<p>Poliésteres modificados</p>	<p>Vulkallans</p>	<p>Chemigun SL Genthane S</p>	<p>Vulcaprenes (Inglaterra)</p>
<p>Siliconas</p>	<p>Silikon-Kautschuk Silopren B</p>	<p>Silastic G-E Silicone Rubbers Linde Silicone Rubbers</p>	<p>Elastomeros Rhodopsil (Francia) ICI Silicone Rubbers (Inglaterra)</p>

A continuación describiremos algunos de los tipos de los principales cauchos sintéticos, de acuerdo a su importancia, en el mercado mundial y principalmente en el del GRAN.

Los cauchos sintéticos de mayor demanda en el GRAN (3-5) han sido : caucho estireno-butadieno (SBR), caucho Polibutadieno (PBR), caucho Butílico y caucho Poliisopreno. Ninguno de estos cauchos sintéticos se produce aún en la subregión, en tanto que, en algunos de los países hay pequeñas producciones de caucho natural.

El consumo mundial de cauchos, tanto naturales como sintéticos, está estrechamente relacionado con la industria de neumáticos. Este sector representa entre el 60 y el 85 % del caucho consumido en los distintos países del mundo.

CUADRO 3-4

Utilización porcentual de caucho en la industria de neumáticos en el Perú

TIPO DE CAUCHO	%
Natural	57
SBR	31
PBR	6
Butílico	5
Otros	1

Fuente : (3-6)

3.4.1 Caucho estireno-butadieno (SBR)

Del gran número de cauchos sintéticos, desarrollados hasta ahora, podemos considerar el SBR como el más importante de todos, ya que, actualmente constituye el 60 % de todos los cauchos sintéticos producidos en el mundo; en el caso del Perú representa el 60 % de la importación de sintéticos.

Su importancia radica en su empleo, principalmente, en la industria de neumáticos (70 % de la producción mundial y el 85 % del consumo en el Perú). Siendo esencial en el desarrollo del transporte, tan importante en un país. Como veremos, se obtiene por polimerización del butadieno y estireno en una proporción aproximada de 75/25 respectivamente.

3.4.2 Caucho polibutadieno (PBR)

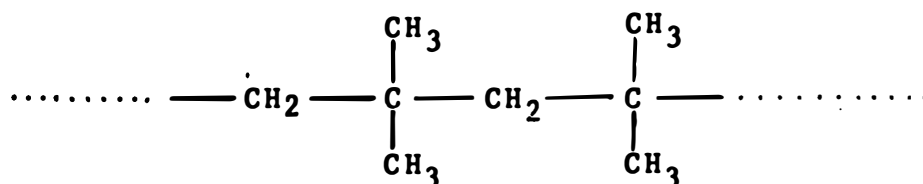
Actualmente está en segundo lugar después del SBR entre todos los sintéticos. Los primeros cauchos homopolímeros del butadieno fueron hechos usando Sodio como catalizador, pero es en 1955, en que se logra un polímero estereo-regular y con mejores propiedades, usando los catalizadores investigados por Ziegler y Natta. La mayoría de tipos de PBR tienen un alto contenido del cis 1,4 aunque algunos tipos tienen, aproximadamente, cantidades iguales de cis 1,4 y trans 1,4 ; en general todos los

fuera del campo de llantas representa un 10 % del consumo total de PBR. A manera de referencia podemos citar que en Europa el consumo de PBR se elevó de 10,000 a 100,000 Ton. solo de 1962 a 1967.

3.4.3 Caucho butílico

Se le obtiene por la copolimerización del isobutileno con pequeñas cantidades de butadieno o isopreno, los cuales al introducirse en la cadena polímera le dan un grado débil de insaturación, pero lo suficiente para permitir la vulcanización del producto, aumentando así su valor comercial.

La estructura de este copolímero corresponde a una cadena de poliisobutileno



La molécula es filiforme, con un número pequeño de mallas isoprénicas, presentándose, la molécula, prácticamente sin enlaces intermoleculares. ni cadenas laterales, conservando íntegramente sus propiedades elásticas.

La polimerización se efectúa en solución, a baja temperatura, con iniciadores iónicos como $\text{BF}_3 \cdot \text{AlCl}_3$, dando productos con pesos moleculares entre 15,000 y 500,000, sin embargo, los usados comercialmente como cauchos varían entre 60,000 y 200,000.

Estos productos tienen una gran elasticidad, ya que tienen un alargamiento normal de 1,000 %. Sus principales virtudes se deben a su baja saturación, que se completa totalmente en la vulcanización, presentando una alta resistencia a la oxidación y a los agentes químicos, y además de sus propiedades eléctricas (recubridor y aislante) tienen una gran impermeabilidad para gases, propiedad, en la que radica su importancia por su uso en las cámaras de los neumáticos.

Después de la segunda guerra mundial, este caucho ha crecido paralelamente a la industria motor, alcanzándose actualmente una producción de 250,000 T/A de los cuales unas 100,000 Ton. son producidas en Europa y prácticamente el total de la diferencia se produce en USA. El desarrollo de las llantas sin cámara para automóviles ha amortiguado la velocidad de crecimiento del caucho butílico. Si se desarrollaran llantas sin cámara para vehículos comerciales constituiría un golpe fatal para la perspectiva futura del caucho butílico.

3.4.4 Caucho poliisopreno (PIR)

Este caucho es el verdadero caucho natural sintético, ya que al igual que el caucho natural, está conformado un 100 % de cis 1,4 poliisopreno. Al polimerizar el isopreno con catalizadores estereoregulares, se obtienen productos con alto contenido de cis 1,4, virtualmente con las mismas propiedades que el caucho natural.

Actualmente se dispone de PIR a menos precio que el caucho natural, por lo que está logrando importantes desarrollos sobre todo en Japón, Rusia y en Europa Occidental. En los Estados Unidos el 60 % del consumo de PIR es usado en el mercado de llantas siendo de mayor uso en carcazas y bandas de rodamiento para camiones y aviones, es decir, en casos donde las propiedades de baja histéresis del PIR son ventajosas.

En el campo de cauchos sintéticos, aún no es recomendable que este tipo de elastómero sea considerado en los proyectos de los países en vías de desarrollo (3-7).

CUADRO 3-5

Consumo de cauchos sintéticos en EEUU.
(en miles de Ton.)

TIPO DE CAUCHO	1974	1975
SBR	1450	1500
PBR	320	360
Butilíco	140	145
Policloropreno	140	145
EPDM (etileno/propileno)	120	150
Poliisopreno	95	115
NBR (butadieno/acrilonitrilo)	60	65
Poliuretano	9	10
Siliconas	10	10
Polisulfuros	8	8
Poliacrilatos	6	7
TOTAL SINTETICOS	2358	2515
TOTAL CAUCHO NATURAL	700	750
TOTAL CAUCHOS	3058	3255

Fuente : (3-8)

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 3

- (3-1) Chemical Technology Encyclopedia**
Kirt Othmer
Tomo. III
- (3-2) Enciclopedia Tecnológica Salvat**
Tomo II
- (3-3) Fundamentos de Ciencia y Tecnología del Caucho**
Jean Le Brass
Capitulo XII
- (3-4) Chemical and Process Engineering**
"Sintetic Rubbers" - S.A.Miller
Set. 1971
- (3-5) Programa Sectorial de Desarrollo de la Industria**
Petroquímica
Propuesta 44 - Acuerdo de Cartagena
Marzo 1974
Capitulo I y II
- (3-6) Empresa Manufacturera de Llantas**
Elaborado por InduPerú.

**(3-7) Perspectivas de Industrialización en el Segundo
Decenio de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Industria Petroquímica
Naciones Unidas - 1973**

**(3-8) Chemical Market Abstracts
Julio 1976**

CAPITULO 4

ESTUDIO DE MERCADO

- 4.1 Metodología del estudio de mercado
- 4.2 Antecedentes
- 4.3 Usos del SBR
- 4.4 Estudio de la demanda en el GRAN
- 4.5 Análisis de mercados extraregionales
- 4.6 Estudio de la materia prima
- 4.7 Precio del SBR.

4.- ESTUDIO DE MERCADO

Como hemos visto, nuestro producto, caucho SBR, es el caucho sintético más importante. El cual será materia de una exhaustiva investigación de mercado. El butadieno y estireno, representan la materia prima básica para la elaboración de este caucho y en un ítem posterior se les realizará el análisis de mercado respectivo.

El área previamente delimitada para realizar nuestro estudio comprende, básicamente, los países del Grupo Andino: Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela; obedeciendo al Programa Sectorial de Desarrollo de la Industria Petroquímica, dado por la Comisión del Acuerdo de Cartagena en su decisión 91. Además se examinarán otros mercados extraregionales como son: Chile, Estados Unidos, Argentina, Brasil y Mexico.

4.1 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE MERCADO

Primero se efectuó la recopilación de datos que permitieron establecer el consumo aparente de cada país; referentes a importación, producción y exportación tanto del producto mismo como de sus productos derivados.

Para establecer la proyección de la demanda, se utilizó el "Método de Análisis Sectorial". Este

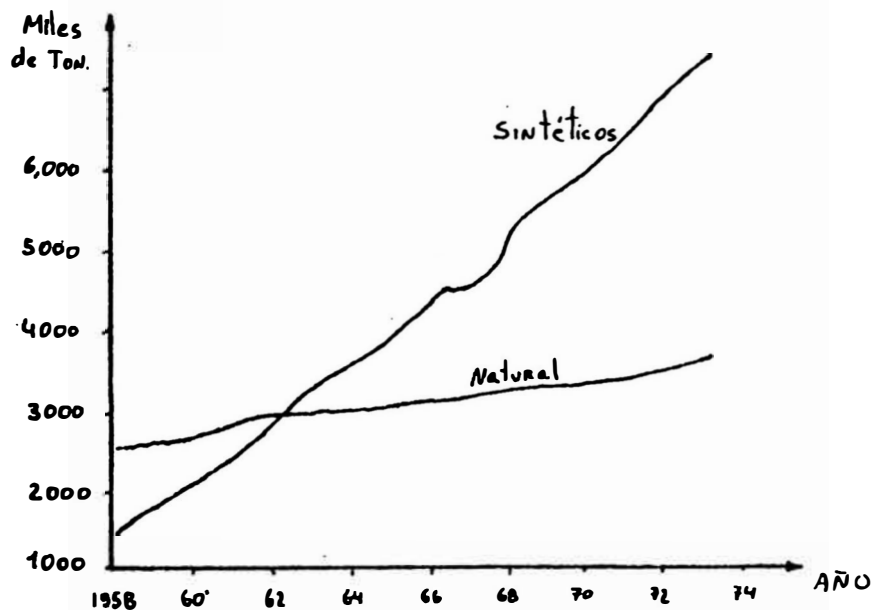
analiza el crecimiento normal, planes de desarrollo, procesos de sustitución y sobre todo el efecto que el consumo del producto estudiado tiene en su demanda; para la evaluación de las tasas de crecimiento.

4.2 ANTECEDENTES

Los diferentes tipos de cauchos sintéticos han ido incrementando su consumo en altos porcentajes. Actualmente el consumo total de sintéticos casi triplica al del caucho natural, tal como se observa en la figura 4-1, debido al elevado uso industrial que han venido observando.

FIGURA 4-1

Consumo mundial de caucho natural y sintético



Fuente : (4-5), actualizado de (4-6).

El caucho SBR ha sido el más usado, dentro de los tipos de sintéticos, este dominio ha disminuido en un 20 % en la última década siendo alrededor del 60 % actualmente. Debido, a que una gran cantidad de nuevos cauchos aún no estaban en producción comercial en 1960.

Mundialmente, el aumento histórico del SBR entre los años 1970 - 75' se ha mantenido constante en un 3 % anual (4-4). En los países del GRAN este aumento es mayor y alcanza el 8 % como promedio anual, tal cifra obedece al bajo nivel industrial y a su implemento en el desarrollo industrial, en los países miembros.

A manera ilustrativa presentamos un cuadro elaborado por la Junta, obtenido de cifras de los países y CEPAL (4-1), cuadro 4-1

De este cuadro se puede apreciar que el consumo del SBR, en el GRAN, representa aproximadamente el 70 % dentro de los tipos de cauchos sintéticos. Por otro lado, la tasa de crecimiento del SBR es menor que la de los otros cauchos, debido a los usos específicos que alcanzan estos en las diferentes industrias.

CUADRO 4-1

Consumo de cauchos en el GRAN
(en miles de TON.)

CAUCHOS	1970	%	1980	%	1985	%
Total (1) + (2)	80.7	100.0	162.0	100.0	224.0	100.0
<u>Natural</u> :						
Total (1)	31.0	38.4	44.0	27.2	51.0	22.8
* Nuevos	28.0		40.0		46.0	
<u>Sintéticos</u> :						
Total (2)	49.7	61.6	118.0	72.8	173.0	77.2
* Nuevos	45.0	100.0	106.0	100.0	156.0	100.0
- SBR	33.0	73.3	67.0	63.2	90.0	57.7
- PBR	5.4	12.0	16.0	15.1	23.0	14.7
- Otros	6.6	14.7	23.0	21.7	43.0	27.6

* De la demanda total de cauchos un 90 % equivale a caucho nuevo y un 10 % a caucho regenerado.

4.3 USOS DEL SBR

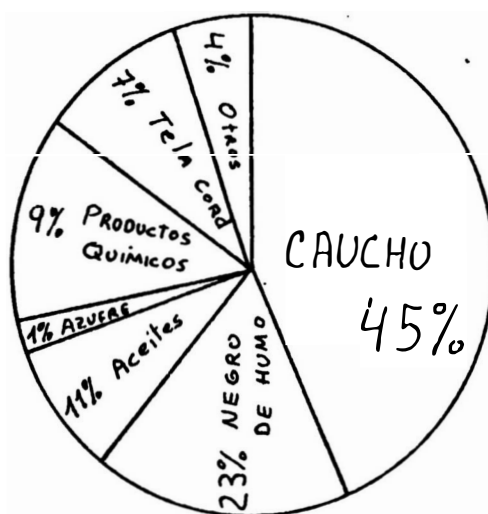
El SBR es un producto muy conocido industrialmente y se produce hace ya varias décadas. Actualmente se obtienen más de 30,000 artículos fabricados con este caucho como materia prima.

Aproximadamente el 70 % de su uso, en el mundo, está destinado a la industria de neumáticos. Siendo imprescindible para el desarrollo del transporte, tan

importante en un país. Mezclado con caucho natural se le usa en la carcaza de las llantas, y con el polibutadieno en las bandas de rodamiento.

FIGURA 4-2

Composición de un neumático



Fuente : (4-13)

Como se podrá observar, el contenido de cauchos en un neumático es por lo general 45 %, correspondiendo un gran porcentaje de éste al SBR.

Existen además una infinidad de otros usos no menos importantes, tales como en la fabricación de : mangueras, fajas transportadoras, correas de transmisión, suelas y tacos de zapatos, rodillos rellenos, bolsas de empaque, vajillas de cocina, artículos deportivos, juguetes, una gran variedad de accesorios para automóviles y otros.

En la forma de migajas, el SBR es especialmente usado en la fabricación de adhesivos, sellantes, revestimientos para zapatas de frenos, empaquetaduras de asbesto y otros.

CUADRO 4-2

Utilización porcentual del SBR (1973)

APLICACION	USA	EUROPA OCC.
Neumáticos y otros relacionados	68	71
Mangueras y tuberías	1	2
Correas y fajas	1	2
Calzado (tacos y suelas)	5	5
Esponjas	1	-
Cables y alambres	1	3
Misceláneos y otros	23	17
TOTAL :	100%	100%

Fuente : (4-26) y (4-27)

En la forma de Látex tiene un campo de aplicación bastante amplio y diversificado. Se le utiliza en pinturas, en la industria de papel y cartón como elemento ligante de los recubrimientos de fibras, en la fabricación de alfombras, en diversas aplicaciones de la industria textil (corsetería, confecciones, etc.)

El cuadro 4-3 muestra muestra las prin-

principales aplicaciones, de los tipos de SBR, más usados en la fabricación de artículos.

CUADRO 4-3

Aplicaciones del SBR por tipos

USADO EN	SERIES DE SBR			
	1500		1700	
	Color.	No-color.	Color.	No-color.
Neumático				
- Armazón	X		X	
- Costados		X		
Calzado		X		X
Correas	X		X	
Mangueras	X		X	
Ropa encauchada		X		X
Mater. de uso ind.				
-Caucho preventivo de vibración			X	
-Cilindros		X		X
-Embalaje		X		

Fuente : (4-14).

4.3.1 Análisis del uso en el GRAN

La estructura típica del uso del SBR en los países miembros es muy parecida. Se distinguen por el bajo empleo en productos no relacionados con la industria

de neumáticos; característico de los países en vías de desarrollo (4-1).

El promedio de la utilización porcentual, en el GRAN, es el siguiente

Neumáticos	78 %
Calzado	17 %
Artículos de jebe	5 %

Como se puede apreciar el consumo del SBR, por lejos, es mayor en la industria de neumáticos. Por lo tanto, este sector será el de mayor interés para la determinación de las futuras demandas de SBR.

4.4 ESTUDIO DE LA DEMANDA EN EL GRAN

Para analizar la demanda en el GRAN estudiaremos los datos históricos correspondientes a la importación de caucho SBR, puesto que no hay producción, en cada uno de los países miembros. Asimismo, se presentarán las cifras históricas de la producción de neumáticos que está estrechamente relacionado con el parque automotor.

De menor importancia será el sector calzado ya que éste varía con las condiciones climáticas y está profundamente relacionado con los ingresos y el estándar de vida. La relación "producción de llantas-parque automotor" es un índice del consumo anual de neumáticos por

automóvil y varía en cada país de acuerdo a sus condiciones socio económicas : infraestructura vial, exportación (Colombia), importación (Bolivia) o si abastecen su consumo (Venezuela). También está relacionada con la calidad de los neumáticos. El siguiente cuadro muestra los índices de cada país; cuadro 4-4.

CUADRO 4-4

Relación producción de llantas/parque automotor

AÑO	Perú	Colombia	Chile*	Venezuela	Ecuador	Bolivia
1964	1.38	3.04	2.54	2.26	1.75	-
1965	1.46	3.75	2.50	2.29	1.86	-
1966	1.61	3.57	2.58	2.22	1.86	-
1967	1.63	3.76	2.17	1.99	1.93	-
1968	1.49	3.37	2.19	2.27	2.09	-
1969	1.48	3.83	1.96	2.18	2.12	-
1970	1.84	3.91	2.08	2.06	1.89	-
1971	1.78	3.89	2.29	2.43	1.92	-
1972	1.86					
1973	1.95					
1974	1.89					
1975	1.85					
PROM.	1.69	3.64	2.41	2.21	1.93	-

* No pertenece al GRAN.

La relación "importación de SBR-producción de llantas" es

un índice aproximado* de la cantidad de SBR insumida por llanta, la cual varía de acuerdo a la calidad y al tipo de llanta producida (automóvil, camioneta, camión, tractor y vehículo pesado). Los pesos** de las llantas varían desde 6 hasta 70 Kg. En los neumáticos para automóviles el SBR representa el 34 % en peso de una llanta y éstas varían entre 6-12 Kg. En los neumáticos para tractores el SBR representa alrededor del 52 % en peso y las llantas fluctúan entre 60 - 85 Kg. El siguiente cuadro (cuadro 4-5) muestra la relación entre la importación del SBR y la producción de llantas.

Luego, pensamos que la mejor manera de realizar la proyección de la demanda, es tomando como base la variación porcentual del consumo aparente histórico del SBR y las proyecciones que se den en los principales sectores que tienen incidencia en el consumo del SBR.

* Aproximadamente es el 78 % de este valor.

** Empresa manufacturera de llantas.

CUADRO 4-5

Relación importación de SBR/producción de llantas

AÑO	Perú	Colombia	Chile*	Venezuela	Ecuador	Bolivia
1964	4.71	8.14	5.53	-	4.38	-
1965	5.19	7.20	5.73	6.01	4.64	-
1966	4.46	8.66	5.84	6.72	4.10	-
1967	3.31	4.56	5.82	8.47	5.16	-
1968	4.13	6.83	5.59	6.91	7.19	-
1969	4.93	6.41	6.61	7.09	5.18	-
1970	4.58	5.58	6.11	6.80	5.12	-
1971	6.57	7.38	6.01	5.13	8.63	-
1972	5.86	7.32	6.34	6.42	4.83	-
1973	5.80	8.23	6.10	9.59	9.57	-
1974	5.51	9.01	6.01	7.56	11.46	-
1975	7.17	-	-	-	-	-
PROM.	5.19	7.21	5.97	6.28	6.39	-

*No pertenece al GRAN.

4.4.1 Perú

En los anuarios de comercio las cifras de importación del SBR aparecen con la partida 40.02.105 (NAB-ALALC) entre los años 1968 a 1972, y en los demás años aparece incluido dentro de los "cauchos sintéticos" en la partida 40.02.00.00 (NABANDINA).

En el cuadro 4-6, se puede apreciar la cau-

CUADRO 4-6

Importación de cauchos sintéticos - Perú

PARTIDA	TIPO DE CAUCHO	1968		1969		1970		1971		1972	
		TON.	%	TON.	%	TON.	%	TON.	%	TON.	%
40.02.102	Cloropreno	126	3.7	105	3.2	101	2.5	220	3.8	217	3.9
40.02.103	PBR	247	7.2	461	14.2	605	15.0	817	14.0	708	12.7
40.02.104	PIR	108	3.2	66	2.0	39	1.0	45	0.8	31	0.5
40.02.105	SBR	1840	53.8	2299	70.6	2775	68.7	3988	68.6	3909	70.0
40.02.106	NBR	4	0.1	4	0.1	17	0.4	19	0.3	10	0.2
40.02.199	Otros	1095	32.0	323	9.9	503	12.4	728	12.5	710	12.7
TOTAL DE SINTETICOS		3420	100.0	3258	100.0	4040	100.0	5817	100.0	5585	100.0

Fuente : Anuarios de comercio exterior del Perú (4-7)

tidad de SBR importada en relación a los demás sintéticos. Como se observa el SBR representa aproximadamente el 70 % del total de sintéticos.*

La procedencia de las importaciones del SBR durante los años mencionados se muestra en el cuadro 4-7. Los principales proveedores de este caucho son: Estados Unidos, Japón, Argentina y los Países Bajos (Holanda).

Los principales insumidores de este caucho se muestran a continuación en el cuadro 4-8. Del cuadro se desprende que los principales sectores que insumen este caucho, representan

Neumáticos	77 %
Calzado	18 %
Art. de jebe	5 %
TOTAL	100 %

Por otro lado la estructura referida al valor bruto de la producción en los sectores considerados es la siguiente :

Neumáticos	81 %
Calzado	15 %
Otros	4 %

	100 %

La estructura que se da es un promedio entre los años

* Las cifras para el año 1968 no deben ser tomadas en cuenta debido al elevado porcentaje que se da en el rubro "otros cauchos sintéticos".

CUADRO 4-7

Procedencia de las importaciones del SBR - Perú
(kilogramos)

PAIS/AÑO	1968	1969	1970	1971	1972	% (68'-72')
Alemania Occ.	4,734	7,505	149	24,045	-	0.2
Argentina	28,201	393,102	401,084	938,237	870,046	17.8
Bélgica	-	4,190	37,020	50,297	-	0.6
Canada	31,183	-	229	212	18,990	0.3
Estados Unidos	1'229,677	1'137,727	1'659,127	1'735,506	1'089,940	46.3
Francia	-	-	-	-	9,852	0.1
Japón	375,875	551,358	427,518	779,430	1'695,795	25.9
Paises Bajos	164,209	204,798	250,253	456,500	208,837	8.7
Reino Unido	-	-	-	-	15,515	0.1
México	-	-	-	-	95	-
TOTAL :	1'839,879	2'298,680	2'775,380	3'988,177	3'909,070	100.0

Fuente Anuarios de comercio exterior del Perú (4-7).

CUADRO 4-8

Destino de las importaciones del SBR - Perú

DESTINO		1970		1971		1972	
LIB. TRIBUTARIA	INDUSTRIA	Kg.	%	Kg.	%	Kg.	%
9103872	Goodyear	1'556,092	56.1	1'668,243	42.0	1'949,674	49.9
9128441	Lima Rubber Co.	513,780	18.5	1'314,144	33.0	1'223,186	31.3
9033777	Fab. de Calzado Peruana	403,872	14.6	389,676	9.8	447,561	11.5
9003123	Fab. de Calzado el Diamante	161,845	5.8	338,519	8.5	130,499	3.3
9143602	Fab. Nac. de Art. de Jebe	18,528	0.7	53,227	1.3	10,160	0.3
9007059	Manufacturas de Jebe S.A.	24,703	0.9	(a)	-	36,816	0.9
9015477	Yale Ausacc S.A.	22,160	0.8	(a)	-	41,770	1.1
9143076	Ind. de Jebe y derivados	(a)	-	(a)	-	20,920	0.5
- - -	Otros	74,400	2.6	224,367	5.4	48,484	1.2
TOTAL		2'775,380	100.0	3'988,176	100.0	3'909,070	100.0

(a) Incluido dentro de otros

Fuente : Listado detallado por partidas (4-15)

1970 y 1974 elaborada en base a las cantidades dadas en (4-17).

El cuadro 4-9 muestra las series históricas de los principales sectores que tienen incidencia en el SBR.

Para proyectar la demanda se utilizó el método de análisis sectorial, observándose que los datos se aproximan a una curva ligeramente exponencial, la cual es característica de los países en vías de desarrollo.

En el periodo comprendido entre 1965 y 1970 la tasa de crecimiento observada en el gráfico (figura 4-3) es de 16.5%, mientras que la tasa entre 1970 y 1975 es de 13.2%.

La producción de llantas ha venido aumentando en un 10.7% anual (promedio). Los productores* de llantas estiman que el crecimiento será del orden del 10% anual para los próximos años. Asimismo el parque automotor ha venido creciendo a un ritmo del 7.4% anual de promedio. Se estima** que el crecimiento en este sector estará alrededor del 10%.

Por lo tanto, asumiremos que la tasa para el periodo 75'-80' será del 10% anual. Del 80'-85' asu-

* Entrevista en Cia. Goodyear del Perú y en la Sociedad General de Industrias.

** Usado en los cálculos para el desarrollo automotriz (4-18).

CUADRO 4-9

Datos históricos - Perú

AÑO	PARQUE AUTOMOTOR		PRODUCCION DE LLANTAS		CONSUMO APARENTE* (en Ton.)		
	Miles de unidades	Tasa de aumento	Unidades	Tasa de aumento	Cauchos sintéticos	Caucho SBR	Tasa de aumento
1964	198.7	-	275,000	-	1,852	1,296**	-
1965	221.9	11.7	323,781	17.7	2,400	1,680**	29.6
1966	263.9	18.9	423,672	30.9	2,700	1,890**	12.5
1967	285.1	8.0	464,905	9.8	2,200	1,540**	-18.5
1968	298.8	4.8	445,408	-4.0	3,420	1,840	19.5
1969	314.6	5.3	466,769	4.8	3,258	2,299	24.5
1970	328.6	4.5	605,541	29.7	4,040	2,775	20.7
1971	340.7	3.7	607,046	0.2	5,817	3,988	43.7
1972	358.2	5.1	666,659	9.8	5,585	3,909	-2.0
1973	382.5	6.8	745,234	11.8	6,170	4,319**	10.5
1974	406.9	6.4	767,410	3.0	6,038***	4,227**	-2.1
1975	433.8	6.6	800,870	4.4	8,201***	5,741**	35.8
TASA PROMEDIO		7.4%		10.7%			15.8%

Fuente : (4-16), (4-17) y (4-7).

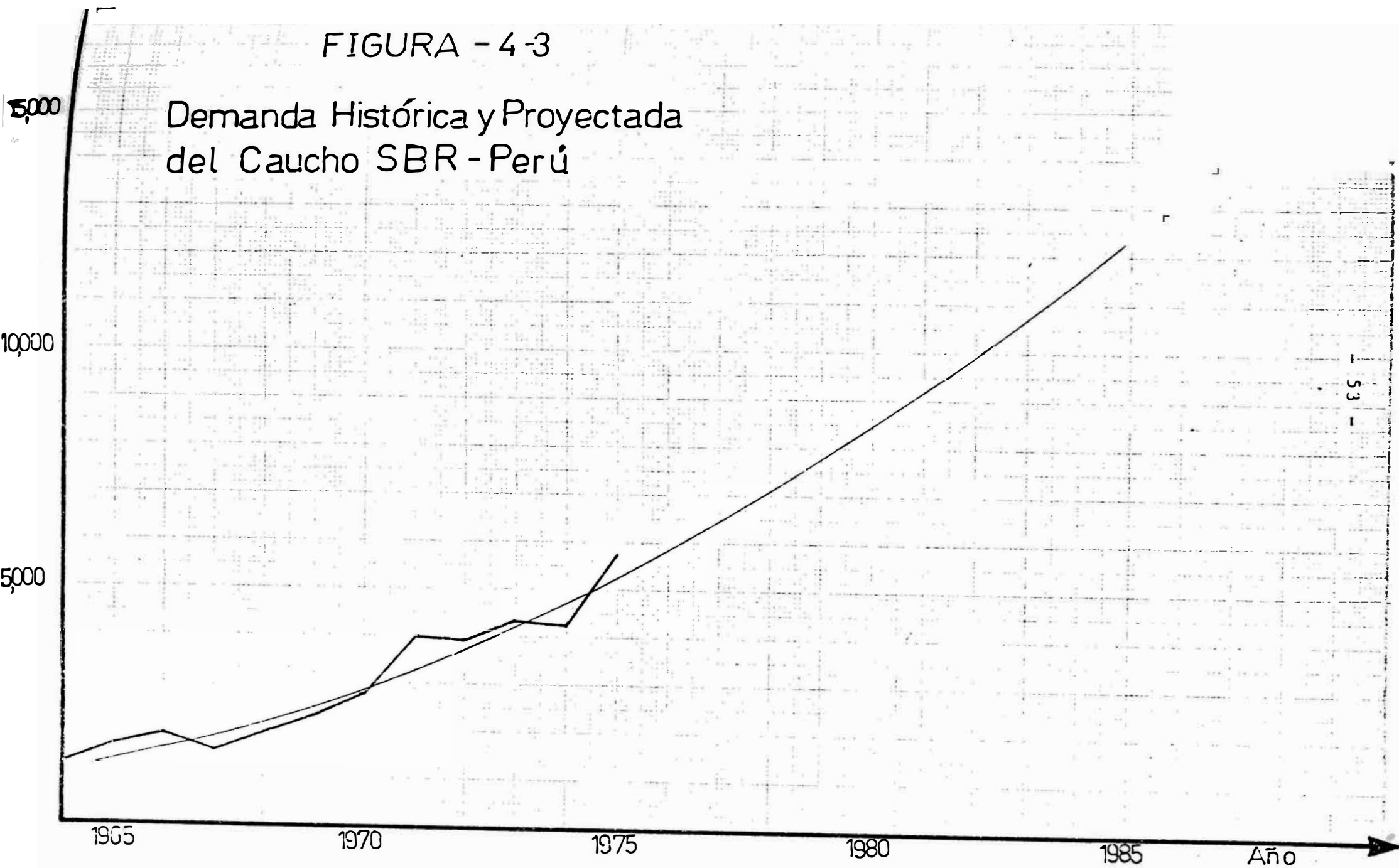
* Consumo aparente = Importación (No existe producción, ni exportación).

** Se ha considerado como el 70 % del total de la importación de cauchos sintéticos.

*** Listados IBM del MIC.

FIGURA - 4-3

Demanda Histórica y Proyectada
del Caucho SBR - Perú



miramos que, la tasa de crecimiento, será menor y del 8 %; y para el periodo 85'-90' del orden del 6 %. Estas tasas asumidas concuerdan con la proyección de la curva histórica.

Para iniciar la proyección de la demanda, con las tasas indicadas, tomaremos el promedio de los años 73', 74' y 75' en razón a las altas variaciones observadas en los últimos años. Las cantidades proyectadas se encuentran tabuladas en el cuadro 4-15.

4.4.2 Colombia

En los anuarios de comercio exterior el SBR aparece incluido con los sintéticos en la partida 40.02-02.00. Para evaluar el porcentaje de SBR dentro de los sintéticos debemos examinar la composición de la industria del caucho. Al no disponer de las cantidades insumidas, la evaluación la haremos en base al valor bruto de la producción para cada una de las industrias de este sector.

Se observa que los principales sectores que insumen el caucho SBR representan :

Neumáticos y relacionados	78 %
Calzado (tacos y suelas)	17 %
Artículos de Jefe	5 %

Las cifras que se presentan se han obtenido de (4-19), tomando el promedio de los porcentajes para cada una de las "industrias señaladas" (301,302,303 y 304) referidas al valor bruto de la producción entre 1965 y 1973. Siendo la composición de estos sectores comparable a la estructura del Perú, asumiremos que el SBR es el 70 % del total de sintéticos, teniendo en cuenta además que la producción de neumáticos es mayor.

Los principales proveedores de caucho sintético han sido Estados Unidos y el Japón (4-9). Los principales insumidores del SBR son Croydon (Cali), Philips (Yumbo), Goodyear (Yumbo) e Icollantas (Bogotá).

En el cuadro 4-10 mostramos las cifras históricas de los principales sectores que tienen incidencia en el SBR.

Para proyectar la demanda seguiremos el método adoptado para el Perú. En el periodo comprendido entre 1965-1970 la tasa de crecimiento observada en el gráfico (figura 4-4) es de 13.3 %, mientras que la tasa entre el 70' -75' es de 11.1 %.

La producción de llantas ha venido aumentando en un 8.8 % anual (promedio). El crecimiento de este sector se verá afectado por una baja en la exportación,

CUADRO 4-10

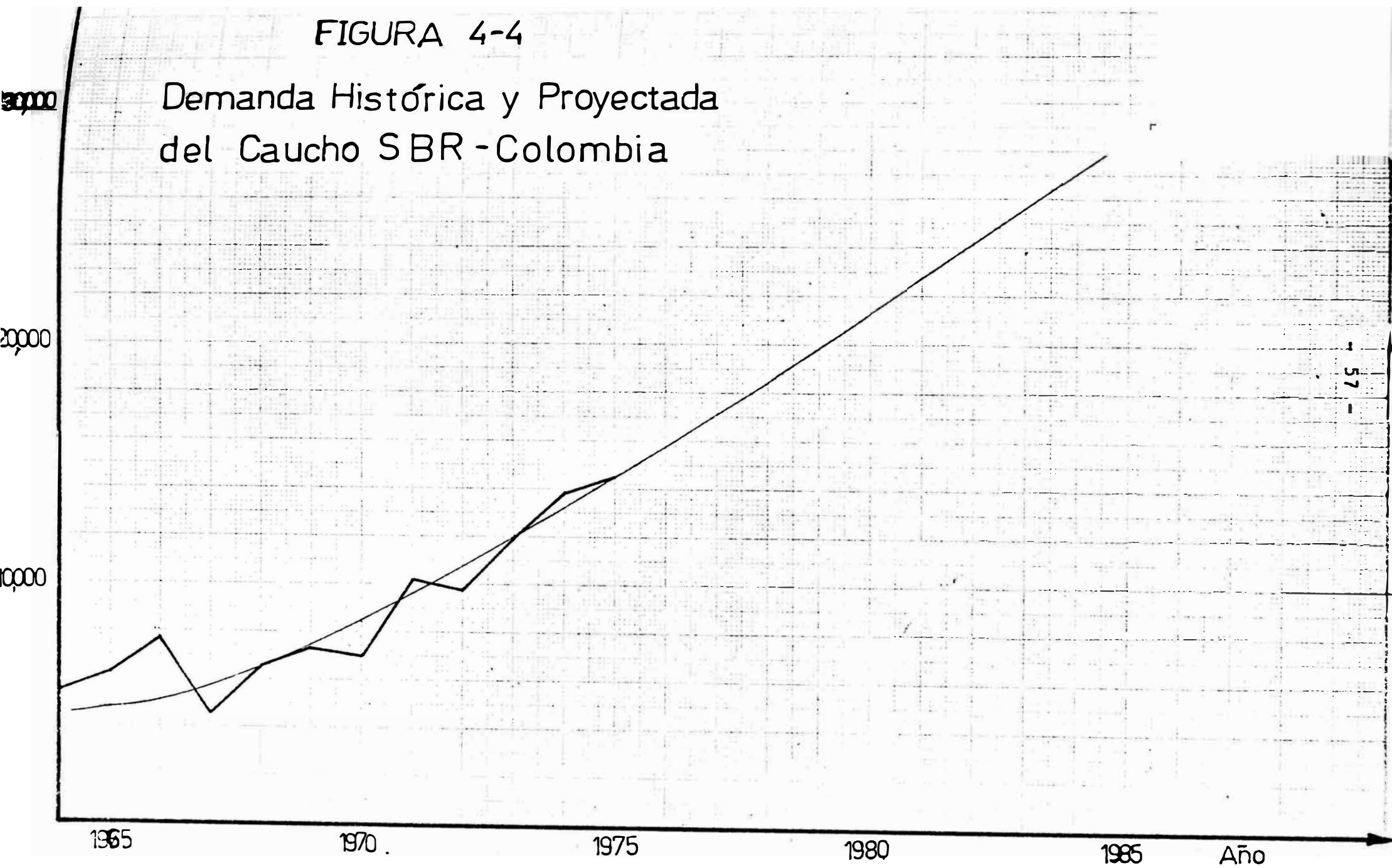
Datos históricos - Colombia

AÑO	PARQUE AUTOMOTOR		PRODUCCION DE LLANTAS		CONSUMO APARENTE (en Ton.)		
	Miles de unidades	Tasa de aumento	Unidades	Tasa de aumento	Cauchos sintéticos	Caucho SBR	Tasa de aumento
1964	221.4		682,752	-	7,944	5,561	-
1965	228.2	3.1	873,484	27.9	8,989	6,292	13.1
1966	251.1	10.0	895,454	2.5	11,075	7,753	23.2
1967	264.9	5.5	997,160	11.4	6,499	4,549	-41.3
1968	282.6	6.6	952,474	-4.5	9,298	6,509	43.1
1969	297.5	5.3	1'139,063	19.6	10,438	7,307	12.3
1970	322.0	8.3	1'257,525	10.4	10,021	7,015	-4.0
1971	375.2	16.5	1'382,021	9.9	14,561	10,193	45.3
1972	n.d.	n.d.	1'336,414	-3.3	13,969	9,778	-4.1
1973	n.d.	n.d.	1'444,664	8.1	16,984	11,889	21.6
1974	n.d.	n.d.	1'534,233.	6.2	19,752	13,826	16.3
1975	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	20,740	14,518	5.0
TASA PROMEDIO		7.9%		8.8%			11.9%

Fuente : (4-19), (4-6), (4-9) y (4-20)

FIGURA 4-4

Demanda Histórica y Proyectada
del Caucho SBR - Colombia



ya que sus principales compradores Bolivia y Ecuador han proyectado aumentar su producción en los próximos años (4-20). Estimamos que el crecimiento será del orden del 8 % en los próximos años. Asimismo el parque automotor ha venido creciendo a un ritmo del 7.9 %.

Por lo tanto asumiremos que la tasa para el periodo de 1975 -80' será del 8 % anual. Del 80' - 85' asumiremos que la tasa de crecimiento será del 6 % y para el periodo 85' - 90' del orden del 5 %.

Las cantidades proyectadas se encuentran tabuladas en el cuadro 4-15 .

4.4.3 Venezuela

En los anuarios de comercio exterior el SBR aparece incluido en los cauchos sintéticos, partida 231.02.00, hasta Julio de 1973. Luego, aparece aislado con la partida 07-4002020100-01. En 1974 el SBR representó el 63.4 % del total de cauchos sintéticos.

En cuanto al valor bruto de la producción, la composición de los sectores que insumen este producto es la siguiente :

Fabricación de llantas y relacionados	79 %
Productos de caucho n.e.p.	21 %
	100 %

Esta estructura es un promedio entre los años 71' a 74' (4-24), codigos 3551 y 3559.

Asumiremos que el SBR representa el 64 % del total de cauchos sintéticos. Esta estructura nos da una relación entre la importación de SBR y la producción de llantas de 6.28, como promedio de la serie histórica considerada, siendo consistente con las relaciones dadas para los demás países; cuadro 4-5.

Los principales proveedores han sido Estados Unidos, Países Bajos y Japón (4-12). Los principales insumidores son : Goodyear (Valencia), Firestone (Valencia), Uniroyal (Valencia), General (Caracas).

El cuadro 4-11 muestra las cifras históricas de los principales sectores que tienen incidencia en el SBR.

En el gráfico (figura 4-5) se observan tasas de crecimiento de 13.1 % y 10.2 % para los periodos 65' - 70' y 70' - 75' respectivamente.

La producción de llantas ha tenido una ta-

CUADRO 4-11

Datos históricos - Venezuela

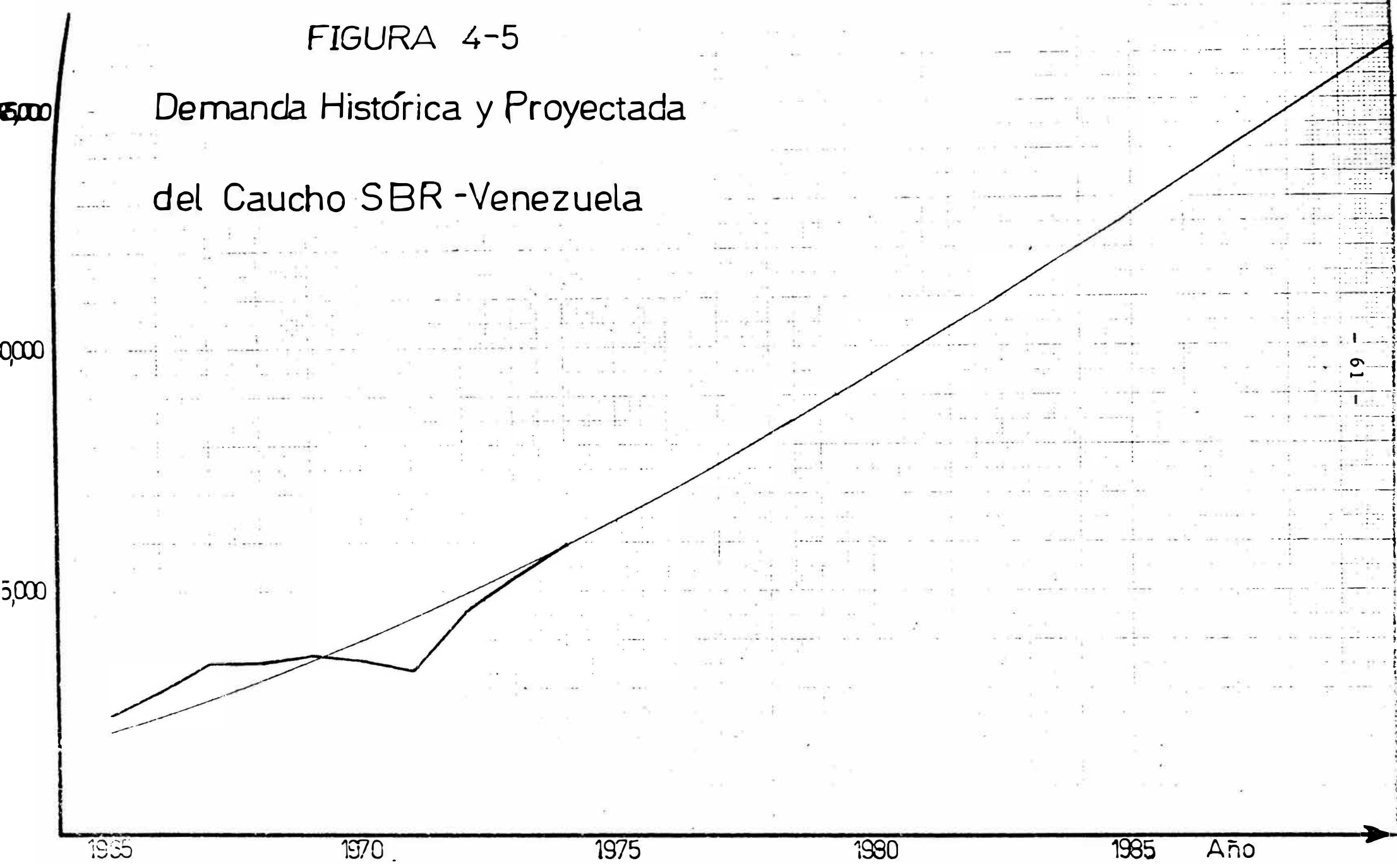
AÑO	PARQUE AUTOMOTOR		PRODUCCION DE LLANTAS		CONSUMO APARENTE (en Ton.)		
	Miles de unidades	Tasa de aumento	Unidades	Tasa de aumento	Cauchos sintéticos	Caucho SBR	Tasa de aumento
1964	484.5	-	1'093,000		nd.	nd.	-
1965	535.0	10.4	1'223,000	11.9	11,487	7,352	
1966	597.0	11.6	1'327,000	8.5	13,931	8,916	21.3
1967	624.8	4.7	1'244,000	-6.3	16,470	10,541	18.2
1968	675.6	8.1	1'534,000	23.3	16,567	10,603	0.6
1969	714.1	5.7	1'560,000	1.7	17,280	11,059	4.3
1970	764.0	7.0	1'577,000	1.1	16,757	10,724	-3.0
1971	809.3	5.9	1'968,000	24.8	15,779	10,099	-5.8
1972	nd.	nd.	2'123,000	7.9	21,295	13,629	34.9
1973	nd.	nd.	2'240,000	5.5	33,566	15,863*	16.4
1974	nd.	nd.	2'363,000	5.5	28,176	17,868	12.6
1975	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.
TASA PROMEDIO		7.7%		8.4%			11.1%

Fuente : (4-6) y (4-12).

* De Junio a Dbre. salió como SBR. Estimándose del total de cauchos sintéticos de Mayo a Junio, con 64 %.

FIGURA 4-5

Demanda Histórica y Proyectada
del Caucho SBR -Venezuela



sa de crecimiento de 8.4 % anual y el parque automotor - viene aumentando a un ritmo del 7.7 % anual.

Asumiremos, para proyectar la demanda en los periodos del 75' al 80', del 80' al 85' y del 85' al 90' las tasas de 8 %, 6 % y 5 % respectivamente; que se ajustan con las tendencias de los principales sectores - relacionados con el SBR. Las cantidades proyectadas con estas tasas se muestran en el cuadro 4-15.

4.4.4 Ecuador

En los anuarios de comercio exterior el caucho SBR aparece aislado con la partida 40.02.89.01 (1972 y 1973) y con 40 02 204 (1971). Las cifras mostradas en los anuarios se prestan a confusión debido a que el porcentaje de SBR en relación al total de sintéticos tiene una alta variación; cuadro 4-12. Por lo tanto, nos basaremos en la cantidad total de caucho y latex sintético para cada año.

El valor bruto de la producción para los sectores que insumen el SBR es la siguiente :

Neumáticos y rel.	87 %
Calzado (suelas, tacos, etc.)	7 %
Otros	6 %
	100 %

CUADRO 4-12

Resumen anuarios de importación - Ecuador

	1971		1972		1973	
	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%
Latex de SBR	552.3	61	293.8	57	15.3	16
Latex de GRM	0.7	-	3.6	1	2.2	2
Latex de PIR	36.6	4	-	-	-	-
Latex de PBR	19.7	2	-	-	-	-
Latex de los demás	295.9	33	219.1	42	77.6	82
Total de Latex	905.2	100	516.5	100	95.1	100
Caucho SBR	93.2	15	446.1	95	2,034.2	98
Caucho GRM	1.0	-	14.5	3	28.5	1
Caucho PBR	42.8	7	-	-	-	-
Caucho butílico	35.9	5	-	-	-	-
Los demás cauchos sint.	460.7	73	9.5	2	24.0	1
Total cauchos	633.6	100	470.1	100	2,086.7	100

Fuente : (4-11).

Los valores dados son promedio entre los años 1971 al 1973 (4-25). Se observa que el porcentaje de neumáticos y relacionados es comparativamente mayor que en los países ya estudiados.

Por lo tanto asumiremos que una estructura del 80 % de SBR sobre el total de cauchos más latex, sería adecuada para este país. Además, con esta estructura, la relación importación de SBR/producción de llantas se ajusta a la de los demás países; cuadro 4-5.

Los principales proveedores de SBR han sido Japón y Estados Unidos (4-11). El principal insumidor es Erco (Cuenca).

El cuadro 4-13 muestra las series históricas de los principales sectores relacionados con el SBR.

Del gráfico (figura 4-6) se observan tasas de crecimiento de 40 % y 24 % para los periodos del 65' - 70' y 70' - 75' respectivamente.

La producción de llantas ha venido aumentando con una tasa del orden del 13.9 % anual y el parque automotor con una tasa del 12.7 %.

Asumiremos para proyectar la demanda en los periodos del 75' al 80', del 80' al 85' y del 85' al 90' las tasas de 15 %, 9 % y 6 % respectivamente.

CUADRO 4-13

Datos históricos - Ecuador

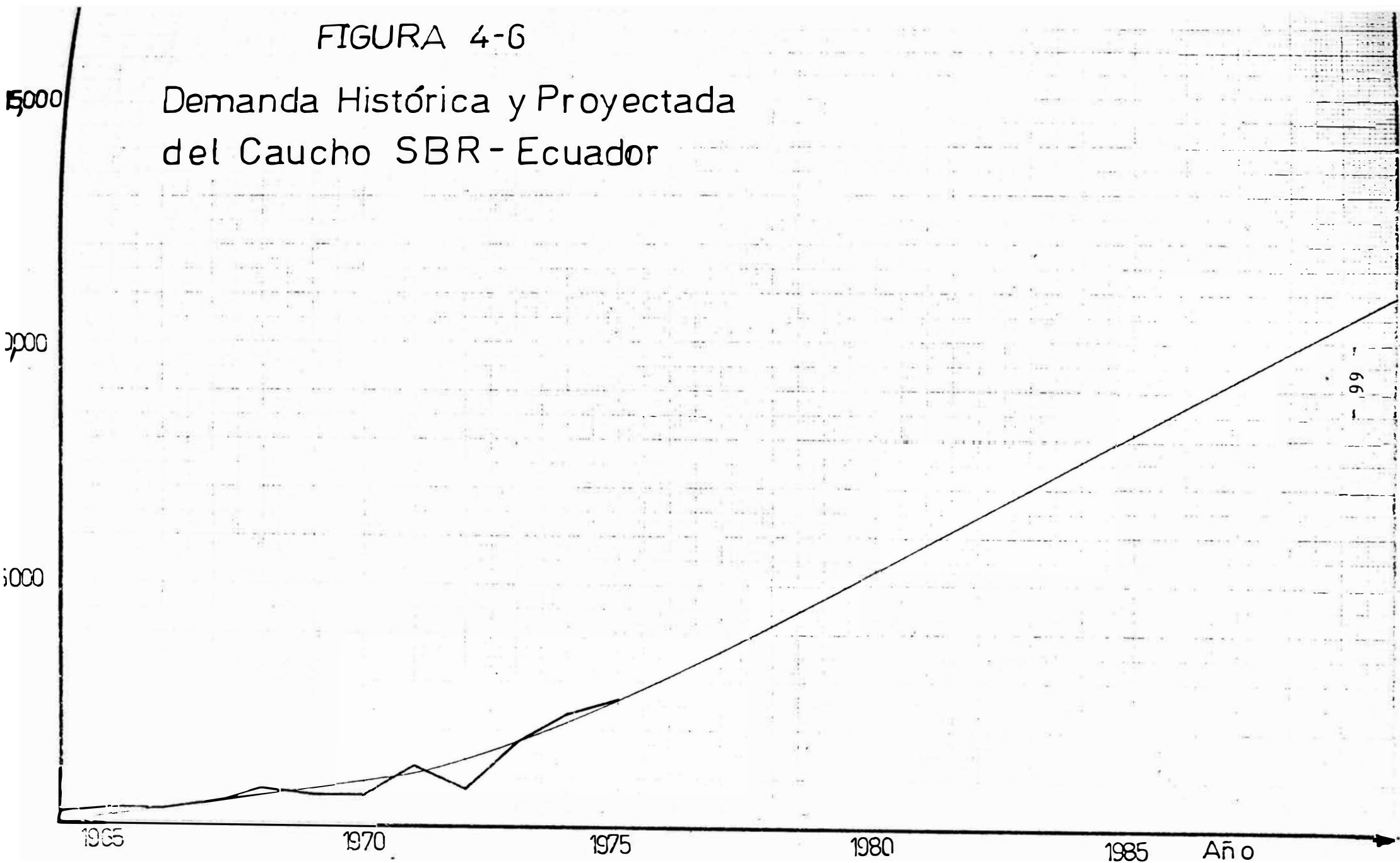
AÑO	PARQUE AUTOMOTOR		PRODUCCION DE LLANTAS		CONSUMO APARENTE (en Ton.)		
	Miles de unidades	Tasa de aumento	Unidades	Tasa de aumento	Cauchos sintéticos	Caucho SBR	Tasa de aumento
1964	32.0	-	56,000	-	306	245	-
1965	37.7	17.8	70,000	25.0	406	325	32.6
1966	41.4	9.8	77,000	10.0	395	316	-2.8
1967	47.2	14.0	91,000	18.2	587	470	48.7
1968	50.7	7.4	106,400	16.5	956	765	62.8
1969	55.9	10.3	118,400	11.3	766	613	-19.9
1970	63.4	13.4	119,600	1.7	765	612	-0.2
1971	74.4	16.4	142,700	19.2	1,539	1,231	101.1
1972	-	-	163,300	14.0	986	789	-36.0
1973	-	-	182,500	11.8	2,182	1,746	121.3
1974	-	-	202,500	11.0	2,900*	2,320	32.9
1975	-	-	-	-	3,300*	2,640	13.8
TASA PROMEDIO		12.7%		13.9%			32.2%

Fuente : (4-6), (4-25) y (4-11).

* Obtenido de (4-20).

FIGURA 4-6

Demanda Histórica y Proyectada
del Caucho SBR - Ecuador



Las cantidades proyectadas se encuentran tabuladas en el cuadro 4-15.

4.4.5 Bolivia

En los anuarios de comercio exterior el SBR aparece incluido en la partida 40.02 (cauchos sintéticos, inclusive latex sintético sin estabilizar y caucho facticio derivado de los aceites).

La composición de los sectores que insu-
men SBR, respecto al valor bruto de la producción, entre
los años 65' al 70' ha sido :

Neumáticos y rel.	16 %
Calzado y relacionados	62 %
Otros	22 %

	100 %

Las cifras dadas son promedio para el periodo considerado. Se observa que a diferencia de los otros países del GRAN, el sector neumáticos (únicamente rencauche) es el de menor importancia, debido a que recién el año 1968 se empezó la producción de llantas con 2,500 unidades al año. Por lo tanto la determinación de una estructura para el SBR, frente a todos los cauchos incluidos en la partida 40.02 es incierta y no la debemos considerar.

Las cifras de consumo en Bolivia han sido tomadas de una encuesta (4-20) a los consumidores y se reproducen en el cuadro 4-14.

CUADRO 4-14

Datos históricos - Bolivia
(Ton. de SBR)

EMPRESA CONSUMIDORA	1972	1973	1974	1975
-Flex	nd.	128.3	142.6	162.0
-Zimeri	Anor.	Anor.	Paró	Paró
TOTAL	-	128.3	142.6	162.0
REL. DE CRECIMIENTO	-	-	1.11	1.14
PRODUCCION NACIONAL	-	-	-	-
IMPORTACIONES SUBREGIONALES	-	-	-	-
IMPORTACION DE TERCEROS	-	128.3	142.6	162.0
CONSUMO APARENTE	nd.	128.3	142.6	162.0

La mayor parte del consumo se presenta - en la ciudad de Cochabamba (opera la Flex). Debido a que Zimeri entra en operación a partir de 1976 en él que el consumo de caucho se triplica, pues el requerimiento estimado para la fabricación de llantas es 300T/A; (4-20).

De lo expuesto y considerando que la industria de neumáticos está en reciente formación asumiremos del 75' al 80', del 80' al 85' y del 85' al 90' tasas del orden de 20 %, 15 % y 15 % respectivamente.

CUADRO 4-15

Proyección de la demanda de SBR en el GRAN
(en miles de Kgs.)

AÑO	PERU	COLOMBIA	VENEZUELA	ECUADOR	BOLIVIA	TOTAL GRAN	PARTICIPACION PERUANA
1975	5,238	14,518	19,297	2,640	462	42,155	14,052
1976	5,762	15,679	20,841	3,036	554	45,872	15,291
1977	6,338	16,934	22,509	3,491	665	49,937	16,646
1978	6,972	18,288	24,309	4,015	798	54,382	18,127
1979	7,669	19,752	26,254	4,617	958	59,250	19,750
1980	8,436	21,332	28,354	5,310	1,150	64,582	21,527
1981	9,111	22,612	30,055	5,788	1,323	68,889	22,963
1982	9,840	23,969	31,850	6,309	1,521	73,498	24,499
1983	10,627	25,407	33,770	6,877	1,749	78,430	26,143
1984	11,477	26,931	35,796	7,495	2,011	83,710	27,903
1985	12,395	28,547	37,944	8,170	2,313	89,369	29,790
1986	13,139	29,974	39,841	8,660	2,660	94,274	31,425
1987	13,927	31,473	41,833	9,180	3,059	99,472	33,157
1988	14,763	33,047	43,925	9,731	3,518	104,984	34,995
1989	15,648	34,699	46,121	10,315	4,046	110,829	36,943
1990	16,587	36,434	48,427	10,933	4,652	117,033	39,011

Las cantidades proyectadas se encuentran tabuladas en el cuadro 4-15.

4.4.6 Demanda y participación peruana en el GRAN

Las proyecciones de la demanda, evaluada en los puntos anteriores, para los países miembros del GRAN, se dan en el cuadro siguiente. La demanda total para 1981, estará cerca de las 70,000 Ton. lo que, representa un atractivo mercado para el SBR. Se ha estimado, asimismo, que la demanda se incrementará en un 6 % anual hasta 1990 alcanzando las 117,000 Ton.

En la propuesta 44 de la Junta para el acuerdo de cartagena (4-1) se asignó el caucho SBR a Perú, Colombia y Venezuela; y según el artículo 35 de la Decisión 91 Comisión Petroquímica (4-3) el mercado debe dividirse en partes iguales. Por lo tanto, en el presente estudio, se ha considerado que el Perú intervendrá en la satisfacción de la tercera parte del mercado conformado por los países del GRAN. Las cantidades han sido calculadas y tabuladas en el cuadro 4-15.

El mercado nacional representa un 40 % de la intervención peruana en el GRAN, lo que indica la gran importancia del mercado andino integrado. Los acuerdos del GRAN aseguran el mercado que como se estima será de

23,000 Ton. para 1981 y alcanzará las 40,000 Ton. en 1990.

Cabe señalar además que existen acuerdos de la junta (4-28) para aprovechar la capacidad excedentaria mediante la colocación de productos en mercados extraregionales, como el mercado común centroamericano, el mercado común europeo, etc.. Así pues, la posibilidad de negociar un paquete de productos petroquímicos excedentes, en vez de producciones aisladas, permitiría utilizar o crear grandes canales de comercialización hacia el exterior facilitando el intercambio con zonas lejanas como Africa o el Extremo Oriente.

4.5 ANALISIS DE MERCADOS EXTRAREGIONALES

Analizaremos a continuación algunos mercados extraregionales que por su situación (proximidad) pueden ser mercados potencialmente atrayentes. Debido a que Chile se separó del Grupo Andino lo hemos considerado, como el principal mercado potencial extraregional, debido a su proximidad y al amplio intercambio comercial que sostiene con el Perú y su análisis de mercado será exhaustivo, y siguiendo el método empleado anteriormente para los países del GRAN.

Sabido es además que, la carencia de materias primas, ha mermado la futura producción de produ

tos petroquímicos en los países industrializados, lo que nos brinda la posibilidad de incursionar en dichos mercados.

4.5.1 Chile

En los anuarios de comercio exterior el SBR aparece aislado con la partida 40.02.204. Al evaluar el porcentaje de SBR respecto al total de sintéticos se observa que varía entre el 22 y 48 % (cuadro 4-16). Por otro lado, la cantidad de SBR importado que aparece aquí es muy baja en relación a la producción de llantas (aproximadamente 2.6, siendo alrededor de 6 para los demás países). Asimismo se presenta una elevada cantidad en la partida 40.02.299, que agrupa los demás cauchos sintéticos. En vista de esto, no tomaremos en cuenta las cifras que aparecen bajo dicha partida y recurriremos a determinar una estructura sumando todos los cauchos sintéticos incluyendo sus látices (partidas comprendidas entre 40.02.101 hasta 40.02.299); cuadro 4-16.

Respecto al valor bruto de la producción, la composición de los sectores que insumen el SBR es la siguiente*.

Industria de neumáticos	73 %
Fab. de productos de caucho nep.	27 %
	100 %

* Promedio entre los años 1968 a 1972 (4-21).

CUADRO 4-16

Resúmen anuarios de importación - Chile
(en Ton.)

PARTIDA	ARTICULO	1969	%	1970	%	1971	%	1972	%	1973	%	1974	%
40.02.101	L. de PIR	114		192		--		14		--		18	
40.02.102	L. de PBR	23		9		21		11		83		172	
40.02.103	L. de PCB	21		17		--		55		--		--	
40.02.104	L. de SBR	130		21		100		86		429		350	
40.02.105	L. de PCN	--		--		10		--		--		--	
40.02.106	L. de NBR	2		55		--		3		--		10	
40.02.107	L. de PCFA	--		--		--		--		--		344	
40.02.199	Los demás	1,554		791		689		783		584		636	
TOTAL LATEX		1,844		1,085		820		952		1,096		1,530	
40.02.201	C. PIR	117	2.7	11	0.2	3	-	4	0.1	3	0.1	1	-
40.02.202	C. PBR	64	1.5	91	1.6	257	3.6	141	1.9	6	0.1	340	5.1
40.02.203	C. PCB	38	0.9	47	0.8	11	0.2	1	-	--	-	7	0.1
40.02.204	C. SBR	2,049	47.1	2,830	48.8	2,648	37.3	2,693	36.7	1,628	24.3	1,488	22.3
40.02.205	C. PCN	--	-	9	0.2	3	0.1	--	-	--	-	--	-
40.02.206	C. NBR	5	0.1	39	0.7	3	0.1	2	-	6	0.1	--	-
40.02.207	C. PCBA	114	2.6	--	-	--	-	--	-	3	-	23	0.3
40.02.208	Tioplastos	--	-	--	-	--	-	--	=	--	-	1	-
40.02.299	Los demás	1,963	45.1	2,771	47.7	4,131	58.2	4,705	62.3	5,046	75.4	4,835	72.2
TOTAL CAUCHO		4,352	100.0	5,799	100.0	7,103	100.0	7,545	100.0	6,692	100.0	6,696	100.0
LATEX + CAUCHO		6,196		6,884		7,923		8,498		7,788		8,226	

FUENTE (4-10)

Se observa que el sector no relacionado con llantas es comparativamente mayor que en los países estudiados, por lo que se tendrá que los otros cauchos sintéticos participen en un porcentaje relativamente mayor que en estos.

Asumiremos que el SBR representa el 60 % del total de cauchos sintéticos más sus látices. Esta estructura da una relación consistente entre la importación de SBR y la producción de llantas (cuadro 4-5).

Los principales proveedores de SBR han sido Argentina y Estados Unidos (4-10). Los principales insumidores de éste caucho son Manesa (Coquimbo) e Insa (Maypú). El cuadro 4-17 muestra las cifras históricas de las principales sectores que tienen incidencia en el SBR.

Siguiendo el método adoptado para proyectar la demanda en el Perú, tenemos que en el periodo comprendido entre 1965 a 1970 la tasa de crecimiento observada de la curva (figura 4-7) es de 7.6 % mientras que del 70' al 75' es de 6 %.

La producción de llantas ha venido aumentando en un 5.9 % y el parque automotor tiene un promedio de crecimiento del orden de 9.1 %.

Debido a la situación política que atra-

CUADRO 4-17

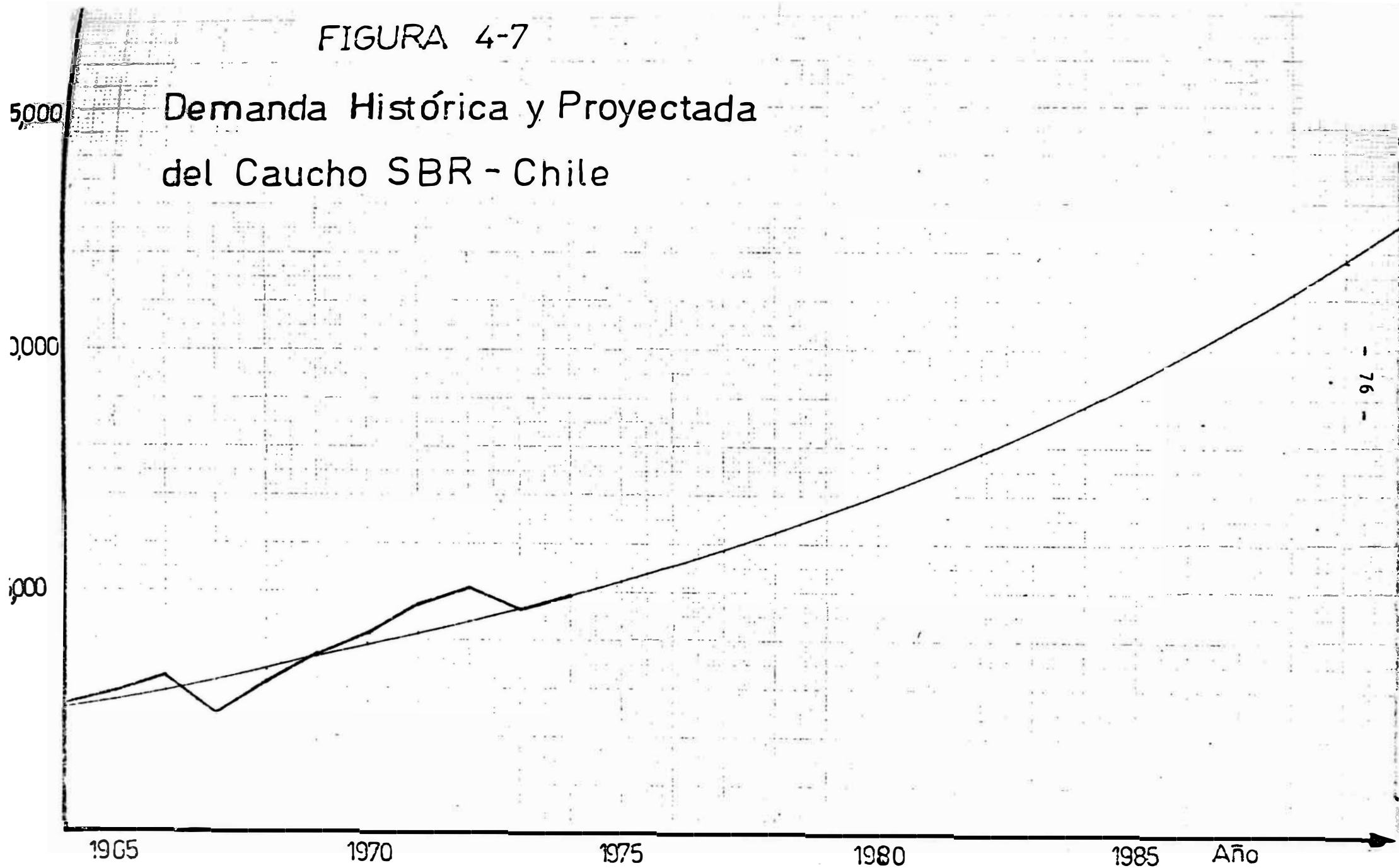
Datos históricos - Chile

AÑO	PARQUE AUTOMOTOR		PRODUCCION DE LLANTAS		CONSUMO APARENTE (en Ton.)		
	Miles de unidades	Tasa de aumento	Unidades	Tasa de aumento	Cauchos sintéticos	Caucho SBR	Tasa de aumento
1964	188.0	-	478,000	-	4,407	2,644	-
1965	202.7	7.8	506,000	5.9	4,833	2,900	9.7
1966	215.5	6.3	555,000	9.7	5,401	3,241	11.8
1967	232.8	8.0	505,000	-9.0	4,151	2,491	-23.0
1968	254.5	9.3	556,400	10.2	5,183	3,110	24.8
1969	286.5	12.6	562,300	1.1	6,196	3,718	19.5
1970	325.9	13.8	676,400	20.3	6,384	4,130	11.1
1971	345.4	6.0	790,700	16.9	7,923	4,754	15.1
1972	-	-	804,700	1.8	8,498	5,099	7.3
1973	-	-	765,700	-4.8	7,788	4,673	-8.4
1974	-	-	820,800	7.2	8,226	4,936	5.6
1975	-	-	-	-	-	-	-
TASA PROMEDIO		9.1%		5.9%			7.4%

Fuente : (4-6), (4-22), (4-23). y (4-10).

FIGURA 4-7

Demanda Histórica y Proyectada
del Caucho SBR - Chile



vieza las tasas de crecimiento de los productos relacionados con el SBR han sido bajas y asumiremos que tendrá un crecimiento parejo hasta 1990; la tasa adoptada será del 6 % anual. Lo cual presume que en las últimas lustros considerados tendrá una ligera recuperación.

Las cantidades proyectadas se encuentran tabuladas en el cuadro 4-18.

CUADRO 4-18

Proyección de la demanda de SBR -- Chile
(en miles de Ton.)

AÑO	DEMANDA	AÑO	DEMANDA
1975	5,232	1983	8,339
1976	5,546	1984	8,840
1977	5,879	1985	9,370
1978	6,232	1986	9,932
1979	6,605	1987	10,528
1980	7,002	1988	11,160
1981	7,422	1989	11,829
1982	7,867	1990	12,539

4.5.2 Estados Unidos de Norteamérica

Las cifras de producción y consumo son presentadas en el siguiente cuadro.

CUADRO 4-19

Producción y consumo de SBR - EEUU.
(en miles de Ton.)

AÑO	PRODUCCION	CONSUMO
1969	1,403	1,254
1970	1,432	1,189
1971	1,389	1,305
1972	1,476	1,420
1973	1,654	1,605
1974	1,442	1,390

Fuente : (4-4).

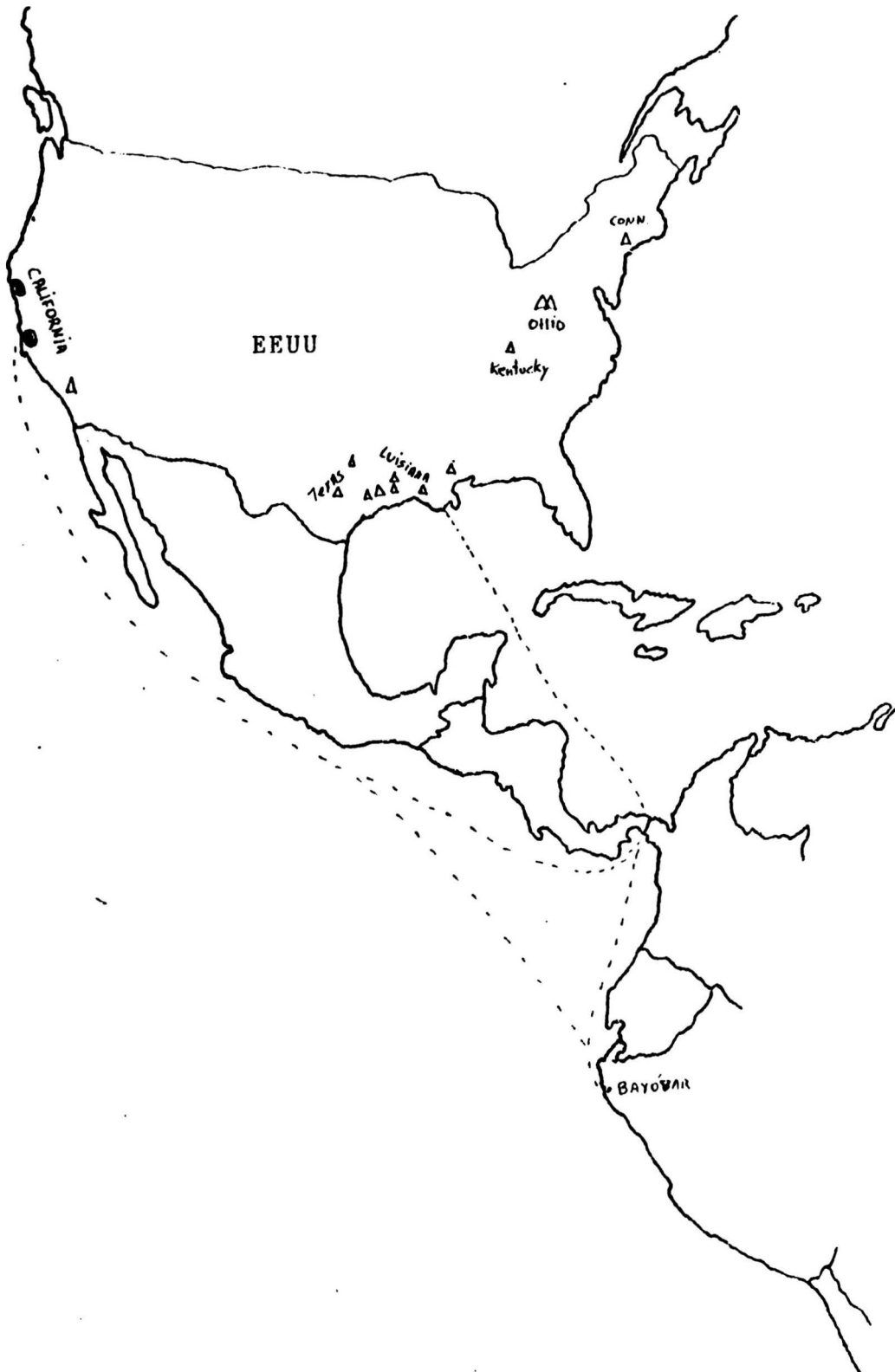
El consumo aparente en EEUU es aproximadamente igual a su producción, generalmente, las exportaciones son del orden del 6 % y las importaciones del 2 % (4-4). En el año 73' las importaciones representaron el 3 % y las exportaciones el 8 %.

1973 (en miles de Ton.)	PRODUCCION 1,654	IMPORTACION 51.7
	CONSUMO 1,605	EXPORTACION 146.6

Las plantas que producen SBR en los EEUU se encuentran distribuidas según se muestra en la figura 4-8 y están listadas en el cuadro 4-20.

FIGURA 4-8

Distribución de las plantas de SBR en EEUU



CUADRO 4-20

Productores de caucho SBR - EEUU.

PRODUCTOR	UBICACION	CAPACIDAD - 1970 (miles Ton.)
American sintetic rubber	Lousville, Ky.	125
Ashland chemical	Baugtown, Tex.	60
Copolimer rubber & chemical	Baton Rouge, La.	125
Firestone Tire & rubber	Lake Charles, LA.	315
Firestone tire & rubber	Akron, Ohio	48
General tire & rubber	Odessa, Tex.	70
Goodrich	Pt. Neches, Tex.	193
Goodyear	Houston, Tex.	270
Goodyear	Akron, Ohio	33
Phillips Petroleum	Borger, Tex.	90
Shell chemical	Torrance, Calif.	97
Texas-US chemical	Pt. Neches, Tex.	148
Uniroyal	Naugatuch, Conn.	26
		1,600

Fuente : (4-14)

Como puede fácilmente observarse la mayor parte de la producción de los EEUU se realiza en la zona oriental (Caribe y Atlantico). Sólo un 6 % se produce en la zona occidental.

En 1973 la única productora de ésta zona, la Shell Chemical, amplió su capacidad hasta 130,000 T/A.

con lo que la demanda quedó satisfecha en un 90 %. Las importaciones en el año 1973 sólo llegaron a 150 Ton. - (Los Angeles) , cifra bastante baja, debido a que los 4 principales consumidores de llantas preferían el caucho que ellos mismos fabricaban en la zona este (4-14).

Se estima que hacia 1980 la demanda del SBR sea del orden de 180,000 Ton. (4-2) con la cual el déficit llegaría a las 50,000 Ton. En la actualidad no hay indicios de que nuevas plantas se instalen en el oeste (4-14).

Si tomamos en consideración el suministro que viene de la zona oriental, la zona oeste se presenta como un mercado potencial debido a la gran demanda existente. El suministro proviene de la zona de Texas, Chicago y New York; y siempre que el volumen exportado sea mayor de 5,000 Ton. la incidencia del flete entre el Perú y esta zona resultará menor que la del costo del transporte entre las zonas este o central (Texas) y la costa oeste (4-2).

4.5.3 Brasil

Las cifras de producción de caucho SBR son presentadas en el cuadro 4-21.

CUADRO 4-21

Producción de caucho SBR - Brasil
(miles de Ton.)

AÑO	PRODUCCION
1964	32.5
1965	38.7
1966	54.2
1967	51.5
1968	58.9
1969	61.7
1970	75.5
1971	78.2
1972	94.6
1973	125.0

Fuente (4-6).

La importación y exportación de SBR en el año 1969, fue del orden de 3,767 y 2,295 Ton. respectivamente (4-29).

La producción empezó en 1962 siendo el primer país de latinoamérica en producirlo. A fines de 1975 comenzó la producción de una nueva planta con una capacidad de 35,000 T/A. (4-30).

El Brasil actualmente se encuentra en vías

de un gran crecimiento industrial, por lo tanto, pensamos que continuará autoabasteciéndose. Por otro lado, el flete de transporte es alto, lo cual no permitiría que nuestro producto entre a precios competitivos.

4.5.4 Argentina

La producción de caucho SBR se muestra en el cuadro 4-22. Se inició en 1965, en la localidad de San Lorenzo, siendo el segundo país en producir éste caucho en latinoamérica.

CUADRO 4-22

Producción de caucho SBR - Argentina
(miles de TON.)

AÑO	PRODUCCION
1965	3.5
1966	10.6
1967	17.1
1968	22.8
1969	38.0
1970	39.0
1971	37.5
1972	44.0
1973	47.0

Fuente (4-6)

En 1973 el consumo de SBR fue del 80 % de la producción. La diferencia ha sido exportada a los países sudamericanos; principalmente Chile, Perú y Colombia.

Para 1980 se estima que la demanda de SBR será de 60,000 T/A. y se ha proyectado que la producción, de la única planta que existe, será aumentada hasta cubrir dicha necesidad (4-33). No existe actualmente proyecto alguno para instalar una nueva planta de SBR.

Aunque éste país atravieza actualmente - una crisis política interna y por ende una paralización momentánea en su desarrollo industrial. Dada su condición de exportador de SBR y al costo extra que representa el flete, no es un mercado atractivo para nuestro producto. Cabe señalar además que Argentina posee yacimientos de gas natural, con lo que podría esperarse un gran desarrollo en su industria petroquímica.

4.5.5 México

México fue el tercer productor de caucho en América Latina después de Brasil y Argentina. En 1967, Hules Mexicanos SA., inició la producción en sus instalaciones de Altamira - Tamps, por polimerización en emulsión (Patente : Compañía Polymer Corporation de Canadá) con una capacidad de hasta 45,000 Ton.

CUADRO 4-23

Producción de caucho SBR - México

AÑO	PRODUCCION
1967	19.8
1968	33.5
1969	36.0
1970	40.0
1971	45.0
1972	40.0
1973	45.0

Fuente : (4-6)

En 1970 el consumo alcanzó las 30,000 Ton. Aproximadamente el 85% de caucho sintético consumido fue nacional y sólo un 15% fue importado (4-31). La exportación se inició en 1967, principalmente hacia los países de ALALC y a EEUU.

México con una producción anual de 24 millones de toneladas de crudos y 15 millones de m³ de gas natural tiene una gran base para su desarrollo petroquímico. Su mercado no nos ofrece posibilidades, puesto que tiene muy cerca a los productores de EEUU los que ofertan a precios más bajos dado el menor flete de transporte.

4.5.6 Otros mercados

Los grandes mercados de Oceanía (Australia) y Asia (Japón, Corea, etc.), debido a las grandes distancias que nos separan y a la competencia del mercado japonés, representan mercados potenciales de mucha menor importancia. Lo mismo puede inferirse del mercado europeo en él que son muchos los productores.

4.5.7 Participación peruana en mercados extraregionales

Según lo que hemos visto, los principales mercados para el caucho SBR a producir en el país son Chile, que ^{por} su proximidad nuestro producto entraría a competir favorablemente (consideramos que se cubrirá un 35% de su demanda), y la costa oeste de los EEUU, debido a la escasez de materia prima para la industria petroquímica que no sólo va a mermar la producción sino que será una fuerte traba para la implantación de nuevas plantas. La competencia en este mercado sería favorable sólo con la colocación de más de 5,000 Ton. En los otros mercados sería difícil incursionar a precios competitivos.

4.6 ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

En la producción del SBR, copolímero de

butadieno y estireno, tanto el primero como el segundo se encuentran presentes, aproximadamente, en la relación de 3 a 1.

4.6.1 Butadieno

Este monómero representa una de las materias primas más caras de la industria petroquímica. Su demanda está relacionada directamente con su utilización en la industria de los cauchos sintéticos.

CUADRO 4-24

Utilización del butadieno

Producto	$\frac{\text{lbs. de butadieno}}{\text{lbs. de producto}}$
SBR	0.70
PBR	1.10
NR	0.65
Látex SB	0.35
ABS	0.15

Fuente : (4-32)

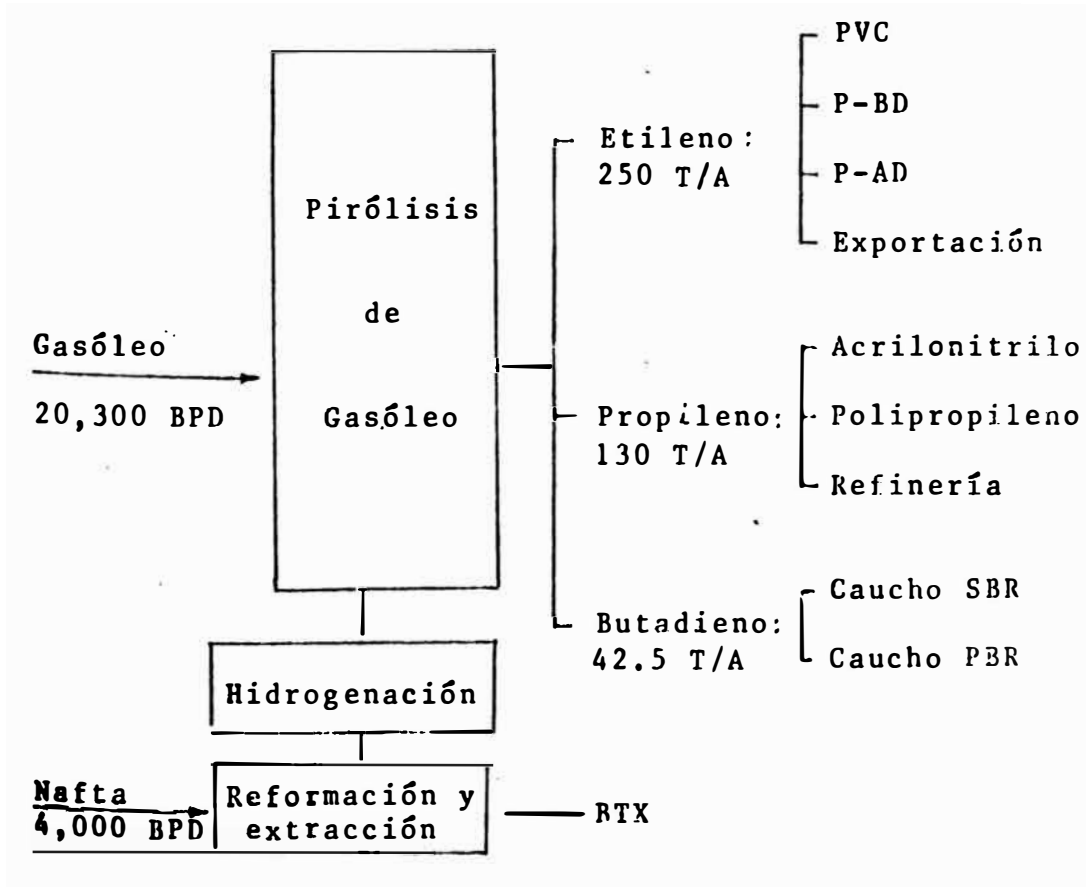
El SBR es el producto que absorbe la mayor parte de la producción del butadieno. En 1960 absorbía el 85%, en 1965 el 60% y en 1970 el 50% del total. Esta disminución se ha debido a la mayor utilización de los nuevos cauchos generados en la década anterior. La

producción del SBR se ha venido incrementando, aproximadamente, en un 3% anual mientras que los otros cauchos aumentaron en más del 10% anual.

En el presente estudio se va a considerar que la planta de caucho SBR formará parte del complejo petroquímico integrado a instalarse en Bayóbar; como resultado de esta integración se dispondrá de más de 40 mil ton/año de butadieno producido en el complejo. El posible esquema (4-34) del complejo se dá en el cuadro 4-25.

CUADRO 4-25

Probable esquema del complejo Bayóbar



Cuando sea necesario se podrá adquirir, preferencialmente, el butadieno que será producido en los demás países del GRAN, ya que, su asignación es libre por ser considerado un producto básico en la industria petroquímica. En otro caso, hacia 1980 se podrá disponer de varios mercados para la adquisición de éste insumo : en Argentina (4-34), se estima una producción de 60,000 T/A y una demanda de 50,000 T/A ; en México (4-35), el excedente será del orden de las 40,000 T/A.

El butadieno hasta antes de la última crisis energética no ha tenido mayores fluctuaciones en el precio, dado que su producción siempre ha sido conservadora. El precio promedio en la década anterior se mantuvo en aproximadamente 12 cts/lb. Actualmente el precio es mucho mayor y se encuentra alrededor de los 20 cts/lb (4-38).

4.6.2 Estireno

Este monómero representa la materia prima básica para la obtención de algunos cauchos, debido a sus propiedades particulares. El consumo de estireno ha aumentado en una relación del 8% anual entre 1965 y 1970. La mayor parte se usa para producir poliestireno. En el cuadro 4-26 se da la estructura del consumo de estireno

para el año de 1975.

CUADRO 4-26

Consumo mundial de estireno

Producto	%
Poliestireno	56
ABS	16
Poliestireno, resinas	6
Resinas SAN	2
SBR	9
Otros	11

De acuerdo a la desición 91, la producción de éstireno ha sido asignada a Bolivia y Venezuela, los cuales serían nuestros abastecedores. Bolivia plantea (4-36), la construcción de una planta de 80,000 T/A y los estudios de ésta se encuentran bastante avanzados. En otro caso, los mercados más cercanos para la adquisición de este insumo son : Argentina, que proyecta la construcción de una planta de 100,000 T/A (4-33); y México que en la etapa de ingeniería se encuentra la ejecución de una planta para producir 150,000 T/A en "La Cangrejera" (4-37).

El precio actual del estireno es de cerca de 21 cts/lb (4-38).

4.7 PRECIO DEL SBR

El precio del SBR ha tenido notables variaciones en los últimos años debido a la crisis energética. Una lista de precios del SBR, en el año 1972, en diferentes países es presentada a continuación :

	<u>\$ US/TOn</u>
Costa oeste USA	507
Bélgica	480
Francia	460
Alemania	471
Holanda	485
Italia	469
Reino unido	460

En general el precio histórico del SBR, entre los años 1952-73, ha oscilado entre 529 y 463 \$/T. Actualmente se obtiene a un precio promedio de 31 cts/lb FOB planta USA (4-39).

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 4

- (4-1) "Programa sectorial de desarrollo de la Industria Petroquímica"
Propuesta 44 - Acuerdo de Cartagena
Marzo 1974.
- (4-2) "Estudio Complejo Petroquímico"
Elaborado por INP, BID y UNI - Capitulo III
- (4-3) "Programa sectorial de desarrollo de la Industria Petroquímica"
Decisión 91 - Acuerdo de Cartagena
Agosto 1975.
- (4-4) Chemical Market Abstracts
Julio 1975.
- (4-5) Chemical and Process engineering
"Sintetic Rubbers"
S.A.Miller, Setiembre 1971.
- (4-6) Statistical Yearbook
Naciones Unidas, 1974.
- (4-7) Anuarios de comercio exterior del Perú
1961 a 1974

- (4-8) Anuarios de comercio exterior de Bolivia
1966 a 1971
- (4-9) Anuarios de comercio exterior de Colombia
1962 a 1973.
- (4-10) Anuarios de comercio exterior de Chile
1965 a 1974.
- (4-11) Anuarios de comercio exterior de Ecuador
1965 a 1973.
- (4-12) Anuarios de comercio exterior de Venezuela
1965 a 1974.
- (4-13) Revista de la industria y la ingeniería química
de la Argentina
"Procesos", Abril 1973
"Productos petroquímicos : tendencias
III Parte : cauchos sintéticos.
Hector Mercier.
- (4-14) "Estudios de mercado y pre-inversión para productos
petroquímicos por producir en el Perú"
Volumen III
Japan Gasoline Co. Ltd.
Elaborado para ONUDI, Marzo 1971.

- (4-15) Listado detallado por Partidas, acumuladas a Dbre.
1970 - 1971 - 1972
Oficina de estadística informática y Dirección
general de aduanas. MIC.
- (4-16) Boletín de la Asociación de plantas de Ensamblaje Automotriz.
1976 - Perú.
- (4-17) Anuarios estadísticos del Perú, Boletines y Resúmenes de 1964 a 1975.
MIT.
- (4-18) "Propuesta de la junta sobre el programa sectorial de desarrollo de la industria automotriz".
Propuesta 45 - Acuerdo de Cartagena.
- (4-19) Boletín mensual de estadística - Bogotá.
"Industria del caucho"
Por ; Gabriel Masias.
DANE # 272 - Marzo 1974 - Pg. 53 a 98.
- (4-20) "Estudio de actualización del mercado para el programa petroquímico sub-regional"
Preparado para la Junta del Acuerdo de Cartagena.
- (4-21) "Industria manufacturera"
Dirección de estadísticas y censos - Chile.

- (4-22) Boletines del Banco Central
Chile.
- (4-23) La industria automotriz
Chile.
- (4-24) "Encuestas industriales"
Dirección general de estadísticas y censos na-
cionales.
Ministerio de Fomento -- Rep. de Venezuela
Abril 1976.
- (4-25) Encuestas de manufactura y minería
Instituto nacional de estadística (INE) - Ecuador
- (4-26) "Expert group meeting on the development unido
Junio 1973
- (4-27) Rubber Age
Agosto 1974.
- (4-28) Acuerdo 16 de Excedentes y Faltantes
Junta para el Acuerdo de Cartagena.
- (4-29) Anuarios de comercio exterior del Brasil
1969
- (4-30) Hidrocarbon Processing
"World-Wide HPI Construction Boxcore"
1961 - 1975.

- (4-31) Foro Nacional de la Industria Química
"La industria nacional de hule sintético y sus -
auxiliares".
Ing. Enrique Alarcón
Mexico, 1970.
- (4-32) Petrochemical manufacturing and marketing guide
Robert B. Stoubaugh
Vol. 1 y 2
- (4-33) Petróleo Internacional
Argentina - Proponen basto programa petroquímico
Diciembre , 1976.
- (4-34) Petróleo Internacional
Argentina - Prepara plan petroquímico maestro.
Ing. Rubén E. Maltoni
Agosto 1975.
- (4-35) Petróleo Internacional
México - Reportaje especial
Noviembre 1975.
- (4-36) Petróleo Internacional
"Toma impulso la construcción de Complejos"
Julio 1975.
- (4-37) Petróleo Internacional
México - Reportaje especial
Noviembre 1976.

(4-38) Chemical Marketing Reporter
Febrero 1976.

(4-39) Chemical Market Abstracts
Diciembre 1975.

CAPITULO 5

TAMAÑO Y LOCALIZACION

5.1 Elección del tamaño de planta

5.2 Localización de planta

5.- TAMAÑO Y LOCALIZACION

5.1 ELECCION DEL TAMAÑO DE PLANTA

Según la experiencia (5-1) instalar una planta de 20,000 T/A. es la mínima viable para una planta de caucho en general. Sin embargo, para países en desarrollo, es probable que una planta de 40,000 T/A. responda mejor a este fin. Diversas literaturas recomiendan que una planta de caucho SBR en emulsión debe tener una capacidad mínima de 30,000 T/A. (5-2) .

Las estimaciones de la demanda en el GRAN, Chile y en la costa oeste de los Estados Unidos de Norteamérica; nos ofrecen indicios del nivel de producción que podría alcanzarse y determina a priori la capacidad probable que debe tener nuestra planta. Dentro de las relaciones recíprocas, que revisten interés general, para la elección del tamaño de planta están: la relación Capacidad - Mercado y Capacidad - Costo.

5.1.1 Relación Capacidad - Mercado

La cuantía de la demanda es el factor más importante en la determinación de la capacidad. La finalidad prioritaria es satisfacer la demanda del GRAN, con

el porcentaje que le correspondería al Perú. Por otro lado, se presenta el mercado que ofrecen Chile y la costa oeste norteamericana.

El siguiente cuadro muestra las cifras de la demanda que se presentarían a nuestro producto (capítulo anterior).

CUADRO 5-1

Mercado potencial de SBR para el Perú
(en Ton.)

AÑO	PARTICIPACION PERUANA (GRAN)	MERCADO POTENCIAL EN LA COSTA OESTE	MERCADO POTENCIAL CHILENO
1980	21,527	50,000	7,002
1985	29,790	58,000	9,370
1990	39,011	67,000	12,539

Consideramos que una planta de 40,000 T/A. de capacidad satisfecería la finalidad prioritaria durante la vida útil del proyecto. Esta capacidad, determinada directamente de la demanda, es bien justificada por las cifras presentadas en el cuadro 5-1.

Por el conocimiento obtenido sobre la tecnología del SBR, se sabe que la flexibilidad operativa de plantas típicas esta en el orden del 40 al 60 %. Por lo tanto, si consideramos un 50 % de esta flexibilidad, para cumplir con nuestro mercado prioritario inicial (1981), la planta deberá tener una capacidad máxima de 43,000 T/A.

En el cuadro 5-2 se muestran las capacidades de las últimas plantas de caucho SBR construidas después de 1961.

CUADRO 5-2

Últimas plantas construidas, de SBR

PAIS	FECHA DE ARRANQUE	CAPACIDAD ORIGINAL (en miles de T/A.)
Australia	1961	25
Brasil	1962	60
Checoslovaquia	1963	50
India	1963	30
Rumanía	1963	50
Sud - Africa	1964	30
Argentina	1965	40
México	1967	44
Bulgaria	1971	15
Sur - Corea	1973	25
Turquía	1974	33
Brasil	1975	35
Inglaterra	1975	220
Bélgica	1975	35

Fuente (5-4).

5.1.2 Relación Capacidad - Costo

Esta relación es importante puesto que

nos permite evaluar las ventajas económicas que se pueden obtener con diferentes capacidades.

El cuadro 5-3 permite apreciar el costo de planta para distintas capacidades, todos de un mismo proceso de polimerización, partiendo de costos de inversión dentro del Límite de Batería referidos a Julio de 1974.

CUADRO 5-3

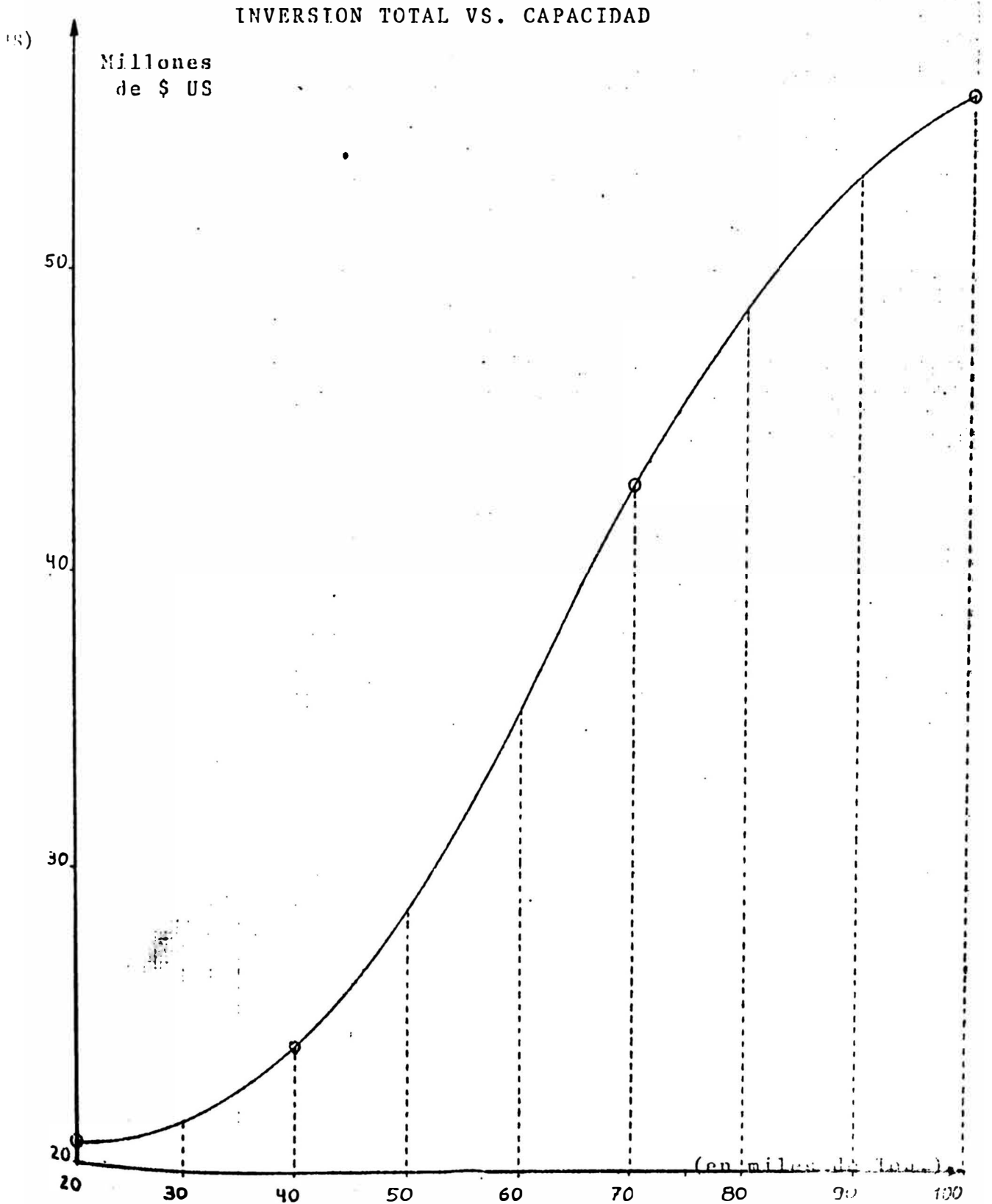
Comparación de costos de plantas: Caucho SBR - Emulsión

MILES DE \$ US.	Miles de toneladas			
	20	40	70	100
Inversión de planta	9,100	12,231	18,952	24,759
Capital de trabajo	2,548	3,319	5,306	6,932
Off-sites y Servicios Industriales	8,918	11,880	18,573	24,264
INVERSION TOTAL	20,566	24,111	42,831	55,951
Costos fijos/año \$ US.	2,196	2,816	4,360	5,616
Costos variables \$ US/Ton.	369	367	366	366
Costos totales \$ US/Ton.	478	438	429	423
Punto de Equilibrio A 257 \$ US/Ton. (miles de Ton.)	14	18	27	35

Fuente : (5-5).

De las cifras anteriores elaboramos el gráfico 5-1, de inversión total VS. capacidad, el cual muestra que la ta-

GRAFICO 5-1



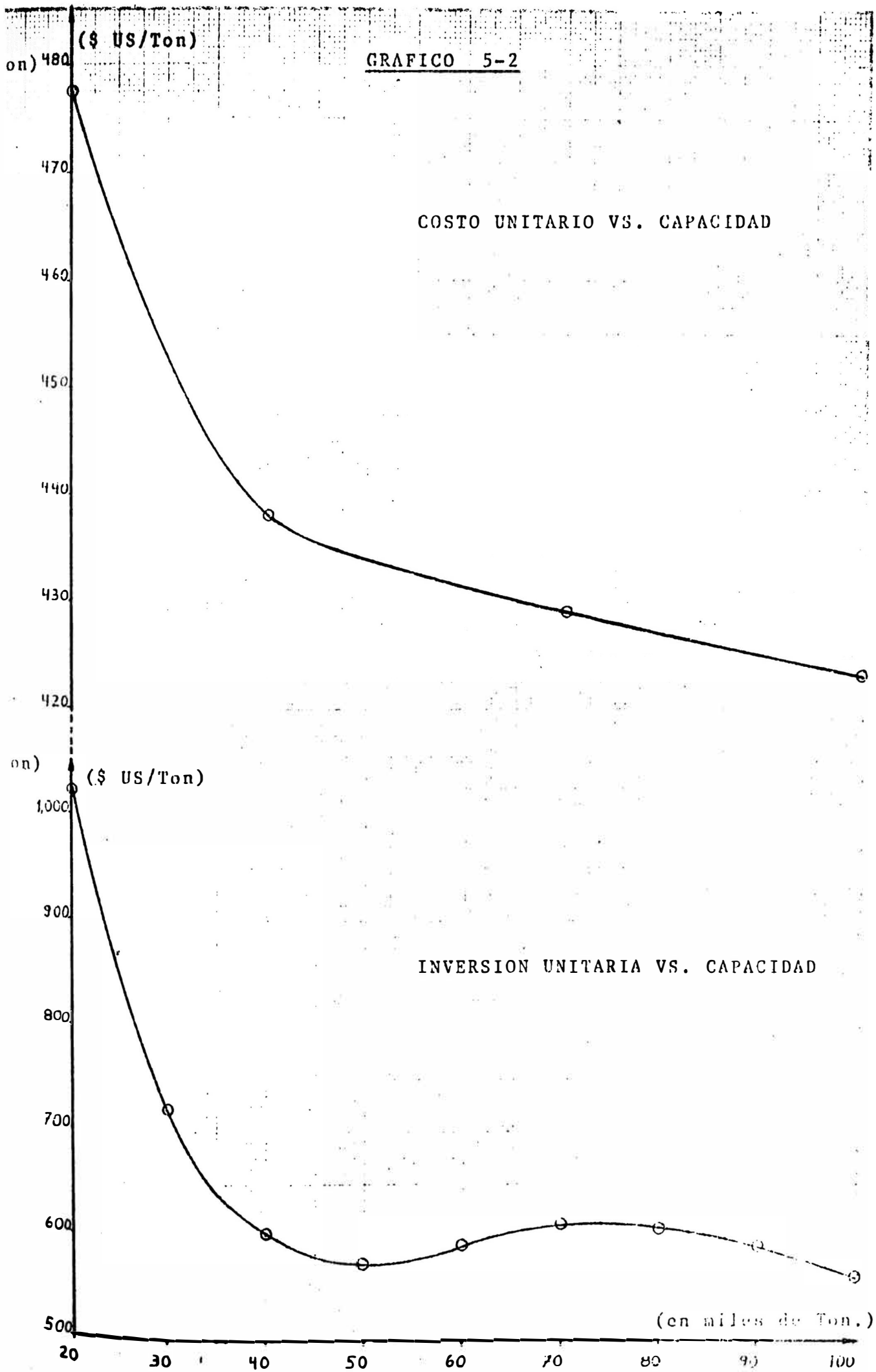
sa de incremento de la inversión total entre 40,000 y 30,000 T/A. es sólo de 11.6 %, mientras que el incremento entre 50,000 y 40,000 T/A. es del orden del 19.4 % (ver cuadro 5-4).

CUADRO 5-4

Montos de inversión para distintas capacidades - 1974

CAPACIDAD (miles de T/A)	INVERSION TOTAL (miles de \$US)	TASA DE AUMENTO	INV. UNITARIA (\$US/Ton.)
20	20,566	-	1,028.0
30	21,600	5.0	720.0
40	24,111	11.6	602.8
50	28,800	19.4	576.0
60	34,550	23.4	592.5
70	42,831	20.5	611.9
80	48,700	13.7	608.8
90	53,200	9.2	591.1
100	55,951	5.2	559.5

Con los datos hasta ahora obtenidos, cuadros 5-3 y 5-4, podemos graficar las curvas de capacidad vs. costo y vs. inversión unitaria (graficos 5-2). Del cual podemos inferir que, en relación a la inversión, la zona más favorable está comprendida entre 40,000 y 60,000 T/A. Respecto a la curva de costo unitario, el punto de inflexión (el más favorable), donde la variación de los costos comienza



hacerse menor, se encuentra cerca de las 40,000 T/A.

5.1.3 Tamaño de planta

Como hemos visto, una planta de 40,000 T/A. satisface a plenitud nuestros requerimientos, tanto por cubrir nuestra participación en el GRAN, como la de ser económicamente la más atractiva.

5.2 LOCALIZACION DE PLANTA

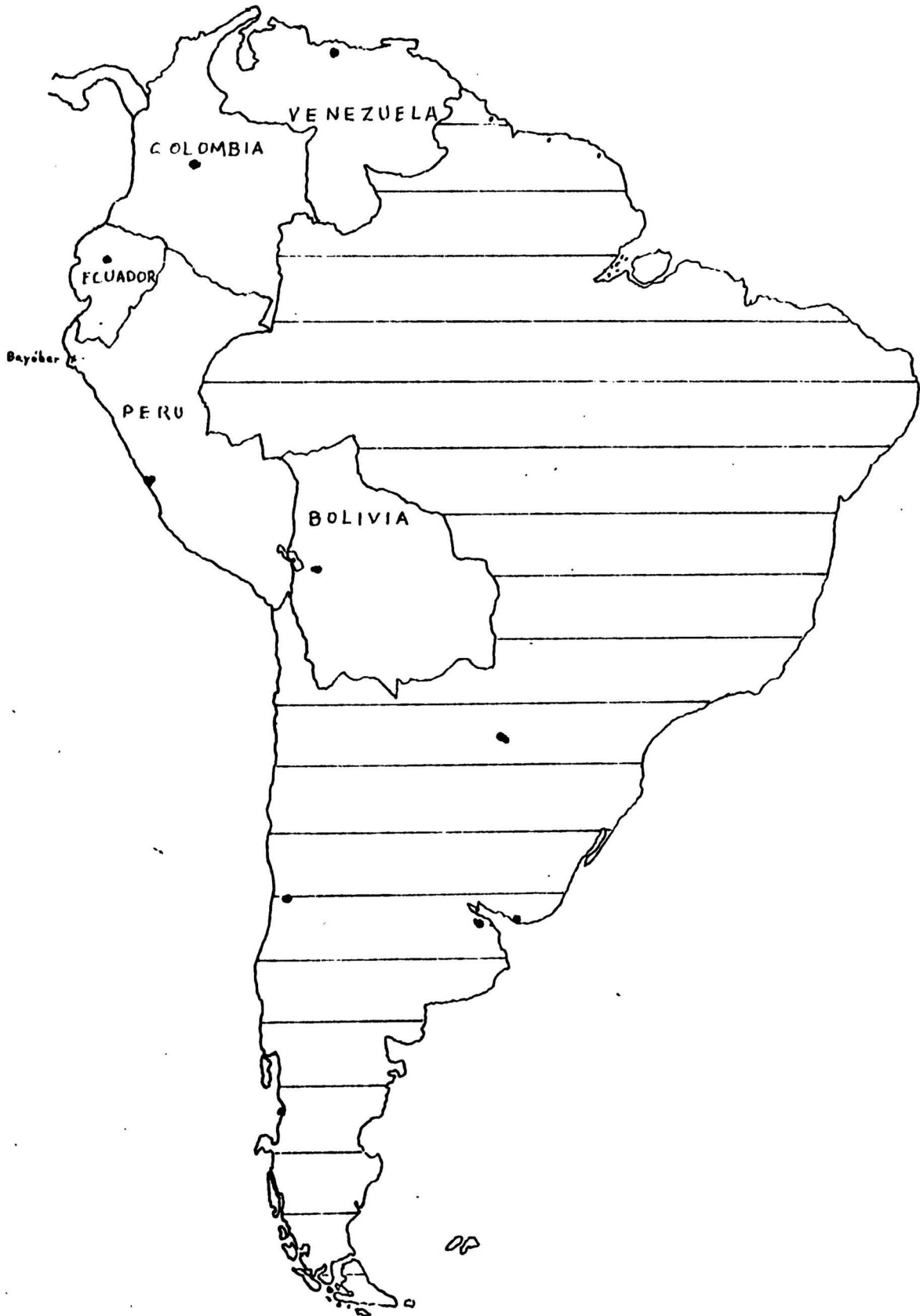
Como es de conocimiento general, en la zona de Bayóvar (Piura) se ha proyectado instalar un Complejo Industrial que abarcará una Refinería de petróleo crudo de 200,000 B/D, un Complejo Petroquímico Integrado, Refinería metalúrgica, Fosfatos, Salmuera, etc.

Además de ser el centro receptor del Oleoducto Nor-Peruano, Bayóvar posee condiciones excepcionales (fondo marino, mareas y vientos) que permite recepcionar barcos de gran calado; una extensa llanura que permite el establecimiento de actividades industriales y urbanas debidamente planificadas; los más ricos yacimientos de fosfatos de esta parte del continente; grandes yacimientos de salmuera y por adecuarse a la política de Descentralización Industrial establecida por el gobierno.

La coordinación del desarrollo de la zona

FIGURA 5-3

Ubicación de Bayóvar en el GRAN



na de Bayóvar ha sido encargada al Comité Ejecutivo del Complejo de Bayóvar (CECOB). La instalación del complejo petroquímico ha sido encargado a INDUPERU y comprende plantas de productos Básicos , Intermedios y Finales.

La petroquímica básica comprende el procesamiento de gasóleo por craqueo para producir Olefinas (Etileno, Propileno y Butadieno); el procesamiento de Naf-ta y gasolina de pirólisis por Reformación e Hidrogenación respectivamente para producir Aromáticos (BTX). Los productos básicos serán destinados a las plantas de productos petroquímicos intermedios y finales.

El caucho SBR es un producto petroquímico final cuyos insumos principales son el butadieno y esti-reno. Dada la relación que debe existir entre la facilidad insumo - producto, la planta de SBR se deberá ubicar en la zona de Bayóvar. Por otro lado, esto permite el uso de las facilidades Viales y Portuarias para la importa-ción y exportación de insumos y productos respectivamen-te. Además, el éxito de la industria petroquímica es el resultado de una acertada integración, ya que, al formar parte de un complejo petroquímico integrado se reducen los costos tanto en la ingeniería básica y de detalle (realizados en bloque por compañías internacionales) como en las labores de construcción y montaje; asimismo, por

el uso de una infraestructura común.

5.2.1 Disponibilidad de materias primas

El butadieno, que es el principal insumo, se obtendrá de la planta de olefinas; en la que por pirólisis de gasóleo (producto de la refinería de Petroperú) se podrá disponer de más de 40,000 T/A. de éste insumo. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que fácilmente puede ser importado como se ha visto en el capítulo anterior.

El estireno, que no ha sido asignado al Perú, por la Junta del Acuerdo de Cartagena, se deberá importar de los países de la sub-región (Bolivia y Venezuela) y en el caso que no lo produzcan, se hará de terceros países. Los productos químicos auxiliares (reactivos y aceites) que no se produzcan en el Perú serán importados de los países productores (principalmente EEUU.)

5.2.2 Servicios industriales

Formando parte del Complejo Petroquímico Integrado y éste a su vez de los grandes proyectos mineros e industriales, la planta de SBR dispondrá de los diferentes servicios de energía, vapor, agua y tratamiento de efluentes que serán suministrados de plantas centrales de diseño técnico y económicamente factibles.

En la actualidad, no existe la infraestructura necesaria. Lo proyectado hasta el momento es :

Energía eléctrica :

La electrificación de la zona se realiza en tres etapas (5-7). La primera, constituida por grupos diesel para el periodo 1977 - 79' (alrededor de 60,000 Kw.). Para la segunda etapa se ha pensado que una central hidroeléctrica de 200,000 Kw. satisficaría la demanda energética de la zona, para el periodo 1980 - 82'. Los estudios para esta etapa están siendo realizados por la firma SOFRELEC de Francia. En la tercera etapa, después de haberse interconectará con la red nacional, siendo para entonces las principales fuentes de suministro la Central hidroeléctrica de Alto Chicama (con cuatro unidades de 120,000 Kw./u., usando carbón como insumo) y la Central eléctrica de Olmos (tendrá una potencia de 200,000 a 360,000 Kw.).

Agua :

En primera instancia se obtendrá agua extrayéndola del subsuelo por pozos tubulares. La solución definitiva será captando agua del canal Chira - Piura y se tenderá una línea de conducción de 120 a 150 Km. Este sistema estará concluido a fines de 1978 (5-5)..

Ahorro :

Se prevee la producción de 200 TM/hora de

vapor para todo el complejo petroquímico.

D) Desechos y contaminación

Los desechos de las plantas petroquímicas son altamente contaminantes del aire y del agua. Por lo que se ha previsto la construcción de una planta de tratamientos de efluentes que incluirá unidades de tratamiento primario, secundario y terciario. Los efluentes líquidos, después del tratamiento respectivo, serían vertidos al mar. Los efluentes gaseosos, tratados, serían arrojados a la atmósfera; respetando las normas vigentes a nivel internacional y las disposiciones internas (5-6).

5.2.3 Mano de obra

Siendo Bayóvar una zona sin ninguna experiencia industrial, se contempla la necesidad de captar personal calificado de refinería (Petroperú). Asimismo, Talara debería operar como centro de entrenamiento principal para el personal requerido.

5.2.4 Terreno y equipamiento urbano

La zona de Bayóvar está conformada principalmente por el desierto de Sechura. El terreno presenta mayormente superficies llanas de suave pendiente. El área de la zona es de aproximadamente 20,000 Km². La ex-

tensión de terreno que demandará el Complejo Petroquímico es de alrededor de 2 Km². Aún no se ha designado su ubicación y los estudios definitivos de suelos deberán considerar cargas máximas de 1 a 2 Kg/cm²., así como la alta vibración de los equipos.

En cuanto al equipamiento urbano, se ha planteado un Centro Urbano Industrial para la población empleada en el Complejo Industrial.

5.2.5 Transporte

A) Marítimo

Cerca a la zona se encuentran los puertos de Paíta (utilizado para comercio exterior, importación y exportación) y Talara (especializado en la actividad petrolera). Adicionalmente se está proyectando la construcción de dos muelles de atraque en el mismo Bayóvar con capacidad para embarcar y desembarcar la gran cantidad de productos y materias primas.

B) Aéreo

Existen dos aeropuertos en el departamento de Piura, uno en Talara y el otro en Piura.

C) Terrestre

En proceso de ejecución se encuentra una

red vial cuyas vias más importantes son: Piura - Sechura - Parachique - Bayóvar (120 Km.); la nueva Panamericana - Lambayeque - Mórrope.

5.2.6 Condiciones climáticas

La zona tiene un clima templado y seco durante el día, con variaciones promedio mensual (día-noche) entre 17.1°C y 31.6°C (5-8).

Las precipitaciones pluviales ocurren entre los meses de Enero a Marzo. Durante la ocurrencia de la corriente del Niño pueden haber fuertes lluvias. Máxima anual 18.2mm, mensual 11.2mm y diaria 10.5mm.

Los vientos predominantes provienen del Sureste, Suroeste y Sur. La velocidad promedio del viento 10 nudos y la velocidad media máxima de 18 nudos. La Humedad relativa promedio varía entre 47% y 84%.

Por tanto, las condiciones climáticas de la zona de Bayóvar no son severas y no presentan dificultades de instalación para plantas petroquímicas.

5.2.7 Incentivos tributarios

Como se ha indicado, el desarrollo de la zona de Bayóvar está enmarcado dentro de la política de

"Decentralización Industrial" dictaminada por el Estado y está considerada como zona de acción concentrada.

Por esta razón la planta de caucho SBR gozará de los siguientes dispositivos legales

-Ley General de Industrias y sus modificaciones	DL N° 18350 DL N° 19262
-Ley de Decentralización Industrial	DL N° 18977
-Reforma tributaria	DL N° 19621

El caucho SBR está clasificado como de segunda prioridad (Industrias de apoyo sectorial). Entre los principales incentivos tributarios se encuentran

- Menores derechos arancelarios para la importación de bienes de capital e insumos.
- Menores impuestos a la renta.
- Incentivos para propiciar reinversiones.
- Menores impuestos a los dividendos.
- Incentivos crediticios.

Estos incentivos se aplicarán más adelante en la parte económica del estudio.

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 5

- (5-1) Revista "Ingeniería Química"
Perú, Julio 1971
"Instalación de fabricas de caucho sintético en
los paises en desarrollo"
Ralph Lamberson.
- (5-2) "Expert group meeting on the development of the
syntetic rubber industry", Pg 15 ,
Rumanía, Junio 1973
R. Pagec.
- (5-3) "Perspectivas de industrialización en el segun-
do decenio de las Naciones Unidas para el desa-
rrollo".
Industria Petroquímica.
Naciones Unidas, 1973.
- (5-4) Hidrocarbon Procesing
"World-Wide HPI Construction Boxscore"
1961 - 1975
- (5-5) INDUPERU
División Petroquímica.

(5-6) "Estado actual del proyecto del Complejo Petroquímico Integrado".

InduPerú, Noviembre 1975.

(5-7) Reunión con los representantes del INIE

InduPerú, 14 Junio 1976.

(5-8) Revista "Gente"

Junio 1975.

CAPITULO 6

CAUCHO SBR

- 6.1 Métodos de obtención
- 6.2 Elección del proceso
- 6.3 Desarrollo del proceso en emulsión
- 6.4 Grados comerciales de SBR
- 6.5 Propiedades
- 6.6 Ensayos de laboratorio
- 6.7 Materias primas.

6.- CAUCHO SBR

6.1 METODOS DE OBTENCION

Se le obtiene principalmente por "polimerización en emulsión", proceso que se conoce desde hace más de 50 años, y exceptuando por la temperatura de reacción y los catalizadores utilizados sigue siendo, básicamente, el mismo método desde hace 30 años. Los cauchos de estireno-butadieno, obtenidos por éste proceso, son los más empleados por los fabricantes de llantas de Estados Unidos, Europa, Japón y América Latina; como sabemos es la industria que absorbe el mayor porcentaje de la producción de éste caucho.

Hace relativamente pocos años, apareció una nueva familia de los SBR, y que son los obtenidos por "polimerización en solución". Recién desde 1970 estos cauchos han comenzado a ser considerados como un factor de mercado. Algunos especialistas (6-1) en caucho opinan que el futuro crecimiento de la producción de SBR estará principalmente basada en tecnología de SBR en solución, debido a que se podrían tener plantas capaces de producir caucho polibutadiénico y SBR.

Por otro lado cabe señalar que las técnicas de polimerización en solución son más complejas que

las que se requiere para la producción de SBR en emulsión.

6.1.1 Polimerización en emulsión

La polimerización en emulsión se descubrió en 1911, siendo avanzada como proceso por la IG FARBEN en 1920. Tiene las siguientes características :

a) El crecimiento de las cadenas polímeras se hace en forma aislada en pequeños "micelios" formados en la emulsión con el jabón emulsionante. Para sistemas similares de una fase, con radicales libres como iniciadores, el mayor grado de polimerización que se alcanza son productos con pesos moleculares debajo de 10,000. A menos que se realice a velocidades excesivamente bajas. Si la concentración de radicales libres es bastante alta para dar velocidades apreciables de reacción, la concurrencia para monómeros es tan penetrante que la paralización ocurre antes del crecimiento a un alto grado de polimerización. Esta limitación no se aplica a los sistemas de emulsión; debido a que en ésta, básicamente, se aísla cada crecimiento de radicales libres y los previene de limitarse el uno al otro.

b) Se forman moléculas polímeras con altos pesos moleculares, de más de 100,000 (elastómeros), con altas velocidades de polimerización. Debido a que todo el

catalizador inicial está presente en el sistema. Incluso, en éste sistema se debe "detener" la reacción para evitar un crecimiento molecular muy grande.

c) Alta velocidad de transferencia de calor en la polimerización, debido a que la gran cantidad de agua presente en el sistema es un excelente eliminador de calor.

d) El medio permanece fluido a través de la reacción, lo que permite el fácil traslado de los monómeros sin reaccionar, aún a elevada concentración de los grandes polímeros.

Un sistema típico de emulsión contiene agua, monómeros, iniciadores y emulsificante (jabón). Aunque los primeros investigadores creyeron que el foco de la polimerización estaba en la interfase monómero-agua de la gotita de emulsión; posteriores trabajos han mostrado que la polimerización se produce en el monómero solubilizado en pequeños "micelios" de jabón y no en la solución acuosa ni en la gotita del monómero.

La reacción se inicia por la generación de radicales (en la descomposición de un peróxido) los que al unirse con una molécula monómera forman un largo radical libre y la propagación ocurre a través de sucesivas

uniones de dos o más moléculas monómeras, hasta que la propagación sea terminada por la combinación o desproporción de dos cadenas crecientes o de una larga cadena creciente con un radical libre o por transferencia de cadena.

Debido a que la velocidad de formación de radicales libres por los iniciadores, depende de la temperatura, las primeras polimerizaciones en emulsión se llevaron a cabo a cerca de 50°C; con el objeto de obtener velocidades de polimerización razonables. Investigaciones posteriores condujeron al descubrimiento de otras reacciones de óxido-reducción capaces de generar radicales en número suficiente para dar velocidades de polimerización adecuadas y a temperaturas tan bajas como -40°C. El proceso realizado a 50°C se conoce como "caucho caliente" (hot-rubber) y al realizado a baja temperatura 5°C como "caucho frío" (cold rubber).

Aunque éste proceso ha sido intensamente estudiado durante muchos años, dándose sólidas bases teóricas, el entendimiento de los resultados específicos del crecimiento disperso de las partículas no ha avanzado al mismo paso que el crecimiento de la "polimerización por emulsión", como una técnica industrial aplicada; esto ha dependido más del empirismo que de la teoría.

6.1.2 Polimerización en solución

En el proceso de solución, la polimerización de monómeros se lleva a cabo en un solvente de hidrocarburos. Se usan como catalizadores compuestos organometálicos o complejos; básicamente se derivan a partir de cuatro componentes : Cloruro alquílico, Sodio, Alcohol secundario y Propileno (u otra olefina). En estos sistemas los mecanismos de polimerización son de características iónicas y dependen del catalizador empleado.

El proceso presenta mayores dificultades que el de emulsión; una de estas es que los catalizadores son todos atacados por el aire y la humedad (agua; donador de hidrógeno), por lo que es esencial operar el sistema con bajos niveles de este veneno (hasta partes por millón). El catalizador se agrega a la mezcla de monómeros e hidrocarburo solvente, completamente seco. Así como en el sistema de emulsión, hay varios reactores en cadena (operación en continuo), conforme procede la reacción el contenido se vuelve progresivamente más viscoso y en concentraciones del 10 % polímero, la agitación se hace lenta y dificultosa. En el proceso de emulsión los látex permanecen fluidos aún a la concentración del 40 % polímero.

La propagación ocurre cuando las unidades de butadieno-estireno son insertadas entre las del sodio

y el grupo alquílico. El efecto más notable de estos sistemas es la ausencia de mecanismos de terminación. Tal sistema, conduce a polímeros con muy estrecha distribución molecular ya que todas las cadenas crecientes tienen igual probabilidad de crecimiento. En la práctica actual ocurren algunas terminaciones y ensanchamientos de la distribución, debido a la presencia de impurezas en el sistema. En muchos casos se deben agregar reactivos al cemento polimerizado para deliberadamente introducir distribuciones ramificadas o ensanchadas de peso molecular dentro del polímero para realzar su estabilidad de almacenamiento o conducta en el proceso de fabricación.

Conforme la solución polimerizada sale del último reactor, se agregan el paralizador y el estabilizador. El despojamiento del solvente y los monómeros que no han reaccionado se hace en el siguiente reactor, obteniéndose un caucho en migas que luego es secado en bandejas (secadores de extrusión). Al igual que en emulsión pueden obtenerse polímeros de aceite extendido; el aceite se añade a la solución polimerizada luego de la operación de despoje con vapor. El peso molecular del caucho es controlado por la temperatura y el nivel del catalizador.

Comercialmente se ofrecen una gran varie-

dad de caucho SBR-solución, diferenciándose dos tipos principales: los polímeros en bloque que tienden a ser termoplásticos y no son recomendados para su uso en llantas, y los polímeros al azar que son parecidos a los obtenidos en el proceso de emulsión pero con muchas propiedades mejoradas. Tiene una distribución molecular más estrecha, menos ramales en la cadena, un contenido más alto de cis, un color más claro y menos constituyentes no cauchosos que los de emulsión.

Como resultado de lo anterior, poseen mejor resistencia a la abrasión, mejor flexibilidad, una elasticidad más alta y una energía calorífica más baja en su estructura que el SBR-emulsión. Pero es comparable en lo que se refiere a la tensión, elongación y costo. Los principales dueños de tecnología son: Firestone, Philips y Shell Chemical (6-3).

6.2 ELECCION DEL PROCESO

El proceso para producir caucho SBR-solución (con catalizador de Li) es flexible. Pueden producirse tanto caucho SBR como PBR (6-14), lo cual es una ventaja para cualquier proyecto. En el caso del proceso de emulsión no se sabe de plantas que puedan producir los dos cauchos.

En la producción de neumáticos se emplean, principalmente, cauchos SBR y PBR. Estos mezclados y procesados con otros productos químicos dan un caucho con mejores características. En el cuadro 6-1 se da una comparación entre las propiedades más importantes relacionadas con la performance de un caucho para ser utilizado en la manufactura de llantas para pasajeros (6-1).

CUADRO 6-1

Performance en bandas de rodamiento

BANDA DE RODAMIENTO	SBR-E	PBR y SBR-E	SBR-S
Resist. a la abrasión	100	120	130
Tracción húmeda	par	igual	igual
Bajo nivel de ruido	sufi.	sufi.	sufi.
Resist. al desgarro	par	mejor	mejor
R. al agrietamiento	par	mejor	mejor
CUERPO			
Calor de reversión	bueno	bueno	bueno
Calor de construc.	par	mejor	mejor
PROCESAMIENTO			
Mezclado	sufi.	sufi.	sufi.
Curado (Vulc.)	bueno	bueno	bueno
Entubado	sufi.	sufi.	sufi.
PRECIO	par	alto	alto

De lo expuesto en el cuadro anterior las bandas de rodamiento hechas con SBR-S tienen excelentes propiedades - de resistencia al desgaste, pudiendo remplazar, con ventajas, a la mezcla de SBR-E y PBR. Sin embargo, el SBR-E sigue siendo el preferido por los productores de llantas, excepto por Firestone que prefiere el SBR-S. La principal razón es que la mayor parte de los productores han estado usando el SBR-E y no desean cambiar su

fórmula (6-14). Así pues, correspondería a los fabricantes de llantas hacer una evaluación de la posibilidad de remplazar al SBR-E. Del total del consumo en USA (1975) el SBR-S representó cerca del 7% entre ambos.

Por otro lado, el proceso en solución es relativamente nuevo (1965), por lo tanto, todavía está sujeto a intensivas investigaciones que pueden resultar en alguna modificación del proceso. Para el SBR-E el proceso se encuentra en su más alto desarrollo y se le puede disponer, fácilmente, de varios licenciadores. Fundamentalmente no ha variado hace más de 20 años, incluso, las tecnologías actuales casi no difieren entre sí.

El proceso SBR-S requiere un especial personal técnico, no habiendo mucha experiencia al respecto. En cambio para el proceso en emulsión se han realizado gran cantidad de trabajos.

Considerando las razones arriba mencionadas estimamos que el proceso en solución todavía no es aplicable a países en vías de desarrollo. Sobre todo si es la primera planta de caucho que se construye.

6.3 DESARROLLO DEL PROCESO EN EMULSION

Los primeros trabajos de investigación

que se realizaron, sobre la polimerización en emulsión, se hicieron tratando de imitar las condiciones fisiológicas conjeturadas como existentes durante la formación del látex de caucho natural.

La preparación de látices estables con jabones y emulsionantes sulfonados y el posterior descubrimiento de radicales libres solubles en agua; los cuales son los iniciadores de la polimerización en emulsión, tales como peróxido de hidrógeno y persulfato de potasio, dieron gran ímpetu a la investigación en emulsión dado que se formaban altos polímeros en comparativamente rápidas reacciones. Los iniciadores son compuestos térmicamente inestables y se descomponen a velocidades moderadas para generar radicales libres.

6.3.1 Caucho SBR en caliente, "Hot Rubber"

En el proceso original, de emulsión, la temperatura necesaria para obtener un adecuado aprovisionamiento de radicales libres (desde el iniciador) fue de 48 a 50 °C, con la cual se obtenía una velocidad de polimerización de 5 - 6 % por hora. La receta más usada ha sido la que se muestra en el cuadro 6-2.

En éste proceso, el modificador o regulador cumple una función dual. Suministra radicales li-

bres por la reacción con el persulfato potásico y limitar el peso molecular del polímero por la reacción con una cadena en crecimiento. La polimerización se detenía entre el 70 -75 %, de conversión, debido a que conversiones mas altas conducían a polímeros de inferiores propiedades físicas. Este grado de conversión se alcanza entre 14 a 15 horas.

La reacción se detenía por la adición de paradores, tales como, hidroquinona; al reaccionar con los radicales presentes. Los monómeros sin reaccionar son desalojados, el butadieno por destilaciones "flash" y el estireno en un despojador con vapor.

El látex despojado se trataba con antioxidantes, tales como, n-fenil-2-naftil-amina, para proteger el producto contra la oxidación. Luego el látex era parcialmente coagulado y luego completamente, con la adición de ácido sulfúrico diluido, obteniendose el caucho en migas que eran lavadas , secadas y empacadas.

El producto obtenido estaba compuesto por: 93 % del copolímero de hidrocarburos, 4 % de ácido correspondiente al jabón empleado, 1.5 % de sal y otros empleados en la coagulación, y 1.5 % de antioxidantes. Este procedimiento general es básico todavía en la producción actual de todos los polímeros en emulsión. Muchas variaciones

nes y refinamientos han sido desarrollados los cuales hacen posible productos mejorados, pero el procedimiento fundamental es el descrito arriba.

CUADRO 6-2

Recetas típicas de SBR en emulsión
(partes por peso)

NUMERO DE SERIE	FUNCION	HOT	COLD	
		SBR 1000	SBR 1500	SBR 1700
Butadieno (98 + %)	monómero	75	72	72
Estireno (98 + %)	"	25	28	28
Agua	disolvente	180	180	180
Jabón (de ac. grasos resinosos o mezclas)	emulsificante	4.5	4.5	4.5
Surfactante auxiliar	"	-	0.3	0.1
Dodecil mercaptano terciario	modificador	0.28	0.20	0.17
Persulfato potásico	activador	0.3	-	-
Hidroperóxido de paramentano	oxidante	-	0.63	-
Hidroperóxido de cumeno	"	-	-	0.01
$SO_4Fe \cdot x 7 H_2O$	reductor	-	0.01	-
Formaldehida sulfoxilada de sodio	saturador	-	0.05	-
Dextrosa	reductor	-	-	1.0
Sal de EDTA ...NaOH, Na_3PO_4 y $K_4P_2O_7$		-	-	0.77

Fuente (6-2) y (6-3).

6.3.2 Caucho SBR en frío, "Cold Rubber"

Se hicieron varias tentativas para producir el polímero a más bajas temperaturas (1940) con el fin de determinar su efecto en el polímero. No se encontró ningún mejoramiento sustancial en la calidad y contrariamente se aumentó considerablemente el tiempo de la polimerización. En 1944 se descubrieron iniciadores más activos (diazotioéteres) que con la adición de un oxidante (ferricianuro de potásio) permitió obtener una rápida polimerización, incluso a temperaturas de -18°C .

Simultáneamente investigaciones sobre el efecto del oxígeno, en la inhibición de la polimerización, condujeron al uso de reductores para eliminar el oxígeno. Descubriose que, en ciertos casos, además de suprimirse el periodo de inhibición se aumentaba considerablemente la velocidad de polimerización. La combinación adecuada de un oxidante y un reductor (0.1 % en peso) constituye un "par redox" que reacciona formando radicales libres los cuales inician la polimerización.

Sustanciales mejoras se obtuvieron con el empleo del hidroperóxido de cumeno como oxidante. Los primeros sistemas de producción (1950) emplearon este oxidante con un complejo de pirofosfato ferroso y un azúcar reductor (glucosa o dextrosa). La temperatura elegida para

el proceso en frío es de 5°C, a la cual se produce una a adecuada concentración de radicales libres. La detención de la reacción debe efectuarse en este caso al 60 % de conversión. Los azúcares ya no son usados tan abiertamente, debido a su costo y a la susceptibilidad al ataque bacterial durante el almacenamiento.

La introducción de otros oxidantes más activos, como el hidropéroxido de diisopropil benceno y el hidróxido de paramentano, a servido para reducir el tiempo de polimerización. Una de las fórmulas más empleadas se muestra en el cuadro 6-2.

El caucho frío difiere del caliente en que:

A) Posee una estructura interna más regular. Las moléculas son más homogéneas en la distribución del contenido de estireno y en su configuración geométricamente alrededor de los dobles enlaces.

B) Hay menos fracciones de peso molecular bajo, de modo que la distribución total del peso molecular es más estrecha; o sea el promedio del peso molecular es notablemente más elevado.

C) La cantidad de enlaces cruzados y ramificaciones está también considerablemente reducida (polímeros más lineales).

Estos factores son favorables pues conducen a una más completa interacción del polímero con el negro de humo (neumáticos); lo que aumenta la resistencia a la tracción, resistencia al desgarro y la resistencia a la abrasión. El resultado es una mejor calidad del producto final.

6.3.3 Caucho SBR, extendido en aceites

Los polímeros de SBR en frío, con mayores pesos moleculares, tenían mejores propiedades físicas pero eran más difíciles de procesar con el equipo ordinario de la fábrica (debido a su mayor viscosidad) y por otro lado la escasez de materias primas motivó el reconsiderar ciertos métodos. Conduciendo al desenvolvimiento de los cauchos sintéticos "extendidos en aceite".

Estos cauchos se producen con los mismos materiales y en los mismos aparatos que los cauchos frío y caliente. Al látex despojado se le agrega una emulsión de aceite de petróleo (nafténica o aromática), luego la mezcla se cremifica y coagula de la forma usual y el polímero en grumos se seca como de costumbre.

Los cauchos SBR extendidos en aceite emplean mucho menos mercaptano modificador por lo tanto el "polímero base" posee un peso molecular mucho mayor; re-

flejado en un mayor índice de viscosidad Mooney (125 - 150) en comparación con los SBR ordinarios (50 - 60). Estos aceites extendibles, no sólo, disminuyen la viscosidad del SBR ordinario (facilitando las características de procesamiento), sino que además, lo hacen sin el sacrificio de sus propiedades físicas (que dependen de su alto peso molecular) e inclusive poseen una calidad intrínseca superior; particularmente en resiliencia y en resistencia a la abrasión.

El aceite funciona como "lubricante interno", permitiendo el empleo de estos cauchos en los aparatos ordinarios de los fabricantes de artículos de SBR.

6.3.4 Mezclas madres de SBR (masterbatch)

Otra mejora, dirigida para fines de usos específicos, ha sido la preparación de mezclas de Negro de Humo y Aceites de Extensión con el SBR. Se añaden al látex antes de la coagulación y en la mezcla se emplean además agentes dispersantes; con el objeto de obtener una buena distribución de las finísimas partículas del negro de humo.

En éste caso la coagulación se efectúa añadiéndole una mezcla de sal y ácido, omitiéndose así el coagulado parcial (cremado con salmuera), debido a que

resultarían precipitaciones preferenciales de un negro de humo, que luego no podría ser redispersado, y con el resultado de un producto final de baja calidad.

Tres parámetros parecen determinar en la determinación del comportamiento reforzante de los negros. El tamaño de la partícula, el pH y el índice de estructura, es decir, la tendencia a aglomerar o formar cadenas. La resistencia a la tracción, la resistencia al desgarró, la resistencia a la abrasión, la dureza y la tenacidad, crecen con tamaños de partículas decrecientes; en tanto que el rebote y la facilidad de procesado empeoran.

Los negros con índice de estructura elevado son difíciles de dispersar y dan una rigidez y dureza altas pero una resistencia a la tracción, tenacidad y resistividad eléctrica, pequeñas.

El pH influye en la velocidad de vulcanización dependiendo de la naturaleza ácida o básica del acelerador.

Existen diversos tipos comerciales que contienen de 50 a 55 partes de negro de humo por 100 partes de polímero. Los negros de humo más empleados son :

HAF	Alta abrasión	Rodamiento de llantas, suelas de zapatos.
ISAF	Intermedio Su per abrasión	Rodamiento de llantas, suelas de zapatos.
GPF	Todo Propósito	Carcaza de llantas, tubos

La producción de este tipo de caucho ha aumentado últimamente, debido a que se evita el manejo del negro de humo dentro de las fábricas, principalmente, en las de neumáticos, en donde las partículas pequeñas del negro de humo tienden a escaparse a la atmósfera. Por otro lado, la calidad del caucho vulcanizado es mayor, debido a la buena distribución de las partículas en estos, comparada con la obtenida usando el negro de humo durante la vulcanización.

6.4 GRADOS COMERCIALES DE SBR

En Alemania, los copolímeros de butadieno-estireno, se designaron con el término genérico BUNA - S y se desarrollaron un gran número de variantes del mismo BUNAS S3, S4, S4T, S4L, SS, SS3, S0, S040, etc.

En los Estados Unidos el enorme programa de realización gubernamental en estrecha relación con los

grandes manufacturas de caucho, condujo a una multiplicación de los tipos comerciales, designándose con la abreviatura de GR-S (Government Rubber-Styrene). Las diferentes variantes de GR-S fueron: GRS-AC, GRS-10, GRS-20, GRS-40, GRS-60, GRS-65, etc.

Las variantes que fueron apareciendo se diferenciaban entre sí por el grado de conversión alcanzado, la proporción relativa de butadieno-estireno (inicialmente 70 - 30 con variaciones hasta el 80 - 20 y 60 - 40 respectivamente), por los tipos de agente emulsionante, regulador, antioxidantes, etc. utilizados. Con el advenimiento de los cauchos en frío y los extendidos en aceite con o sin negro de humo, han multiplicado aún más estas variantes.

La nomenclatura ha sido modificada por el Instituto Internacional de Productores de Caucho Sintético y los diversos tipos han sido agrupados dentro de un sistema de numeración.

SERIES

- 1000 ... polímeros en "caliente"
- 1100 ... polímeros en caliente con negro de humo y menos de 14 partes de aceite por 100 de SBR.
- 1500 ... polímeros en frío
- 1600 ... polímeros en frío con negro de humo y menos de 14 partes de aceite por 100 de SBR

- 1700 ... polímeros en frío extendidos en aceite
- 1800 ... polímeros en frío con negro de humo y más de 14 partes de aceite por 100 de SBR
- 2000 ... látex en caliente
- 2100 látex en frío.

Desde 1956 la ASTM propuso una nueva designación, de los cauchos sintéticos, utilizando las iniciales de los monómeros seguidos de la letra R (Rubber). Así los elastómeros del tipo de GRS se designan con la abreviatura SBR.

6.4.1 Características de algunos tipos de SBR-emulsión

A continuación describiremos los tipos de caucho SBR más usados.

A) Caucho SBR - 1502

Es el típico caucho frío de estireno-butadieno, no coloreado, preparado utilizando un jabón de resina ácida y ácido graso como emulsionante. Son polímeros de alto grado de uniformidad y consistencia; lo que da una alta resistencia a la tensión, resistencia a la abrasión y resistencia de flexibilidad.

Se le utiliza para producir bandas blancas, artículos mecánicos de colores claros, baldosas para pisos, sábanas para hospitales, juguetes, suelas y ta-

cos para zapatos, y fajas transportadoras para alimentos.

B) Caucho SBR - 1712

Es un copolímero de butadieno-estireno, extendido con aproximadamente 37.5 partes de aceite altamente aromático (27.2 % en peso), que da como resultado un producto de procesabilidad superior y de superiores cualidades físicas, especialmente en resistencia a la abrasión; a costo muy económico.

Se le utiliza principalmente, en artículos en los que el color no es importante, como en la fabricación de neumáticos (76 % de los tipos de SBR usados en llantas), artículos mecánicos negros (extruidos, moldeados o cocidos), cables, correas y suelas.

C) Caucho SBR - 1778

El # 1778 corresponde a un caucho en frío de butadieno-estireno, producido por extensión con 37.5 partes de aceite nafténico. Utilizan como antioxidantes fenoles-alquilados que dan productos no coloreados. Este tipo de SBR posee baja viscosidad y sus "productos" vulcanizados son superiores en propiedades físicas.

Es ampliamente usado en productos de co-

lores brillantes y/o transparentes como: suelas y tacos para calzados, bandas blancas para neumáticos, alfombras de goma, juguetes y otras aplicaciones donde el color es importante.

6.4.2 Látex de estireno-butadieno

Otra forma comercial de los cauchos, incluido los de SBR, es su empleo en la forma de látex, que básicamente es el mismo caucho pero sin solidificar. Se obtiene fácilmente por técnica de polimerización. Esencialmente es una dispersión coloidal de polímeros (de caucho) que se encuentran en una fase continua acuosa.

El contenido de sólidos, de estas dispersiones o emulsiones de copolímeros estireno-butadieno, varía entre 47 y 58 %, y con tamaños de partículas promedio de 1,800 a 2,000 Amstrongs; dependiendo esto de los usos o aplicaciones finales para los que se requiera.

El caucho SBR se diferencia fundamentalmente de sus látices, en la composición, pues tiene un mayor porcentaje de butadieno; 70 a 75 % versus el 40 a 60 % en el látex. También en la técnica de fabricación. Claro está que ambos son producidos vía polimerización en emulsión, pero en el caso del caucho la reacción se interrumpe cuando se alcanza una conversión del 60 al 70 % para

luego eliminar los monómeros del látex, recuperándolos, y enseguida se procede a coagularlo. Mientras que en la producción de látices la reacción se continúa hasta conversiones de 98 a 99 %, manteniéndose el polímero disperso en la fase acuosa.

Las ventajas, del empleo directo del látex, son de dos clases : una se relaciona con la calidad de los productos elaborados y la otra con los procedimientos de fabricación adoptados. El látex, durante su fabricación, no sufre elevaciones de temperatura, pudiendo emplearse acelerantes más enérgicos; permitiendo con ello vulcanizaciones a temperaturas relativamente bajas. Resultando de ello una reducción de la degradación del material obtenido en esta operación. Así los objetos fabricados directamente del látex, además de conservar al máximo las propiedades específicas del mismo, adquieren propiedades mecánicas notables y una excelente resistencia al envejecimiento.

6.5 PROPIEDADES DEL CAUCHO SBR

6.5.1 Propiedades físicas

Hablaremos aquí sólo de las propiedades físicas fundamentales :

A) Temperatura de transición vidriosa

Es el rango de temperatura donde un material viscoso o flexible (cauchoso), sobre la transición, se torna duro o quebradizo debajo de ésta. Se caracteriza por pequeños cambios en el volúmen específico, velocidad del sonido, índice de refracción, etc.. Teóricamente es la temperatura bajo la cual no es posible una rotación de los segmentos de la cadena polímera. Se relaciona : al peso molecular, grado de entrecruzamiento, abultamiento de grupos laterales, rigidez de cadena y composición polímera.

Se puede medir fácilmente por análisis diferencial térmico o calorimétrico. Se calcula también, a partir del contenido de estireno, (s = ... fracción de estireno) :

$$T_g = (-85 + 135 s) / (1 - 0.5 s); \text{ para SBR a } 50^\circ\text{C}$$

$$T_g = (-78 + 128 s) / (1 - 0.5 S); \text{ para SBR a } 5^\circ\text{C}$$

No se han propuesto ecuaciones para SBR en "solución" pero generalmente para un contenido de estireno dado, se tendrá un T_g ligeramente más bajo que el SBR-emulsión. Esto se debe a que las porciones de butadieno en el SBR-solución tiene una menor proporción de estructura vinílica y son mayores en su estructura en cis.

B) Peso molecular y su distribución

Son también importantes en la determinación de las propiedades polímeras, además del tradicional peso molecular (el "número promedio", M_n). El peso molecular de los polímeros se estima a partir de ligeras dispersiones, ultracentrifugas (M_w). Estas distribuciones del peso molecular puede ser medida por penetración cromatográfica en Gel (GPC).

C) Indice heterogéneo ($HI = \bar{M}_w/\bar{M}_n$) :

Se usa también a menudo para indicar la anchura de la distribución del peso molecular. Este varía con la conversión de la reacción, tipo de mercaptano modificador usado, temperatura de reacción y la fuente comercial.

D) Medida de la viscosidad

Es muy conveniente para evaluar la facilidad de proceso. Depende del peso molecular a que se ha relacionado empíricamente (6-3).

$$(\eta) = K M^a \dots (1)$$

donde (η) es la viscosidad intrínseca, M es el peso molecular polímero y K, a son constantes determinadas experimentalmente. Para SBR a 50°C son 54×10^{-4} y 0.66 respectivamente.

Aunque se deben obtener menores pesos moleculares, para facilitar la procesabilidad; esto se encuentra limitado, porque con más altos pesos moleculares se tienen mejores propiedades físicas, siendo necesario buscar el punto óptimo de mejor calidad del caucho.

El SBR 1500 tiene una viscosidad intrínseca de aproximadamente 2.0, un M_w de 320,000 a 400,000 y un \bar{M}_n de 80,000 a 110,000; los índices heterogéneos varían de 3 a 5. El SBR 1700 tiene pesos moleculares 30 % más altos, pero con el mismo índice (HI).

El SBR, en solución, tiende a tener estrechas distribuciones de peso molecular, por lo que antes de realizar su polimerización, se le agrega agentes ramificadores para ensanchar las distribuciones; mejorando así su procesabilidad. Un SBR típico en solución tiene un M_n de cerca de 100,000 y un índice heterogéneo de 2.0 después del ensanchamiento.

Los valores del índice de refracción, densidad y temperatura de transición vidriosa; dependen de la composición de la mezcla reflejada directamente por el contenido de estireno en el caucho.

6.5.2 Propiedades químicas

Las moléculas de todos los tipos conoci-

dos, de SBR, poseen un elevado grado de insaturación; que los hace sensibles a reaccionar con una gran variedad de compuestos aún con el oxígeno del aire, especialmente a altas temperaturas y en presencia de la luz; requiriendo el empleo de antioxidantes. Basta una pequeña cantidad de estos para aumentar considerablemente su estabilidad.

Las reacciones producidas por la luz ultravioleta se manifiestan, sobre la superficie de los productos del caucho, dando un aspecto resinoso o agrietado. En prevención de este efecto se utilizan negro de humo o silicatos.

El caucho SBR, en condiciones especiales, puede ser : clorado, ciclado, hidrogenado, etc. para preparar derivados químicos semejantes a los obtenidos con el caucho natural; pero las reacciones son más difíciles de realizar y los productos tienen poca utilización industrial. La principal reacción química del SBR, al igual que todos los cauchos, es la vulcanización.

6.5.3 Vulcanización

Siendo la vulcanización, la reacción más importante del caucho, hemos decidido incluirla sin profundizar mucho sobre ella. Etimológicamente el término de vulcanización no corresponde al fenómeno en sí, dado que,

éste puede realizarse en frío sin la intervención del calor; se llama también a esta operación "curado" (cure, en inglés) que da una imagen más exacta del resultado.

Se conoce desde el año 1932, en el que Gooduyard (su descubridor) utilizó Azufre sobre caucho natural. Hoy en día la vulcanización ha alcanzado un sentido muy amplio, pues no sólo, se le designa con esta palabra a la temperación del azufre con el caucho, sino que también se aplica con un gran número de productos. Entre estos podemos citar entre los más importantes al Cloruro de azufre (vulcaniza en frío), Halogenuros de selenio y Teluro, quinonas y derivados, etc.. Aparte de estos agentes vulcanizantes existen una serie de otros productos que se agregan durante la vulcanización con el objeto de dar al caucho una mejora o modificación de sus propiedades y facilitar las operaciones de manufactura. De una forma general el orden de acción es el siguiente : plastificantes, cargas acelerantes, antioxidantes y en último lugar el azufre. Para el SBR se utiliza una proporción menor de azufre (1.5 a 2.5 partes por cada 100 partes de polímero), para un 50 % más del acelerante (para SBR disulfuros de tiurano o ditiocarbamatos).

Aunque existen muchas hipótesis acerca del aspecto teórico de la vulcanización , hoy en día, se admite que hay formación de una red tridimensional en el

curso de la vulcanización y que la formación estructural rectiforme es la responsable de la estabilidad de la forma y de la insolubilidad en los disolventes. La vulcanización no confiere la propiedad de la elasticidad. Lo que origina es una disminución de la plasticidad, ya que, la molécula de caucho crudo posee una propiedad elástica intrínseca debido a la forma alargada del polímero (estructura filiforme) que se presenta bajo un complejo de plasticidad y elasticidad. Cuanto más se multiplican los lazos entre las moléculas filiformes, del hidrocarburo caucho, estas pierden más elasticidad. La vulcanización forma una especie de puentes de azufre entre esta molécula.

6.5.4 Propiedades de composición

Para la mayoría de usos se hacen mezclas de SBR y otros cauchos, tales como el natural y el PBR. Las fórmulas de composición se determinan por un balance de las características requeridas. En estas fórmulas los cauchos empleados pueden estar o no extendidos en aceite; usándose además : rellenos de refuerzo, agentes vulcanizantes con sus aceleradores y activadores, preservadores (antioxidantes, antiozonantes) y ablandadores para facilitar su procesamiento.

Hay pues una gran cantidad de propiedades físicas que tienen importancia, sobre cuan adecuado es un

caucho , para un uso particular deseado. Estas propiedades las designaremos como "propiedades de composición" y están directamente relacionadas con las propiedades mecánicas necesarias para la fabricación y uso de los productos.

Infortunadamente menores variaciones, en la naturaleza del negro de humo, aceites u otros ingredientes de la composición pueden efectuar variaciones mayores en las propiedades físicas del caucho. La característica más importante, comparada con otros cauchos, es que en los cauchos SBR se necesitan cargas reforzantes (negro de humo), debido a las irregularidades en su estructura molecular; mejorando así su resistencia a la abrasión y rotura. Además de vencerse las fuerzas de cohesión intramolecular, se deben vencer las fuerzas de unión superficial que ligan las partículas polímeras a las de negro de humo. La resistencia a la rotura disminuye cuando se aumenta la temperatura a la cual se hace la medida.

Para máximas propiedades de resistencia a la abrasión y tensión se prefiere el SBR frío al del tipo caliente, por lo que, éste último no es muy usado en las composiciones para bandas de rodamiento. En el cuadro 6-3 se muestra una composición típica para bandas de rodamiento, adecuadas para llantas de pasajeros, conteniendo SBR y PBR.

CUADRO 6-3

Composición típica para bandas de rodamiento
(partes por 100 partes de caucho en peso)

INGREDIENTE	CANTIDAD	FUNCION
SBR-extendido en aceite	103.1	Elástomero
PBR	25	Elástomero de propósito especial
Acido sulfónico, disuelto en aceite	5.0	Suavizador de procesamiento
Acido esteárico	2.0	Acelerador-activador
Oxido de zinc	3.0	Acelerador-activador
Fenil-beta-naftilamina	2.0	Antioxidante
N,N'-p-fenilendiamina sustituida	4.0	Antioxonante
Cera microcristalina	1.0	Suavizador de procesamiento y acabado
Aceite mezclado de proceso	7.0	Ablandador
Negro de humo ISAF	65	Rellenador de refuerzo
Azufre	1.8	Agente de vulcanización
Benzatiasol-2-sulfonamida	1.5	Acelerador.
TOTAL	220.0	

Fuente (6-3)

En el cuadro 6-4 se da una lista de las propiedades de dos cauchos preparados a base de SBR 1712 (100 partes en cada caso), con otros ingredientes, utilizados en la industria como "caucho para propósitos generales". Podemos ver como varían las propiedades al utilizar distintas proporciones de los ingredientes.

CUADRO 6-4

Caucho SBR para propósitos generales

INGREDIENTES	CAUCHO 1	CAUCHO 2
SBR 1712	100	100
Oxido de zinc	5.0	5.0
Acido esteárico	1.0	1.0
Caucho natural	10.0	20.0
Negro de humo-PEF	20.0	20.0
Negro de humo-SkF	75.0	30.0
Arcilla dura	-	100.0
Protector de luz	5.0	3.0
Cera parafínica	1.0	-
Wingstay T	1.0	-
Fenil-beta-naftilamina	-	1.0
Para flux	10.0	15.0
ALTAX	1.75	2.0
DPG	0.50	-
TUAD	-	0.5
Azufre	2.25	2.0
TOTAL	232.50	299.50
PROPIEDADES		
Gravedad específica	1.241	1.398
Plasticidad Mooney (a 212°F)	47	42
Tostado Mooney (270°F), minutos	18	18
mínimo minutos hasta el punto 10	14	15
Tiempo de curado (310°F), min.	20	20
Fuerza de tensión, psi.	1625	1175
Elongación, %	400	620
Modulo a 300 %, psi.	1425	600
Dureza, shore A	65	62
Desgarro, psi.	198	152
Indice de abrasión, NBS	123.7	22.8
% de rebote (goodyear-Healy)	43.7	31.5
Composición, despues de 22 horas, 158°F	13.0	27.0

Fuente (6-3)

6.6 ENSAYOS MECANICOS Y FISICO QUIMICOS

Los numerosos tipos de caucho SBR: frío, caliente o con aceite de extensión; presentan una amplia gama de características modificadas mediante técnicas de composición. Por lo que, los métodos normalizados de evaluación se basan en las propiedades mecánicas, requeridas del SBR, para los distintos tipos de productos a elaborarse (principalmente en neumáticos). Generalmente se siguen las normas ASTM. La mayoría de las determinaciones físicas se realizan a 25°C con el 50 % de humedad relativa. Antes de realizar las pruebas se requiere de un envejecimiento acelerado del caucho.

Estas pruebas no sólo se efectúan sobre el caucho crudo, más importantes aún, son las que se realizan sobre el caucho vulcanizado; ya que indican las propiedades mecánicas del producto manufacturado que él suministrará. El método consiste en preparar con el caucho bruto una composición estandar (fórmula dada por la ACS "American Chemical Society") y vulcanizarla en condiciones definidas.

Caucho	100 partes
Oxido de zinc	6 "
Acido esteárico	0.5 "
Azufre	3.5 "
Mercapto	0.5 "

A continuación explicamos, sin entrar en muchos detalles, las principales pruebas que se efectúan sobre el SBR

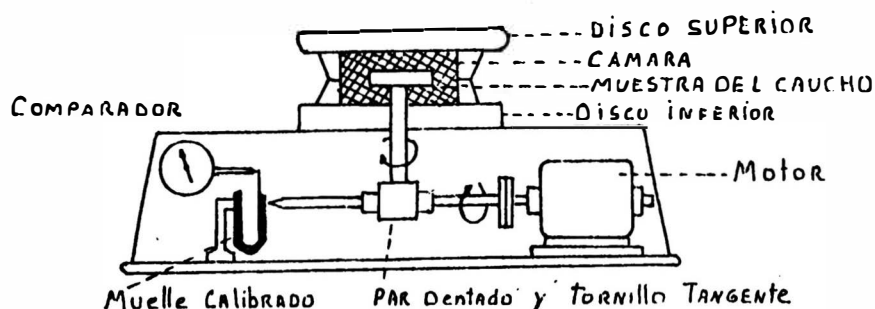
6.6.1 Viscosidad relativa (Plasticidad Mooney)

Esta prueba se realiza principalmente sobre el caucho crudo, debido a que es un índice del comportamiento del caucho durante la plastificación y el mezclado. La viscosidad relativa del caucho se relaciona con la energía necesaria en los procesos de elaboración de productos de caucho.

Existen varios métodos para valorar la plasticidad, entre estos está el método Williams, Marzetti, Mooney y Defo. De estos el más generalizado es el método Mooney, que consiste en medir la resistencia opuesta por el caucho sobre un esfuerzo continuo de cizallamiento a velocidad constante.

El aparato se compone de una cámara de paredes estriadas, en el interior de la cual puede girar un disco, también estriado, acoplado a un motor eléctrico por medio de un par dentado y tornillo tangente. El caucho se coloca en el interior de la cámara, mantenido a 100 °C, y se hace girar el disco; la rotación de este es frenado por el caucho. El par resistente se equilibra por la

acción de un resorte tarado apoyado en el extremo del tornillo tangencial. El aplastamiento del resorte se mide con la ayuda del micrómetro, la aguja indica el valor de la viscosidad o plasticidad, en éste caso "plasticidad mooney".



Principio del aparato Mooney

6.6.2 Tiempo de precoción (Scorch - Time)

Esta prueba tiene gran importancia para las mezclas del caucho, principalmente, con el negro de humo; el que tiende a provocar una vulcanización prematura (tostado o chamuscado). La prueba consiste en valorar el tiempo durante el cual la mezcla puede soportar temperaturas hasta de 120°C sin presentar indicios de vulcanización.

El método mas difundido es el que utili-

za el aparato mooney (de plasticidad) provisto de un rotor especial. Cuando la cifra leída comience a subir progresivamente se deberá a la manifestación de los primeros signos de vulcanización. Por convección se adopta como "tiempo de tostado" al tiempo necesario para obtener un valor superior a 5°Mooney.

Se considera que un tiempo de tostado (a 120°C) de 20 min. ofrece plena seguridad para el budinado de bandas de rodamiento; las mezclas destinadas a moldeo rápido de pequeños objetos tolera hasta 10 min.

6.6.3 Dureza

Es la prueba más corriente en la industria del caucho (controles diarios); ya que, las manipulaciones son rápidas, los aparatos sencillos y el material medido no se deteriora con la prueba. Se llama dureza a la resistencia que el caucho ofrece a la penetración de un cuerpo sólido (punzón).

Existen durómetros ^{de} muchos tipos, todos ellos basados en el mismo principio; un peso o un resorte provoca el hundimiento de un punzón en la muestra del caucho. La penetración producida se lee amplificada por un sistema especial al fin de un tiempo convenido. El más usado en la práctica es el durómetro portátil "Shore", dado

su fácil manejo.

6.6.4 Tracción

El caucho puede ser deformado de maneras diferentes: por extensión, compresión, flexión, torsión, etc.. En la práctica son de gran importancia las deformaciones por extensión; ya que, en ésta intervienen en forma mínima los fenómenos accesorios, pudiendo además de manera sencilla efectuar registros gráficos de la medida. Esta prueba mide la resistencia límite del caucho vulcanizado y su elasticidad; comparando el valor de las diversas mezclas se puede determinar (muy importante) el tiempo óptimo de vulcanización.

Consiste en estirar con velocidad uniforme una muestra de caucho, y con ayuda de un dinamómetro observar la fuerza que equilibra la tracción y por otra parte el alargamiento producido particularmente en el momento de la rotura. Los resultados se expresan en Kg/cm^2 , en relación con la sección inicial de la muestra, debido a la variación de la sección que se produce en el estiramiento y a la dificultad de efectuar a cada instante estas medidas.

6.6.5 Módulo

Está relacionado con la tracción, llamándose así al esfuerzo realizado para alcanzar un alargamiento determinado de la muestra. Para el caucho SBR se mide el módulo a 300 % de alargamiento.

6.6.6 Desgarro

Los desgarros se producen en los cauchos cuando, encontrándose su superficie con hendiduras o cortes, se le somete a fuertes deformaciones. Las pruebas se realizan con ayuda de un dinamómetro sobre muestras que tienen formas asimétricas (media luna o en V).

Las muestras se colocan de manera que la rotura por desgarro se produzca sobre un punto elegido (en la concavidad de la muestra) y se efectúa un pequeño corte sobre esta débil sección para iniciar el desgarro. La resistencia al desgarro es la fuerza indicada por el dinamómetro, una vez completado el desgarro, y se expresa en Kg/cm^2 de espesor de la muestra.

6.6.7 Compresión

Las pruebas de compresión son relativamente menos practicadas que las de tracción. El método clásico consiste en comprimir una barra de muestra entre dos

platos paralelos; pero no existe un método bien definido para realizar los ensayos, debido a que los resultados están en función de la velocidad de aplicación de la carga, de la temperatura, de la forma y dimensión del objeto, y de los esfuerzos anteriores a los cuales ha sido sometido; así como a los esfuerzos de frotamiento producidos entre el caucho y la placa sobre la cual se aplica la carga.

Cuando se estudia un artículo, como los destinados a suspensiones de automóviles, los ensayos se hacen en cargas análogas a las que debe soportar. En general se somete a cargas durante 22 horas a 50°C (122°F).

6.6.8 Abrasión

Una de las características principales de los artículos de caucho, sobre todos en los empleados en la industria automotriz, es su buena resistencia a la abrasión; de aquí la importancia de efectuar su medida en el laboratorio. El procedimiento más conocido consiste en desgastar una muestra de caucho contra un elemento abrasivo, piedra o papel impregnado (esmeril, corindón, etc.), el cual se desplaza a una velocidad constante.

Se valora la pérdida de peso debido al desgaste en función de las condiciones mecánicas en contacto (fuerza y trabajo de frotamiento). Sin embargo, con

éste método o con otros practicados, es indispensable complementar las informaciones obtenidas en laboratorio por ensayos prácticos (sobre carreteras; en el caso de neumáticos).

6.6.9 Ensayos químicos

Los ensayos químicos que pueden hacerse al caucho son numerosos, pero tienen menor interés que los ensayos mecánicos; por lo tanto, su práctica es menos frecuente. Esto se debe a que no sólo los constituyentes de la mezcla (identificado en estos ensayos) son los únicos factores que influyen sobre las propiedades, sino también, y de mayor importancia la forma como se ha preparado.

Sólo mencionaremos algunos de ellos:

1) Extracto acetónico, que determina la presencia de resinas, aceites, parafinas, acelerantes orgánicos, antioxidantes, y azufre no combinados con el caucho. 2) Cenizas, valora el contenido mineral en el caucho. 3) La proporción de estireno combinado en el copolímero, se hace con un espectrofotómetro ultravioleta. 4) Análisis volumétrico con monoclóruo de yodo, para determinar el porcentaje de insaturación, etc.; para métodos completos ver (6-5).

6.6.10 Otros

Hay una gran cantidad de ensayos que pu

den practicarse sobre el caucho de acuerdo a los usos en los que va a emplearse. Citaremos algunos de ellos: gravedad específica, flexión, acción del ozono, luz ultravioleta, agua salada, hinchamiento, ensayos eléctricos, recuperación, permeabilidad a los gases, volatilidad, elasticidad en general, elasticidad al choque, módulo dinámico y resiliencia; así como las características a baja temperatura.

6.6.11 Ensayos para látex

Los métodos oficiales de especificación, para el látex de SBR, son los siguientes: 1) Total de sólidos, de un extracto de isopropanol secado en estufa. 2) Residuo de estireno, por destilación con vapor de agua en presencia de metanol y análisis volumétricos con bromuro y bromato sódico. 3) Contenido total de jabones, por valoración conductométrica. 4) Medida del pH, con aparato de pila calomel y electrodo de vidrio. 5) Tensión superficial, con el tensiómetro de Du Nouy. 6) Turbidez, medida del tamaño medio de las partículas con espectrofotómetro de luz ultravioleta Deckman. 7) Viscosidad, en el viscosímetro de Brookfield. 8) Viscosidad Mooney, de la membrana de látex formada por evaporación; para métodos completos ver (6-5).

A continuación se presenta el cuadro 6-5

CUADRO 6-5

Especificaciones típicas

	SBR 1502	SBR 1712	SBR 1778
Contenido de estireno	23.5 %	23.5 %	23.5 %
Materia volátil, %	0.10	0.20	0.30
Cenizas, %	0.60	0.60	0.60
Viscosidad Mooney, ML-4' a 100°C	51	50	50
Aceite extendido - nafténico, %	-	-	37.5
Aceite extendido - aromático, %	-	37.5	-
<u>COMPUESTO :</u>			
Viscosidad Mooney, ML-4' a 100°C	80	60	60
Esfuerzo a la tensión, Kg/cm ² (35 min.)	250	234	200
Elongación al freno, % (35 min.)	450	575	480
Módulo de elongación en 300 %, Kg/cm ²			
Curado 25 min.	110	82	75
Curado 50 min.	175	109	120
Curado 100 min.	-	110 (80 min.)	-

Fuente (6-10).

el cual compara algunos de los resultados típicos de ensayos efectuados sobre los tipos 1502, 1712, y 1778 de SBR.

6.7 MATERIAS PRIMAS

Los monómeros empleados en la fabricación del SBR son Estireno y Butadieno. Además de estos se usa una gran cantidad de otros productos, que no intervienen directamente en la reacción, pero determinan ciertas características especiales en las distintas formas comerciales del SBR.

6.7.1 BUTADIENO

Es un gas que hierve a -5°C , combustible y extremadamente inflamable; forma mezclas explosivas con el aire. Se le almacena en forma líquida, en recipientes de acero al carbono a la presión de 2.5 atmósferas. Se polimeriza y copolimeriza, en forma espontánea, por lo que su almacenamiento y transporte requiere de una pureza determinada (5,000 ppm. de acetileno) y además del empleo de estabilizadores e inhibidores como el terbutilcatecol (25 a 200 ppm.).

El cuadro 6.6 muestra las propiedades de este gas.

CUADRO 6-6

Propiedades generales - Butadieno

Butadieno 1-3	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
Peso molecular	54.1
Punto de ebullición, °F	24.1
Densidad, a 60°F, API (lbs/gal.)	94.2 (5.22)
Presión de vapor, a 60°F, psig.	16.62
Gravedad específica 60°F/60°F	0.627
Calor de combustión (gas), a 60°F, BTU/lb.	
	-Bruto 20.230
	-Neto 19.180

Fuente (6-11) y (6-12)

A) Obtención

Actualmente el butadieno se produce por las siguientes rutas

-Por craqueo de hidrocarburos superiores del tipo de las naftas; fracciones de gasóleo y gasolina.

-Deshidrogenación catalítica a temperaturas elevadas (1,100°F) del butano a buteno y luego a butadieno.

-Mediante deshidrogenación y deshidratación simultánea del alcohol con óxido de zinc y óxido de aluminio como catalizador (a 825°F).

-Del acetileno por conversión a butilenglicol y deshidratación de éste; o por condensación a formaldehído para formar el butinodiol que se reduce a butileno 1-4 diol, el cual se transforma a butadieno por deshidratación. Este método se utilizó en Alemania cuando se tenía un suministro limitado de petróleo.

- Por cloración y deshidrocloración del buteno.

Las primeras plantas de butadieno, durante la segunda guerra mundial, se basaron principalmente en el uso de n-butilenos como carga. A partir de 1955-66' se empezó a construir plantas basadas en la deshidrogenación del n-butano; ésta reacción produce una relación considerable de buteno y butadieno en los efluentes del reactor. La mejor fuente, para la obtención de éste gas, es partiendo del craqueo de naftas; ya que se le obtiene de una simple destilación del petróleo y sin necesidad de un refinamiento posterior. Por otro lado, con éste método se obtienen otras olefinas de gran valor comercial.

Las corrientes de C₄, provenientes de las plantas de craqueo de olefinas, varían ampliamente en el contenido de butadieno, dependiendo principalmente de la carga y las condiciones del cracking. Las cargas (caso nafta) conteniendo C₄ para unidades típicas de extracción tienen entre 25 - 50 % de butadieno.

Es prácticamente imposible recuperar el butadieno puro. de las corrientes de C₄ por simple destilación, debido a que el butadieno y el butano forman un azeótropo y a que los puntos de ebullición de los otros compuestos presentes son muy cercanos, requiriendose torres con gran cantidad de platos. Por esto, la solución más económica para recuperar estas mezclas es la destilación extractiva. Principalmente se ha venido usando acetonitrilo como solvente; este proceso puede producir butadieno de 99.5 % de pureza con una concentración total de acetileno que no excede de 100 ppm. Los nuevos procesos usan Dimetil formamida (DMF) como solvente. Asimismo se ha desarrollado la extracción con furfural.

En el cuadro 6-7 se observan las especificaciones para el butadieno grado polímero.

CUADRO 6-7

Especificaciones típicas para butadieno grado polímero

Apariencia	limpio claro
Dienos conjugados, % peso (1-3)	99.7
Acetileno como vinil-acetileno, % peso	0.02
Contenido de carbonilos, como acetaldehida, ppm.	25
Peróxidos, como peróxido de Hidrógeno, ppm.	5
Sulfuros, como H ₂ S, ppm.	5
Rango de punto de ebullición	0.2
Inhibidor TBC*, ppm.	125
Residuos no volátiles, % peso	0.1
Butadieno dímero, % peso	0.1
Contenido de oxígeno, vapor sobre líquido, % vol.	20.3
Libras por galón, lb/gal. a 60°F	5.229
Cobre y manganeso	0.01
Amoniaco	100
Acetonitrilo	50

* TBC ... Terbutilcatecol

Fuente : (6-13).

6.7.2 Estireno

Es un líquido incoloro que hierve a 146°C, es combustible pero de fácil transporte y almacenamiento;

al igual que el butadieno debe ser inhibido contra la autopolimerización, lo que es logrado con Hidroquinona o -TBC. El transporte y almacenamiento se hace a menos de 21 °C y a la presión atmosférica. Es fácilmente inflamable, con serios riesgos de incendio y explosión, encima de los 32°C.

En el cuadro 6-8 se observan las propiedades principales del estireno.

CUADRO 6-8

Propiedades generales - Estireno

Fórmula	$C_6H_5-CH=CH_2$
Peso molecular	104.14
Punto de ebullición, °C	145.8
Punto de inflamación, °C	32
Densidad, 20°C	0.906
Densidad en lbs/gal. a 60°F	7.555
n_D^{20}	1.54682
Viscosidad, cps.	0.781
Coefficiente de dilatación, 25°C, $cm^3/°C$	0.0009719
Contracción de volumen por polimerización, %	17
Temperatura de combustión, °C	34
Límite explosivo sup. (en el aire) a 29.3°C, %	1.1
Límite explosivo inf. (en el aire) a 62.2°C, %	6.1

Fuente : (6-5)

A) Obtención

Sustancialmente todo el estireno producido en la industria se obtiene por deshidrogenación del etilbenceno (97 % de la producción en USA) por medio de una reacción de Friedel Crafts en presencia del cloruro de aluminio. El resto se le obtiene de la acetofenona, existiendo una sola planta perteneciente a la Union Carbide; anticipandosele que será cerrada dentro de algunos años. La mayor capacidad futura de estireno se basará en etilbenceno obtenido de la alquilación del benceno con etileno (actualmente cerca del 91 % de la producción en USA); en refinerías se le obtiene del fraccionamiento de corrientes aromáticas.

El etilbenceno se puede obtener por alquilación del benceno ya sea con etileno concentrado o etileno diluido. El primer proceso conocido fue el que requería alta concentración de etileno (90 - 95 %) usando comúnmente catalizador de cloruro de aluminio. El etilbenceno producido es separado de los polietilbencenos, formados por fraccionamiento dado el alto punto de ebullición de estos, los que son luego dealquilados para dar productos monoalquilados. El proceso más reciente de alquilación es el que usa como carga el gas de desecho (off-gas) del cracking catalítico con bajo contenido de etileno.

obtiene alquilaromáticos de altísima pureza debido a que el catalizador usado (proceso ALKAR) es selectivamente activo para las reacciones de alquilación. La polimerización de las olefinas es virtualmente ausente. El proceso de -deshidrogenación se lleva a cabo en un reactor a la temperatura de 1,200 a 1,400 °F con catalizador SHELL (a base de óxido férrico) a baja presión.

Las especificaciones típicas para el estireno grado polímero son presentadas en el cuadro 6-9.

CUADRO 6-9

Especificaciones típicas para estireno grado polímero

Contenido de estireno, % peso	99.6
Apariencia	transparente
Índice de refracción, n_D^{20}	1.5435 - 1.4445
Gravedad específica a 25°C/25°C	0.9038 - 0.9057
Aldehidas (como benzaldehida), % peso	0.004
Peróxidos (como agua oxigenada), % peso	0.01
Azufre, % peso	0.01
Cloruros, % peso	0.02
Viscosidad, cps. a 25°C/77°F	0.72
Color saybolt alpha	+ 25 10
Contenido polímero, % peso	0.00
Inhibidor (TBC), ppm.	10
Cobre y manganeso, % peso	0.0

6.7.3 Aceites de extensión

Se utilizan en los tipos de SBR de grado comercial del 1700 al 1799, y pueden ser de características aromáticas o nafténicas.

A) Aceites aromáticos

Son aceites de petróleo, compuesto por mezclas de hidrocarburos aromáticos. Se le utiliza en el tipo de SBR 1712. Es inflamable y su transporte se puede realizar en carros tanque. Su almacenamiento se efectúa como el "standard" para aceites de petróleo inflamable.

Su contacto con la piel es peligroso y puede causar irritaciones o serios daños. Su manipulación debe realizarse con guantes y en caso de contacto lavar se con agua y jabón. El cuadro 6-10 presenta las principales propiedades de estos aceites.

B) Aceites nafténicos

Son cortes de petróleo, compuestos por mezclas de hidrocarburos semiparafínicos, debidamente tratados. Se le utiliza en el tipo de SBR 1778. Es también inflamable y se puede transportar en carros tanque. Su almacenamiento se realiza igual que los aceites aromáticos.

Su contacto repetido o prolongado con la piel puede causar serios daños. Su manipuleo se debe realizar con guantes y en caso de contacto lavarse con agua y jabón. El cuadro 6-11 presenta sus características principales.

CUADRO 6-10

Propiedades de aceites aromáticos
(especificaciones de compra)

Fórmula	Mezcla de hidroc,
API	15.1 - 12.9
Gravedad específica, 60°F/60°F	0.965 - 0.995
Viscosidad SUS a 210 °F	80 - 100 max.
Punto de inflamación COC. (°F)	430
Punto de anilina, °F	104 - 145
Materias volátiles, 3 horas a 325 °F (%)	1.0 max.
ANÁLISIS DE CENIZAS	
Asfaltenos	0.5 % max.
Compuestos polares	4 - 12 %
Hidrocarburos saturados	25 - 35 %
Color ASTM D-1500	2
Índice de absorción a 260 mm.	0

Fuente (6-10)

CUADRO 6-11

Propiedades de aceites nafténicos
(especificaciones de compra)

Fórmula	Mezclas de hidroc.
API	24.9 - 27.5
Gravedad específica, 60°F/60°F	0.89 - 0.905
Viscosidad SUS a 210°F	50 - 65
Constante de gravedad - viscosidad	0.82 mínimo
Punto de inflamación COC. (°F)	410 mínimo
Punto de anilina, °F	175 - 225
Materias volátiles, 3 horas a 325°F (%)	1.0 mínimo
ANÁLISIS DE CENIZAS	
Asfaltenos	0.10 % max.
Compuestos polares	1.0 max.
Hidrocarburos saturados	75 - 90 %
Color inicial, Gardner	3.5
Aged. Gardner	7.0 (ASTM D-1500)
Índice de absorción a 260 mm.	0

Fuente : (6-10)

6.7.4 Productos químicos auxiliares

Con el objeto de obtener un caucho, que reúna las mejores propiedades posibles, se utilizan durante la fabricación compuestos químicos. Principalmente

sustancias orgánicas que, a pesar de añadirse en proporciones relativamente pequeñas, repercuten directamente en la calidad del producto y facilitan la fabricación de artículos, regulan la vulcanización y mejoran su estabilidad.

Siendo el proceso de obtención el mismo en todas las tecnologías; estas se diferencian, entre sí, por el uso de diferentes productos químicos auxiliares o los mismos en diferentes proporciones. Vamos a dividirlos, en 7 grupos principales, de acuerdo a la función que deben cumplir en el desarrollo de la reacción.

A) Agentes emulsificantes

Como hemos visto el proceso de emulsión se lleva a cabo en solución acuosa donde los hidrocarburos deben estar "disueltos". No es suficiente la agitación para obtener esta disolución, dada la dificultad de mezclar 2 líquidos de diferentes pesos específicos, empleándose emulsificantes que homogenizan la solución.

Las patentes americanas usan jabones de ácidos grasos (oléico, esteárico, etc.) y las patentes europeas alquil-nafteno-sulfonato de sodio. Estos jabones de ácidos grasos permanecen en el producto final, después de la coagulación, en forma de ácidos grasos.

B) Electrólito :

El electrólito se agrega al jabón para mantener el látex en condiciones móviles; con el objeto de facilitar su manejo. Generalmente se usan fosfatos de sodio o potasio.

C) Modificadores o reguladores de cadena :

Permiten regular la polimerización, consiguiéndose cadenas más cortas (productos más plásticos), estructuras más lineales al disminuir el número de cadenas laterales; así como los enlaces intermoleculares y las ciclizaciones.

Las patentes europeas emplean principalmente disulfuro de diisopropilxantógeno y las americanas utilizan preferentemente mercaptanos como el dodecilmercaptano terciario.

D) Agente secuestrante :

Para impedir que los iones de fierro, empleados como reductores en el Redox, tengan efectos adversos a la calidad del producto se usa formaldehidasulfoxilado de sodio y que a la vez actúa como un saturador.

E) Sistema catalizador :

Este ha sido el más extensamente estudiado y el que más claros progresos ha obtenido, ya que, un aumento de la velocidad de polimerización permite aumentos en la producción o disminución de la temperatura. Así operaciones que antes necesitaban de 30 a 40 horas a temperaturas de 50°C; con el descubrimiento del sistema Redox sólo se requiere de 10 a 15 horas y con temperaturas más bajas (5°C), obteniéndose productos de propiedades mejoradas.

Las patentes emplean para Caucho caliente, persulfatos alcalinos (principalmente de potasio); y para Caucho frío, como reductores sulfato ferroso y azúcares y como oxidantes hidroperóxidos de p-mentano o cumeno, o fenilciclohexano. En el sistema se emplean además las sales del ácido etilendiaminotetracético como regulador de Redox.

F) Interruptores o inhibidores de cadena :

Se añaden para detener la reacción cuando esta alcanza el grado de conversión requerido. Su efecto es instantáneo; por lo que también se le llama "paralizadores". Al mismo tiempo aseguran la estabilización de la polimerización. Son antioxidantes, no decolorantes y

no tóxicos.

Para el SBR, a alta temperatura, se usa 2-6 dicitributil-p-cresol o fosfitos de tialcoílfenilo y - para el SBR frío ditiocarbamatos alcalinos solubles en agua (dimetilditiocarbamato de sodio).

G) Antioxidantes :

La resistencia al oxígeno se mejora agregando a la composición del caucho compuestos químicos conocidos como antioxidantes y que además de su protección contra la degradación por oxidación previenen la formación de geles.

Existen una gran variedad de antioxidantes usados, distinguiendose dos grandes grupos; las aminas aromáticas y los fenoles. Su elección depende del tipo de SBR a producirse (coloreado o no).

H) Coagulantes :

Se agregan al látex para obtener el caucho en grumos. Se utiliza primeramente una salmuera que produce un coagulado parcial (cremado) y luego se agrega un ácido para coagular totalmente al látex; por la ruptura de la emulsión envolvente, regenerandose los ácidos

grasos del jabón. Como salmuera se utiliza NaCl y como ácido comúnmente el sulfúrico diluido.

Además de estos 7 grupos (más importantes) se recurre eventualmente al uso de coloides protectores o de alcohol polivinílico como estabilizadores de la emulsión. Asimismo se utilizan compuestos tamponados, que mantienen el pH en un valor determinado; como también productos que tienen influencia en la tensión superficial, con miras a regular las dimensiones de las partículas.

A continuación se muestra una lista de los productos químicos más utilizados en las patentes americanas para el proceso de SBR en emulsión.

CUADRO 6-12

Lista de productos químicos auxiliares
(patente americana)

FUNCION	PRODUCTO QUIMICO
Emulsificantes	Acidos grasos deshidrogenados (oleico) Bases sódicas o potásicas Alquilnaftalenosulfonato de sodio
Electrólitos	Fosfato tripotásico Hidrosulfito de sodio (dispersante)
Modificador	Dodecilmercaptano terciario
Saturador	Sulfoxilatoformaldehida de sodio
Reductor	Sulfato ferroso. 7 H ₂ O
Oxidante	Hidroperóxido de paramentano
Activadores	Sal de EDTA, de sodio. Pirofosfato de potasio
Interruptor	Dimetilditiocarbamato de sodio
Antioxidantes	Fenil alquilado (Winstay T) Ari-p-fenilendiamina (Winstay 100)
Coagulantes	Cloruro de sodio (salmuera) Acido sulfúrico
Lavado	Hidróxido de sodio (lavado cáustico)

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 6

- (6-1) "Caucho SBR y Polibutadieno"
B. Kastein .. "Firestone Division".
Chemical Eng. Progress - Jan. 1973
- (6-2) "Sintetic Rubber"
S.A. Miller
Chemical and Process Eng. - Set. 1971
- (6-3) Rubber Technology
Maurice Morton
Capitulos 1, 2, 4, 7 y 18.
- (6-4) "Que es polimerización por solución"
Chemical Engineering - Dbre. 20, 1965
- (6-5) Chemical Technology Encyclopedia
Kirt Othmer
Tomo III
- (6-6) Fundamentos de ciencia y tecnología del caucho
Jean Le Brass.
- (6-7) "Producción de Látices de estireno-butadieno"
Hector Mercier
Procesos - Argentina. Abril 1973

- (6-8) Enciclopedia Tecnológica Salvat
Tomo II
- (6-9) Ciencia y tecnología del caucho
W.J.S. Naunton
- (6-10) Informes de propuestas de SBR
División química y petroquímica - Induperú.
- (6-11) Petrochemical manufacturing & marketing guide.
Robert Stoubaugh
Volumen I y II.
- (6-12) Fundamentos de química orgánica
Fieser y Fieser.
Tomos I y II.
- (6-13) "Butadieno como producto básico en la industria
petroquímica. Tecnología de su producción"
Tesis de Bachiller - Cesar A. Espinoza Mondoñedo.
- (6-14) The outlook for petrochemicals productions in the
Andean Common Market.
Hecho por BEICIP para el Acuerdo de Cartagena
Julio 1976.
- (6-15) Ciencia de los polímeros
Fred W. Billmeyer, Jr.
Editorial Reverté S.A. - 1975

CAPITULO 7

INGENIERIA DEL PROYECTO

- 7.1 Teoría de la polimerización en emulsión
- 7.2 Cinética de la reacción
- 7.3 Peso molecular
- 7.4 Estructura del copolímero
- 7.5 Descripción del proceso
- 7.6 Programa de producción
- 7.7 Requerimientos del proceso
- 7.8 Disposición de planta
- 7.9 Planificación y ejecución del proyecto

7.- INGENIERIA DEL PROYECTO

En este capítulo se revisará la teoría química concerniente a la obtención del caucho sintético SBR-emulsión. A continuación se hará una descripción detallada del proceso y de sus requerimientos. Asimismo se decide el programa de producción, de acuerdo a las necesidades del mercado y a las consideraciones técnicas. Finalmente se da un plan de ejecución del proyecto.

7.1 TEORIA DE LA POLIMERIZACION EN EMULSION

Como hemos visto, en el capítulo anterior, los procesos comerciales para la polimerización en emulsión del butadieno-estireno están basados en reacciones de radicales libres. Estos son generados por iniciadores a través de una disociación o a través de una oxidación-reducción. Sobre el desarrollo de la reacción la teoría más avanzada y que aún prevalece es la dada por Smith-Ewart (7-2).

El jabón, iniciador, sales y pequeñas cantidades del agente de transferencia de cadena y de monómeros, se disuelven en el agua para formar la fase "continua" de la emulsión. La fase "dispersada" consiste de varias clases de partículas, que inicialmente son

dos :

- Unas son las "micelas" de jabón que consisten en un grupo de moléculas de jabón orientadas, con los grupos polares hacia la fase acuosa.
- Las otras son las partículas monómeras estabilizadas con moléculas de jabón.

El número de micelas (con un diámetro de 50 Å) es muy grande comparado con el número de gotitas del monomero (de diámetro superior a 10,000 Å) y la teoría supone que la polimerización se inicia, casi exclusivamente, en el monómero solubilizado dentro de las micelas de jabón en lugar de que ocurra en el monómero o en la fase acuosa.

Smith y Ewart explican la polimerización en emulsión en tres etapas. En la primera etapa algunas de las moléculas monómeras, provenientes de las partículas monómeras, difunden a través de la fase acuosa hacia las micelas de jabón. Las micelas que contienen monómeros aún preservan su forma general, con los grupos polares hacia la fase acuosa y los monómeros interpuestos entre los grupos no polares. El iniciador, que generalmente está en la fase acuosa, genera radicales libres que son fácilmente capturados por las moléculas del monómero que se encuentran en las micelas. Debido a la ac

ción de los radicales estas moléculas se polimerizan y conforme crecen los núcleos van desapareciendo las micelas, por adsorción en la superficie de los mismos. Estas partículas del polímero, aún estabilizadas por el jabón, absorben rápidamente el monómero libre que difunde desde las gotitas y se convierten en "partículas monómero - polímeras". Este fenómeno continúa hasta que desaparecen todas las micelas de jabón, luego de lo cual, no se formarán nuevos núcleos y en un estado relativamente temprano, de la polimerización, se llega a una conversión entre el 10 y 20%, después de la cual, al no formarse nuevas partículas, la polimerización continuará por crecimiento de las partículas ya formadas. Durante este primer estado la velocidad de polimerización se incrementará gradualmente.

En el segundo estado, la concentración de los monómeros, absorvidos por las partículas monómero-polímeras, permanece constante, debido al suministro constante desde las gotitas. Al no formarse nuevas partículas la velocidad de polimerización, en este estado, será casi constante. Usualmente este estado se extiende desde el 10 o 20% hasta el 50 o 60% de conversión.

En el tercer y último estado las partículas monómeras desaparecen y la polimerización continúa,

con el consiguiente decrecimiento de la concentración de los monómeros en las partículas monómero-polímeras. En este caso la reacción procede como en una solución y la velocidad de polimerización decrece conforme se incrementa la conversión. Generalmente, en los procesos comerciales, la conversión total se lleva hasta alcanzar el 60 o 65%.

7.2 CINETICA DE LA REACCION

De lo visto anteriormente se puede concluir, fácilmente, que el segundo estado es el que determina la cinética de la reacción. Partiendo de estas consideraciones Smith y Ewart han realizado interesantes estudios cinéticos (7-2) y concluyen que en el estado estacionario, en cualquier momento, el número de propagación de radicales en las partículas monómera-polímeras es igual a la mitad del número de partículas del látex. Luego, derivaron la siguiente ecuación:

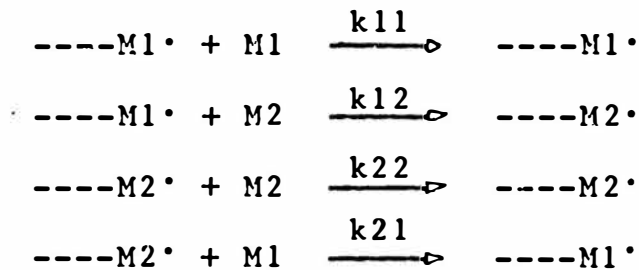
$$\frac{d((M1) + (M2))}{dt} = \frac{N}{2} \cdot V \quad (1)$$

donde: N es el número de partículas monómero-polímeras en el látex, (M1) y (M2) son las concentraciones de los dos monómeros, y V está relacionada a la concentración de los monómeros y a las constantes específicas de la

velocidad de reacción:

$$V = \frac{k_{11}.k_{22} (r_1.(M_1)^2 + 2.(M_1)(M_2) + r_2.(M_2)^2)}{k_{22}.r_1.(M_1) + k_{11}.r_2.(M_2)} \quad (2)$$

donde: k_{11} , k_{12} , k_{22} , k_{21} , r_1 , r_2 se definen como:



$$r_1 = k_{11}/k_{12} \quad \text{y} \quad r_2 = k_{22}/k_{21}$$

Como se observa la velocidad de polimerización es proporcional al número de partículas, las cuales se incrementan con las concentraciones del iniciador y del jabón. El número de partículas N , en la polimerización por emulsión, generalmente es cerca a 10^{14} por cm^3 , el cual es también del mismo orden que el número de propagación de radicales. Mientras que en la polimerización por solución y masa es generalmente de 10^{12} . Esto explica por qué el proceso en emulsión tiene una velocidad más alta que el de solución, cuando los mecanismos vinculan reacciones con radicales libres.

7.3 PESO MOLECULAR

El peso molecular del copolímero depende de la velocidad relativa de propagación y terminación, y éstas se encuentran reguladas por la acción de transferencia de cadena de un modificador (mercaptano). La efectividad del modificador está representada por un índice de regulación "R", el cual se ha definido como:

$$\frac{d(S)}{d(M)} = R \cdot \frac{(S)}{(M)} \quad (3)$$

donde: (M) y (S) son las concentraciones del monómero y del modificador respectivamente. Integrando la ecuación (3), tenemos:

$$(S) = (S_0) \cdot \exp(-RX) \quad (4)$$

donde: X es la fracción convertida y S_0 la concentración inicial del modificador. La ecuación (4) da la curva de agotamiento del modificador.

Aunque R es una constante intrínseca del modificador, depende de la temperatura, de la agitación y de la naturaleza del sistema emulsificador y activador empleados. Se ha determinado experimentalmente los valores de R para varias sustancias y se encontró que R decrece tanto como el número de carbonos se incrementa.

El peso molecular está limitado por la procesabilidad del producto, la cual está estrechamente relacionada a los grados medios de polimerización, principalmente al determinado por la viscosidad (Pv). Este último depende del grado de conversión y del índice de regulación, luego para obtener un Pv mínimo a un grado de conversión X se requiere un valor de R óptimo. Así, (7-1) :

$$X = 0.5, R \text{ opt.} = 3.5$$

$$X = 0.6, R \text{ opt.} = 2.91$$

$$X = 0.7, R \text{ opt.} = 2.5$$

En las operaciones comerciales la conversión generalmente se lleva hasta el 60% y el correspondiente valor óptimo para R es alrededor de 3. El n-dodecilmercaptano y el ter-dodecilmercaptano, bajo condiciones promedio, tienen un valor de R igual a 3.

Si se emplea cantidad insuficiente de modificador, resulta un polímero de gran peso molecular que puede contener además polímeros con enlaces cruzados o en estado de gel. Este estado puede producir composiciones con malas propiedades de elaboración y deficientes cualidades físicas, como menor resistencia al agrietamiento por la flexión. Por otra parte, si se emplea

modificador en exeso el polímero es demasiado blando y pegajoso, y posee malas propiedades físicas en el estado vulcanizado. Un buen equilibrio entre las propiedades físicas y las de elaboración se obtiene con polímeros de viscosidad 50 (Mooney).

Además de las reacciones de transferencia de cadena, los mercaptanos reaccionan con el oxígeno y con los polímeros; normalmente se consumen el 90% como modificador y el 10% por reacciones laterales(7-1). Esto es una de las razones para los distintos valores de R para un mismo mercaptano. Otra razón es su difusión, la cual es afectada por la agitación y la temperatura.

El modificador no sólo afecta el peso molecular sino también su distribución; la cual como se ha visto(item 6.5) se mide con el índice heterogéneo $IH = \frac{Mw}{Mn}$.

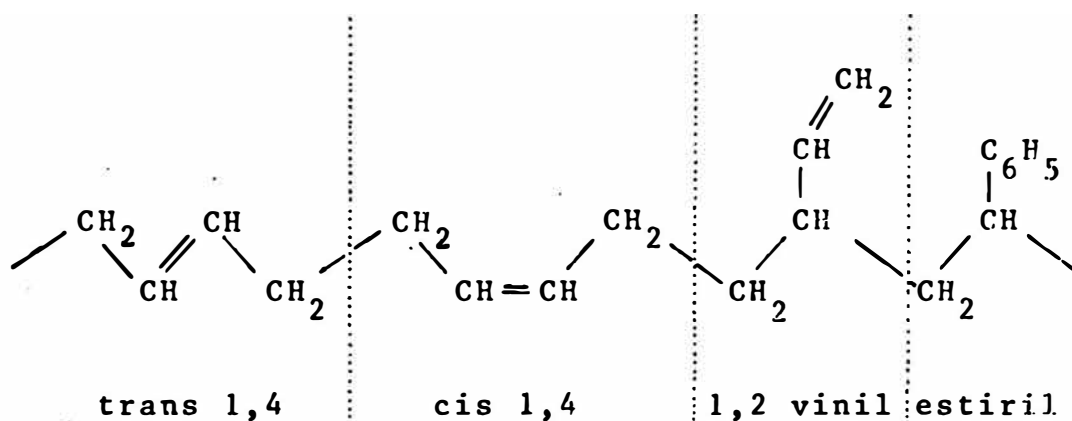
CAUCHO	Mn	Mw	IH
SBR-1006(caliente)	48	365	7.6
SBR-1500(frío)	80	320	4
SBR-1700(frío)	104	416	4

Se puede observar que el caucho procesado en caliente tiene un IH mayor que el caucho en frío, el cual tiene una mejor calidad, justamente debida a su estrecha dis-

tribución molecular.

7.4 ESTRUCTURA DEL COPOLIMERO

La polimerización puede efectuarse a través de la combinación de las cuatro unidades estructurales, abajo mostradas:



Los tres primeros corresponden al adiconamiento del butadieno, que puede ser en las posiciones 1,2 y 1,4 ; e inclusive esta última presenta isomería cis-trans. Experimentalmente se ha encontrado que el contenido de trans cis y vinyl depende, principalmente, de la temperatura de polimerización(7-1).

TEMPERATURA DE POLIMERIZACION (°C)	% DE DISTRIBUICION		
	TRANS	CIS	VINIL
-18	73.4	4.6	22.0
-10	71.8	6.5	21.7
5	68.6	8.0	23.4
20	65.8	10.3	23.9
50	58.2	14.9	26.9

La estructura final del copolímero es muy complicada y en lugar de tener una larga molécula filiforme, tiene un conjunto de eslabones más o menos largos, las cuales presentan ramificaciones y cadenas laterales entrecruzadas. Estas últimas son las que conducen a la formación de "gel". Generalmente las conversiones sobre el 60% están sujetas a causar la formación de gel. Los inconvenientes de éste son debidas a las dificultades en el molido y a la disminución de la fuerza de tensión de los productos.

7.5 DESCRIPCION DEL PROCESO

Las principales tecnologías para producir el caucho SBR en emulsión son actualmente: Goodyear, Goodrich, Polysar y la de Japan Synthetic Rubber (cuya tecnología es una derivación de la de Goodyear). El cuadro siguiente muestra el número de plantas que usan estas tecnologías.

CUADRO 7-1

Productores de SBR-Emulsión

TECNOLOGIA	Nº	TAMAÑO M. de Ton	DUEÑO	LOCALIZACION
J.S.R.	1	255	J.S.R.	Japón
	1	80	J.S.R.	"
	1	25	K.S.R	Korea
	1	40	IJPC.	Iran
Polysar	1	140	Polysar	Canadá
	1	35	Sinthetic Rubber	S. Africa
	1	44	Hules Mexicanos	México
	1	80	Polysar Francia	Francia
	1	50	Sumimoto Ch. Co.	Japón
	1	32	Petkim Kaucuk	Turquía
Goodrich	>4			
Goodyear	>10			

Fundamentalmente las tecnologías no difieren entre sí y el proceso que se describirá a continuación está basado en un reporte publicado por la US Rubber Producing Facilities Disposal Commission y de las últimas informaciones de los periódicos comerciales y patentes, recopilados por el Stanford Research Institute (7-1).

En la producción del caucho SBR se emplean una serie de reactivos químicos que conforman una "receta".

Las propiedades finales del caucho bruto están directamente relacionadas con la proporción de los reactivos químicos en la receta. Básicamente, se trata de obtener un caucho con una viscosidad Mooney de aproximadamente 50 y un contenido de 76.6% de butadieno y 23.4% de estireno, de la composición del copolímero.

Para facilidad de la descripción del proceso, se ha dividido en 5 secciones de acuerdo al desarrollo del mismo (Ver esquema).

7.5.1 Sección de preparación de monómeros y reactivos químicos

El butadieno y estireno usados tienen una pureza del 99.3% y 99.75%, respectivamente.

El butadieno fresco es mezclado con el reciclado, que proviene de la sección de recuperación, y puestos en contacto con una solución caústica para eliminarle el inhibidor, luego de lo cual es separada en un decantador. El butadieno extraído de éste es lavado con agua, y estando libre de inhibidor, es bombeado a presión y enfriado a 5°C para ser transferido a los reactores a través de un régimen de control.

El sistema emulsificador está compuesto

generalmente por:

a) Una mezcla de jabones de ácidos grasos, casi siempre esteáricos o palmiticos, y jabones de resinas desproporcionadas (obtenido por la hidrogenación del ácido abiético). Los ácidos grasos de cadena larga se prefieren a los de cadena corta debido a su baja concentración "micel crítica". Los jabones de resinas desproporcionadas se prefieren debido a su bajo costo, a los efectos benéficos de las resinas sobre las propiedades de procesamiento del elastómero y a que son casi tan efectivos como el de ácidos grasos.

b) Un agente sintético de superficie activa (emulsificador secundario). Sirven para estabilizar el látex y hacer partículas más grandes, aunque tienen el inconveniente de retardar la reacción y tienden a formar coágulos. Generalmente se usa un sulfonato.

c) Un electrolito, como el cloruro de potasio o fosfatos alcalinos, que actúa para prevenir la formación de gel y para mantener el látex en condiciones móviles.

d) Hidróxido de sodio o potasio y agua des-ionizada; para la formación de la solución emulsificante (jabón).

El sistema emulsificador se prepara en un tanque con agi

tación y luego de ser enfriado (5°C) se une a la corriente del sistema reductor.

El sistema reductor está conformado por una sal ferrosa como reductor inicial y el EDTA como agente acomplejante para limitar la concentración de iones libres (buffer). En muchas recetas se utiliza un agente reductor auxiliar, generalmente el Sulfoxilato formaldehida de Sodio, que sirve para aumentar la velocidad de reacción. Este sistema, que se encuentra en solución acuosa, se une a la corriente fría del sistema emulsificador.

El estireno fresco se mezcla con el reciclo de planta y la mayor parte se enfría y se une a la solución fría anterior. La diferencia, se utiliza para disolver, separadamente, el modificador y el agente oxidante. El modificador más usado es el ter-dodecilmercaptano, el cual, interviene en la reacción como regulador de la longitud de cadena polímera. Como agente oxidante se utiliza un hidroperóxido, generalmente, el hidroperóxido de paramentano. Finalmente las corrientes se unen en la línea antes de entrar al primer reactor.

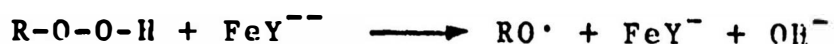
Todos los tanques de alimentación y tanques de preparación deben mantenerse libres de oxígeno

por una purga con gas inerte (Nitrógeno). Asimismo la agitación debe ser suave para evitar "vórtices", las cuales atraerían aire. El oxígeno bajo condiciones ordinarias inhibiría la reacción, por lo cual se toman especial las precauciones para excluirlo.

7.5.2 Sección de polimerización

La reacción se lleva a cabo a través de varios reactores instalados en serie, generalmente de 8 a 10 reactores, que son de acero al carbono o acero inoxidable, con paredes interiores revestidas con vidrio. Cada uno tiene un agitador de paletas inclinadas y el calor de reacción (ΔH aprox. -310 Kcal/Kgr. de SBR) y de agitación, son removidos por agua que circula a través de una chaqueta exterior y por un refrigerante (salmuera o amoniaco) que fluye a través de un serpentín interior. Este se ha desarrollado últimamente debido al aumento considerable en la velocidad de reacción, en las recetas que usan el SFS. La temperatura en el reactor es mantenida fácilmente a 5°C, por el sistema de enfriamiento descrito.

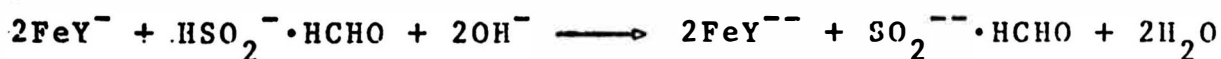
La reacción se inicia por la oxidación del ión ferroso (Que forma un complejo con el EDTA) a ión férrico, debido a la acción del hidroperóxido.



los radicales libres así formados, inician la polimerización.



Con el objeto de usar una menor cantidad de fierro (impureza metálica), se usa el agente reductor auxiliar (SFS) el que tiene el efecto de reducir nuevamente el ión férrico a ión ferroso, lo cual se traduce en un aumento de material para una mayor formación de radicales libres. Esta es la razón por lo que usando el SFS se amenta considerablemente la velocidad de reacción.



Aunque el grado de polimerización se basa principalmente en el grado de conversión, la variable más importante es la acción de transferencia de cadena de un modificador (Ter-dodecilmercaptano).



El efecto principal de la transferencia de cadena es la terminación de una cadena en crecimiento y la formación

de una nueva cadena. La limitación se debe a la polimerización sobre el doble enlace de una cadena terminada, lo que conduce a la formación de moléculas ramificadas. Esto tiene un efecto marcado sobre la distribución del peso molecular.

La duración de la reacción es variable, en el rango de 7 a 10 horas, dependiendo del tipo de producto deseado. Normalmente la polimerización se lleva a cabo hasta el 60 - 65% y se controla por la medida de la densidad del látex del último reactor.

El látex que sale del último reactor se pasa a través de un reactor tubular, donde se termina la reacción por la adición continua del "paralizador". El punto donde debe agregarse es automáticamente controlado por la densidad de la corriente polimerizada. El uso del paralizador asegura la uniformidad en la calidad del producto; generalmente, para procesos en frío, se usa una solución acuosa de dimetilditiocarbamato de sodio el cual es muy efectivo en la finalización de los radicales y la destrucción de los peróxidos a la baja temperatura requerida. Con el carbamato se agregan también polisulfuro de sodio e hidrazina las cuales actúan conjuntamente con éste, asimismo el empleo de la hidrazina reduce la formación de "popcorn". Esta es una forma

molesta de polimerización que se produce cuando precipitan nódulos insolubles y duros de polímeros entrecruzados, generalmente en sistemas que contienen monómeros diénicos. Una vez formado un polímero "popcorn" puede proliferar rápidamente hasta agotar el suministro de monómero. Ello ha sido causa seria de obstrucción en las tuberías (7-6).

7.5.3 Sección de recuperación de monómeros

La corriente paralizada, es un látex que contiene monómeros no convertidos, se descarga al primero de cuatro recipientes de purga donde a la vez se inyecta vapor de alta presión para aumentar la temperatura. En estas condiciones una parte de butadieno, no convertido, es vaporizado.

El látex remanente se pasa a través de dos etapas de vaporización flash, la primera a 2psig. y la segunda a un vacío de 190 mm de Hg (absoluto). Todo el butadieno recuperado es condensado en un compresor, enfriado y decantado para extraerle el agua. Se le añade una pequeña cantidad de inhibidor (ter-butilcatecol) y así la corriente obtenida debe contener, aproximadamente, un 95% de 1,3 butadieno, 4% de butenos y 1% de otras impurezas (7-1).

Es muy importante el efecto de las impurezas del butadieno en la polimerización. Aunque un gran número de éstas, que se presentan en menor porcentaje, no tienen ningún efecto. Los butenos y los pentenos de cadena corta causan algo de retardo en la polimerización, si están presentes en cantidades del 1%, pero a elevados porcentajes causan un marcado decremento en la conversión. Los dímeros del butadieno, además de retardar la velocidad de reacción, son una de las causas del entrecruzamiento.

Aproximadamente dos terceras parte del butadieno recuperado son reciclados para el mezclado con butadieno fresco, la diferencia es enviada a una planta de purificación. Aunque es posible incrementar el reciclaje, bajando de este modo la cantidad de butadieno que debe ser purificado, esto conduciría a una disminución en la velocidad de reacción. En nuestro caso, esto último no sería necesario debido a la existencia de un sistema de purificación del butadieno en la planta de olefinas del "complejo".

El látex despojado de butadieno es descargado en la parte superior de una columna de platos, a un vacío absoluto de 80 mm de Hg., para extraerle el estireno. Por la parte inferior de la columna se inyecta

vapor, por la mitad se añade el desespumante (aceite de silicona) y por el tope una pequeña cantidad de alcohol estearílico para minimizar la formación de "preflocs" (coagulación prematura del látex), lo cual causaría un mayor costo y tiempo en la limpieza de la columna.

La mezcla de estireno recuperado y vapor se extraen por el tope y son enfriados y decantados para separarle el agua. El estireno recuperado tiene una pureza de cerca del 97.5%, el resto es etilbenceno y otros (7-1). Aquí también debe añadirse ter-butilcatecol como inhibidor, para evitar la autopolimerización. La mayor parte del estireno recuperado es reciclado (generalmente 9/10), debido a que la mayor impureza presente, etilbenceno, no tiene efectos sobre la polimerización. Al igual que el butadieno es posible incrementar la cantidad de reciclado, pero con un sacrificio de la pureza en la carga a los reactores.

El látex despojado que se extrae por el fondo de la columna es enfriado y almacenado en tanques con agitación, donde se comprueba que el producto cumple con las especificaciones solicitadas. En caso contrario se almacena separadamente para regresar al proceso en forma muy dosificada, asegurando la calidad uniforme de la producción. Estas cantidades se estima sean

muy bajas. El látex certificado es bombeado a la sección de coagulación.

7.5.4 Sección de mezcla y coagulación

En el tanque principal de mezcla se agrega el estabilizador. En éste también se agregan los aceites de extensión para los casos en que se produzcan los cauchos extendidos en aceite y/o negro de humo para los "masterbach".

El uso de un estabilizador es muy importante debido a que el SBR es bastante susceptible a una dégradación oxidativa. En el caso de los cauchos no extendidos en aceite la degradación causa un endurecimiento debido al entrecruzamiento y a los extendidos en aceite, un suavisamiento debido al corte de cadenas. Los estabilizadores actúan probablemente (7-6) a través del quelamiento de los compuestos metálicos nocivos (los cuales catalizan la oxidación del SBR). Los estabilizadores que se usan son fenoles sustituidos y aminas sustituidas, según se requiere un caucho "manchado" o "no-manchado". El estabilizador manchante más común es la N-fenil-p-naftilamina y los no-manchantes más efectivos son el fosfito de tri-nonylphenil y la acetona-difenilamina.

El látex del tanque principal de mezcla en una primera etapa es coagulado parcialmente (cremado) por una salmuera y en una etapa posterior es coagulado totalmente en un tanque con agitación por el ácido sulfúrico.

Aunque se conocen un gran número de coagulantes, el sistema mencionado es comúnmente el más usado. El cloruro de sodio actúa como un coagulante moderado, cremando al látex, uniendo las partículas a tamaños más grandes que 5 a 10 micrones. El ácido sulfúrico coagula totalmente al látex rompiendo las envolturas protectoras de moléculas de jabón, las cuales mantenían una emulsión estable. (regenerándose los ácidos grasos o resinas). De esta manera se forman pequeñas migas de caucho que se encuentran sueltas y que tienen un tamaño deseado. Cabe señalar que el ácido sulfúrico debe ser usado con una vigorosa agitación y que un exceso de cloruro de sodio podría desbaratar la estabilidad del producto.

La corriente fluye sobre un cernidor de humedad, donde las migas de caucho son separadas del "sue-ro". Este aún contiene pequeños grumos de caucho y es enviado a un sistema de tanques de recuperación del caucho, donde además se evita que el agua de desecho contenga partículas mayores de 0.03 pulgadas. Los grumos recu

perados junto con parte del suero son enviados a un tanque de coagulación y vertidos nuevamente al tanque de coagulación con ácido sulfúrico, cumpliendo además la función de diluir la concentración de grumos en dicho tanque.

Las migas separadas por el escurrimiento en el cernidor son lavadas con agua en un tanque con agitación para extraerles las sales residuales, provenientes de la polimerización, resultando así un producto más estable y menos corrosivo.

Las migas lavadas se pasan a través de un segundo cernidor, donde salen con un 50% de contenido de agua y van hacia la sección de secado y acabado.

7.5.5 Sección de secado y acabado

Las migas de la sección anterior pasan a través de un expulsor de agua, de donde sale con un contenido del 10% de agua.

En la última etapa de secado las migas pasan a través de un secador por expansión, en el que se comprime el caucho en un cilindro enchaquetado horizontal (aproximadamente a 360°F), al final del cual el producto es enfriado con aire caliente (170°F) para pre

venir la condensación del vapor. El caucho secado contiene menos del 0.5% de agua y se eleva en una forma expandida para su posterior pesado.

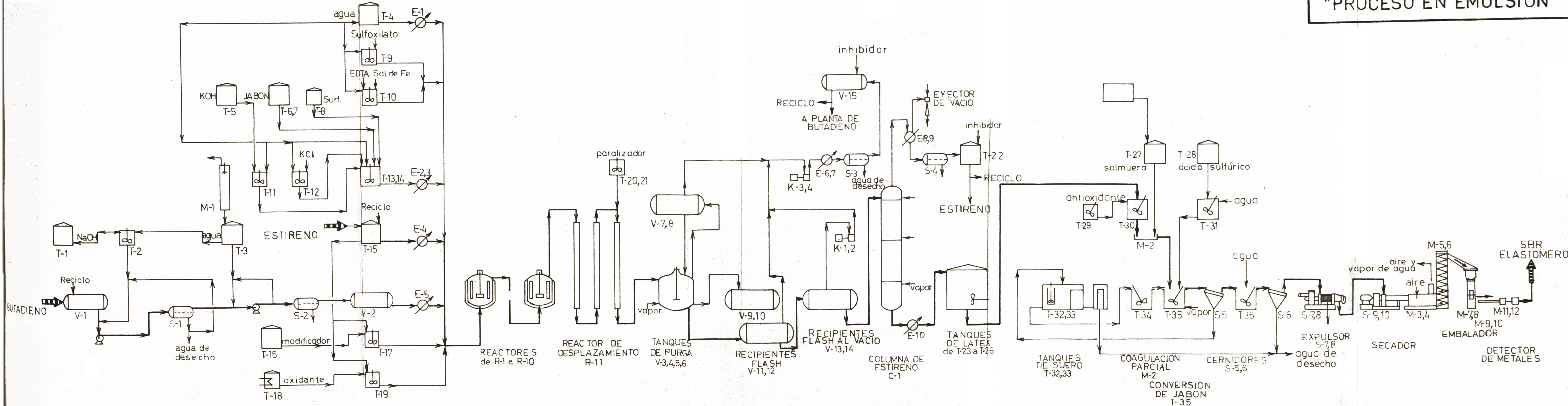
Una vez pesado, es embalado automáticamente en fardos de 30 a 40 Kg. Los fardos se pasan a través de un detector de metales sobre una correa transportadora, espolvoreado con talco y finalmente son recubiertos automáticamente por una película plástica, para su posterior almacenamiento.

El producto final contiene aproximadamente:

Copolímero	92.0%
Acidos orgánicos	5.5
Otras mat. orgánicas	1.6
Cenizas (sales inorgánicas)	0.6
Agua	0.3
	100.0%

Partiendo de una misma cantidad de copolímeros, en el caso de producir cauchos extendidos en aceite (ver ítem 6.3.3), la cantidad de producto final se incrementará de 30 a 40%, suponiendo que es la cantidad de aceite usado para la extensión. Por lo tanto es deseable una planta que tenga este exceso de capacidad, tanto en la sección de coagulación como en la de secado y acabado. Asimismo

OBTENCION DE CAUCHO ESTIRENO - BUTADIENO "PROCESO EN EMULSION"



se requiere de tanques extra, para el almacenamiento del aceite y otros para la emulsión del mismo.

Para el caso en que se requiera producir "masterbatch" con negro de humo, se necesita de un equipo especial para preparar el "agua pastosa" de negro de humo, el cual no será detallado por no haber sido considerada su producción.

7.6 PROGRAMA DE PRODUCCION

La planta de SBR para cumplir, principalmente, con nuestra participación en la demanda del GRAN debe producir los tres tipos de caucho SBR: SBR 1502, SBR 1712 y SBR 1778; cuyo consumo se produce en los siguientes porcentajes: 26%, 62% y 12% respectivamente (7-7). La capacidad de la planta, determinada anteriormente, es de 40,000 T/A.

Considerando los inconvenientes propios del inicio de una nueva planta, como son: imprevistos técnicos, reacción del usuario ante el nuevo producto y demora en la aceptación del mismo; se ha estimado que empezaremos la producción a una capacidad inferior. De tal manera que satisfaga completamente el porcentaje asignado de la demanda del GRAN y que además permita la

exportación del producto a la costa oeste de los EEUU, en una cantidad fija (cuadro 9-1). Por otro lado, hemos estimado que no cubriremos más del 35% de la demanda en el mercado chileno. De esta manera se ha elaborado el cuadro que se muestra a continuación.

CUADRO 7-2

Programa de producción
(en toneladas)

AÑO	% DE CAP.	PRODUCCION DE SBR	SBR 1502	SBR 1712	SBR 1778
1	85	34,000	8,840	21,080	4,030
2	85	34,000	8,840	21,080	4,030
3	90	36,000	9,360	22,320	4,320
4	95	38,000	9,880	23,560	4,560
5	100	40,000	10,400	24,800	4,800
6	100	40,000	10,400	24,800	4,800
7	100	40,000	10,400	24,800	4,800
8	100	40,000	10,400	24,800	4,800
9	100	40,000	10,400	24,800	4,800
10	100	40,000	10,400	24,800	4,800

También es importante mencionar, que en general, estas plantas pueden bajar su flujo de producción horaria hasta un 50-55% de su capacidad de diseño, lo cual le da una razonable flexibilidad operativa. Para los cálculos posteriores, se debe tener en cuenta que

la planta operará 8,000 horas al año (333 días), típico para plantas petroquímicas, de esta manera se dispone de 760 horas (32 días) para las paradas anuales de mantenimiento.

Aunque las consideraciones económicas posteriores analizarán el programa establecido, técnicamente sí será posible cumplir con éste, e inclusive considerar un programa estricto de mantenimiento.

7.7 REQUERIMIENTOS DEL PROCESO

El proceso de SBR en emulsión requiere de los insumos que a continuación se detallan.

7.7.1 Materias primas, productos químicos y aceites

Los consumos unitarios típicos(7-8) para el proceso en emulsión se muestran en el cuadro 7-3.

CUADRO 7-3

Consumos unitarios
(Ton/Ton de SBR bruto)

TIPO DE SBR	BUTADIENO	ESTIRENO	ACEITES	PROD. QUIM.
1502	0.780	0.250	---	0.310
1778	0.560	0.174	0.280	0.230
1712	0.560	0.174	0.290	0.233
PROM. UNITARIO ANUAL	0.617	0.185		

CUADRO 7-4

Balance de materias
(en Toneladas)

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PRODUCCION	34,000	34,000	36,000	38,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	36,667
MONOMEROS										
Estireno 0.185 Ton/Ton SBR	6,290	6,290	6,660	7,030	7,400	7,400	7,400	7,400	7,400	6,783
Butadieno 0.617 Ton/Ton SBR	20,978	20,978	22,212	23,446	24,680	24,680	24,680	24,680	24,680	22,623
ACEITES										
Nafténico (1778)	1,142	1,142	1,210	1,277	1,344	1,344	1,344	1,344	1,344	1,232
Aromático (1712)	6,113	6,113	6,473	6,832	7,192	7,192	7,192	7,192	7,192	6,593
PRODUCTOS QUIMICOS										
Para el 1502	2,740	2,740	2,902	3,063	3,224	3,224	3,224	3,224	3,224	2,955
" " 1778	938	938	994	1,049	1,104	1,104	1,104	1,104	1,104	1,012
" " 1712	4,912	4,912	5,201	5,489	5,778	5,778	5,778	5,778	5,778	5,297

Las especificaciones requeridas en el proceso, para cada uno de los insumos señalados, se han descrito en el capítulo anterior.

En el cuadro 7-4 se muestra el balance de materias para 10 años de operación.

7.7.2 Servicios industriales

Los servicios industriales requeridos por el proceso en emulsión son los siguientes(7-8);

A) Vapor de alta y baja presión

La presión de alimentación debe ser del orden de 165 y 15 psig respectivamente, sobrecalentado en aproximadamente 250 y 180°C, deben estar libres de impurezas que podrían afectar al producto.

B) Agua de proceso

Se debe suministrar a una presión de 45-60 psig, a temperatura ambiente y debe ser limpia(des-ionizada).

C) Agua de enfriamiento

Se debe suministrar en un rango de 75-90 psig y debe ser tratada para preveer depósitos o encalichamiento en los intercambiadores de calor.

D) Aire

La presión a CN debe ser aproximadamente 105 psig, debiendo en forma estricta estar libres de aceites y materias extrañas (punto de rocío -25°C).

E) Nitrógeno

La presión a CN debe estar en el rango de 30 psig, de pureza del 99% y libre de aceites, oxígeno u óxidos de nitrógeno.

F) Electricidad

El mayor gasto de este servicio se da en los motores de los principales equipos. Las características generales son:

Voltaje 400 a 600 v

Frecuencia..... 50 a 60 Hz

Fases..... 3

Los instrumentos, luces y motores pequeños requieren:

Voltaje 100 a 200 v

Frecuencia..... 50 a 60 Hz

Fases 1

En el cuadro 7-5 se muestran los consumos unitarios de estos servicios para el proceso en emulsión (7-8).

CUADRO 7-5

Consumo de servicios industriales

SERVICIO	CONSUMO UNITARIO POR TON DE SBR	CONSUMO ANUAL
Vapor de alta	0.82 Ton	32,800 Ton
Vapor de baja	2.41 Ton	96,400 Ton
Vapor total	3.23 Ton	129,200 Ton
Agua de proceso	19.8 m ³	792,000 m ³
Agua de enfriamiento	230.8 m ³	9'232,000 m ³
Aire (a CN)	225. m ³	9'000,000 m ³
Nitrógeno(a CN)	4.5 m ³	180,000 m ³
Electricidad	524 Kw-hr	20'960,000 K-h

7.7.3 Mano de obra

El personal requerido para una planta de caucho SBR (7-8) se muestra en el cuadro 7-6; donde se agrupan en los tres sectores principales: Producción, Mantenimiento y Administrativo. Se ha considerado que operará en tres turnos de 8 horas c/u y cuatro los trabajadores que rotarán en estos. El personal ha sido calificado de acuerdo a las funciones que desempeñan en 4 categorías. Del cuadro se observa que se emplearán 143 personas, siendo la planta altamente automatizada.

CUADRO 7-6

Requerimiento de personal

	CATEG.	DIA	EN TURNOS	
			c/Turno	Total
PERSONAL DE PRODUCCION				
Superintendente de prod.	A	1	-	-
Secretaria	D	1	-	-
Jefe de producción	B	1	-	-
Jefes de turno	C	-	1	4
Operadores:				
Sec. T. de monómeros	D	-	1	4
Sec. Prep. de reactivos	D	-	1	4
Sec. Polimerización	D	-	1	4
Sec. Recup. de monómeros	D	-	2	8
Coagulación de látex	D	-	2	8
Sec. secado y acabado	D	-	4	16
Sec. refrigeración	D	-	1	4
Op. para cubrir vacaciones	D	-	-	6
SUB TOTAL		3		58
PERSONAL DE MANTENIMIENTO				
Superintendente de mant.	A	1	-	-
Secretaria	D	1	-	-
Ingeniero de mant.	B	1	-	-
Jefe de mant. mecánico	B	1	-	-
Mecánicos	C	11	-	-
Mecánicos de turno	D	-	2	8
Jefe de mant. eléctrico	B	1	-	-
Técnico electricista	C	1	-	-
Electricista de turno	D	-	1	4
Ingeniero de instrumentos	B	1	-	-
Técnico de instrumentos	C	1	-	-
Mecánico de instrumen.	D	-	1	4
Mec. para cubrir vacaciones	D	-	-	3
SUB TOTAL		19		19

	CATEG.	DIA	EN TURNOS	
			c/Turno	Total
PERSONAL ADMINISTRATIVO				
Gerente de planta	A	1	-	-
Secretaria	D	1	-	-
Gerente Administrativo	A	1	-	-
Secretaria	D	1	-	-
Jefe de programación	B	1	-	-
Secretaria de prod.	D	1	-	-
Almaceneros	D	2	-	-
Superintendente técnico	A	1	-	-
Secretarias	D	2	-	-
Ingeniero de procesos	B	1	-	-
Químico jefe	B	1	-	-
Supervisor laboratorio	C	1	-	-
Técnicos laboratoristas	D	-	3	12
Gerente de personal	A	1	-	-
Secretaria	D	1	-	-
Supervisor de seguridad	C	1	-	-
Guardia de seguridad	D	-	1	4
Gerente de finanzas	A	1	-	-
Secretarias	D	2	-	-
Agente de compras	C	1	-	-
Gerente de ventas	A	1	-	-
Secretarias	D	2	-	-
Empleadas	D	2	-	-
Personal para cubrir vaca.	D	-	-	2
SUB TOTAL		26		18
TOTAL		48		95
PERSONAL TOTAL 143				

7.7.4 Equipo

Como se ha visto los reactores deben estar recubiertos con vidrio y con un sistema especial de enfriamiento. El casco de la columna y todos los tanques y recipientes en contacto con el látex deben ser hechos de acero inoxidable. Todo el equipo para la preparación de los materiales de carga son de acero al carbono, excepto para las soluciones ácidas e hidróperóxido en las que se emplea acero inoxidable.

A continuación se da una lista del equipo necesario para la producción del caucho SBR-emulsión, tomando como base el proceso publicado por la US Rubber Producing Facilities Disposal Commission (7-1).

CUADRO 7-7

Equipo típico de una planta de SBR-emulsión

INTERCAMBIADORES

E-1	Enfriador de agua
E-2,3	Enfriador del emulsificante
E-4	Enfriador del estireno
E-5	Enfriador del butadieno
E-6,7	Condensador de butadieno
E-8,9	Condensador de estireno
E-10	Enfriador de látex

COLUMNAS

C-1	De recuperación de estireno
-----	-----------------------------

TANQUES

T-1	.....	Soda cáustica
T-2	.....	Soda diluida
T-3	.....	Agua de-aereada
T-4	.....	Agua des-ionizada
T-5	.....	Potasa cáustica
T-6,7	.....	Jabón
T-8	.....	Dispersante
T-9	.....	Para disolver el sulfoxilato
T-10	.....	Para disolver la sal de Fe
T-11	.....	Dilusión de KOH
T-12	.....	Para disolver el KCL
T-13,14	.....	Para preparar el emulsificante
T-15	.....	Estireno de carga
T-16	.....	Mercaptano
T-18	.....	Hidroperóxido
T-19	.....	Para disolver el hidroperóxido
T-20,21	.....	Paralizador
T-22	.....	Estireno
T-23,24,25,26	..	Mezclado y almac. de látex
T-27	.....	Salmuera
T-28	.....	Acido sulfúrico
T-29	.....	Para disolver el estabilizador
T-30	.....	Tanque principal de mezcla
T-31	.....	Acido sulfúrico diluido
T-34	.....	De coagulación
T-35	.....	Conversión de jabón
T-36	.....	Lavado
T-37,38	.....	Aceites de extensión
T-39	.....	Para preparar la emulsión de aceites

TANQUES A PRESION

V-1	.....	Butadieno
V-2	.....	Butadieno
V-3,4,5,6	.....	Purga de butadieno
V-7,8	.....	Para abatir la espuma
V-9,10	.....	Productos fuera de especificación
V-11,12	.....	Evaporador "flash"
V-13,14	.....	Evaporador "flash" al vacío
V-15	.....	Butadieno

SEPARADORES

S-1,2,3	.....	Decantadores de butadieno
S-4	.....	Decantador de estireno
T-32,33	.....	Sedimentador de suero
S-5,6	.....	Cernidor de humedad

- S-7,8 Expulsor de agua
- S-9,10 Secador por expansión

REACTORES

- R-1 a R-10 De polimerización
- R-11 Tubular de desplazamiento

BOMBAS Y COMPRESORES

- K-1,2 Bombas de vacío
- K3,4 Compresor de butadieno
- B-1 a B-54 De proceso (16 auxiliares)

OTROS

- M-1 De-aerador
- M-2 Batea de coagulación parcial
- M-3,4 Cámara de descarga y transportador
- M-5,6 Elevador
- M-7,8 Embaladora a presión
- M-9,10 Detector de metales y faja
- M-11,12 Máquina de empaque fílmico

7.8 DISPOSICIÓN DE PLANTA "LAY OUT"

El área total requerida es de aproximadamente 60,000 M² (7-8), que incluye superficies para maquinaria y equipos, edificios administrativos y de almacenamiento, para futuras expansiones, etc. Las superficies requeridas para las principales áreas de la planta son las siguientes:

AREA DE	M ²
Preparación de monómeros	2,000
" " reactivos químicos	2,000
Almacenamiento de materias primas	1,800
" " reactivos químicos	900

AREA DE	M ²
Almacén de repuestos	900
Zona de polimerización	2,000
" " refrigeración	400
Laboratorio de control de calidad	200
Cuarto de control	150
Talleres de instr. elec. y mant.	525
Edificio administrativo	5,000
Recuperación de monómeros	2,000
Secado y acabado	4,500
Preparación de salmuera	1,500
Servicios industriales	1,000
Coagulación	1,600
Almacenamiento	1,600
Prod. terminados y plat. de descarga	5,500
	<u>33,575</u>

No se incluye en la superficie para servicios industriales, plantas de servicio de vapor, electricidad y agua; pero sí es prevista un área para algunos equipos necesarios para su distribución.

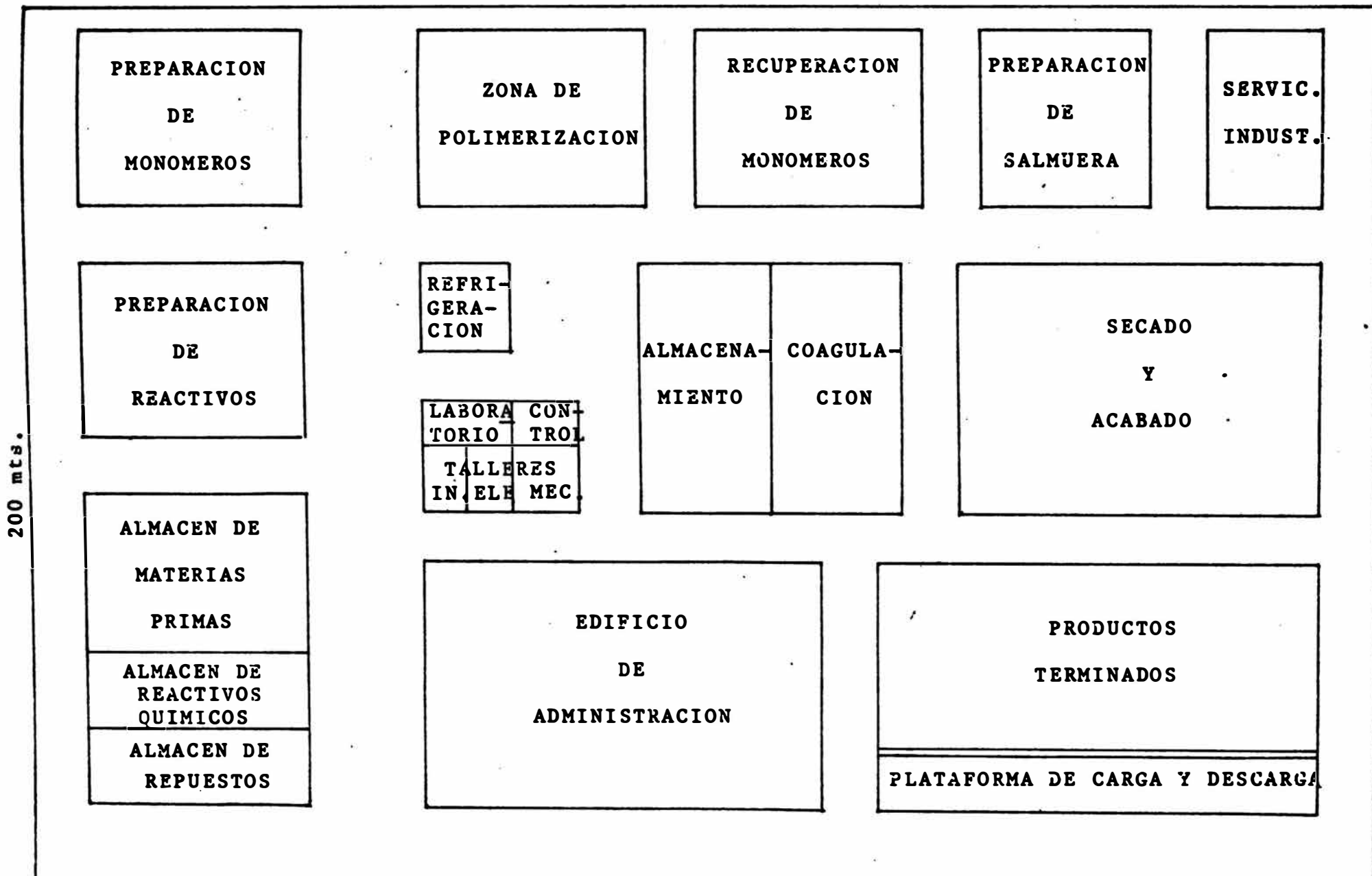
La planta estará diseñada de manera que la disposición de los equipos y edificios permita la máxima flexibilidad y funcionalidad de las operaciones de la planta. El cuadro 7-8 muestra el croquis simplificado de la planta.

7.9 PLANIFICACION Y EJECUCION DEL PROYECTO

En el cuadro 7-9 se muestra el cronograma de planificación y ejecución del proyecto. La duración total de estas actividades es de 40 meses. Las ac

CUADRO 7-8

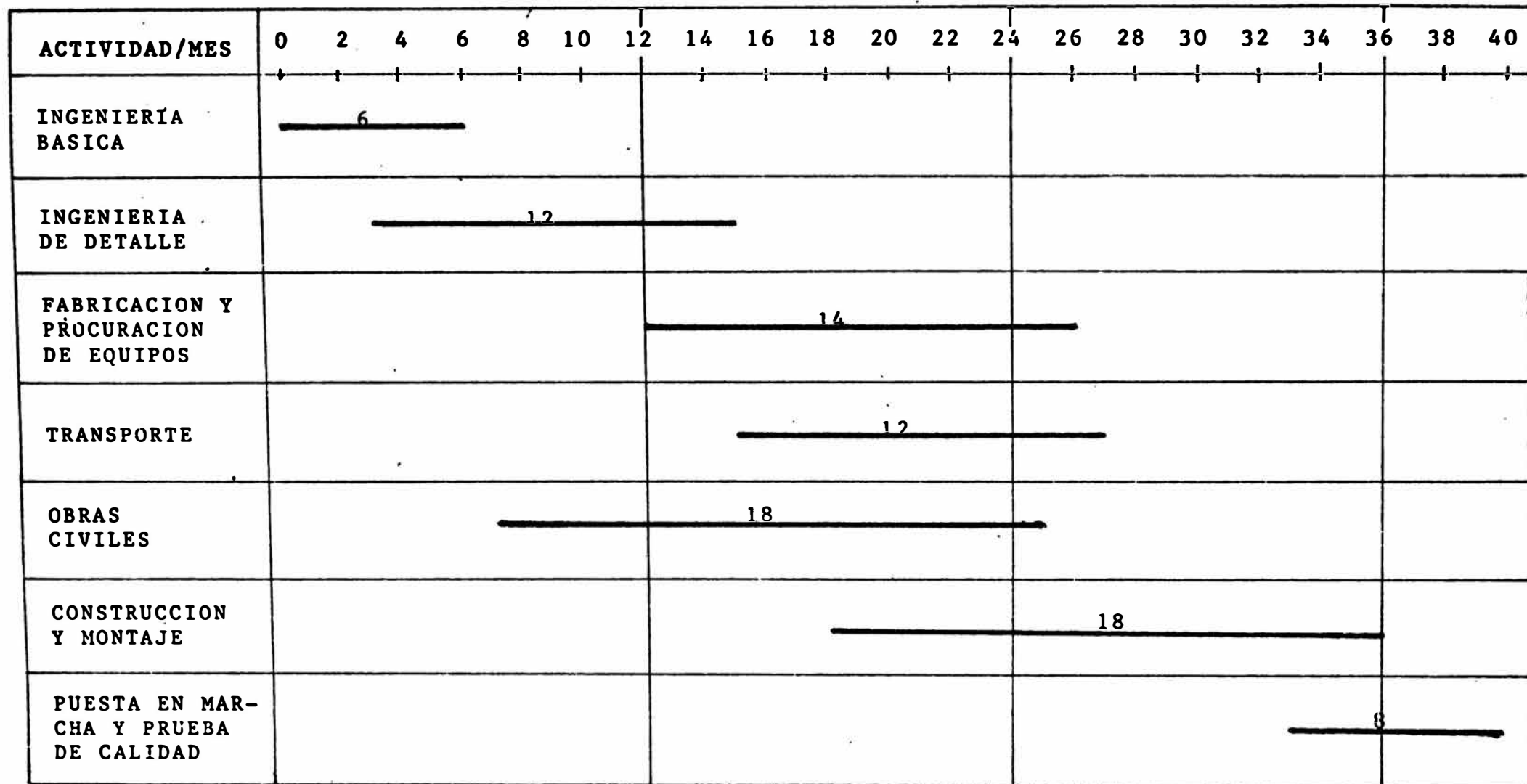
Disposición de planta



200 mts.

CUADRO 7-9

Cronograma de planificación y ejecución del proyecto



214

tividades consideradas son(7-9):

7.9.1 Ingeniería básica (inicio 1^{er} mes)

Esta actividad se desarrollará en 6 meses y comprende los cálculos de ingeniería química que permiten definir las características, dimensiones y ubicación básica de los equipos y accesorios de la planta. Además, la determinación de los balances de materia y energía, los diagramas de redes de tuberías, instrumentación y el plano detallado de la disposición interna de la planta.

7.9.2 Ingeniería de detalle (inicio 3^{er} mes)

Se ha estimado que se desarrollará en 12 meses. Aquí se realizan los cálculos de ingeniería mecánica, electro-instrumental y civil con los cuales se elaborarán los planos definitivos para la construcción y montaje de la planta.

7.9.3 Fabricación y procuración de equipos

Comprende la selección de firmas y la suscripción de contratos de fabricación, compra e inspección de los equipos y maquinarias. Su inicio será 3

meses antes de la finalización de la ingeniería de detalle y se estima que se desarrolle en 14 meses.

7.9.4 Transporte

Involucra el despacho, tráfico hasta Puerto Peruano, desembarco y transporte al sitio de los equipos y maquinarias. Se considera un periodo total de 12 meses que comenzará 3 meses después de iniciada la fabricación de equipos, debido a que existen algunos equipos en el mercado.

7.9.5 Obras civiles

Comprende la preparación del terreno, construcción de cimientos, edificación e instalación de redes de agua y desagüe. Su duración se estima en 18 meses y su inicio a partir del 4^{to} mes de iniciada la ingeniería de detalle.

7.9.6 Construcción y montaje

Comprende la instalación y acoplamiento de equipos y maquinarias, el tendido de las tuberías de conexiones, instalación de instrumentos, redes eléctricas y puesta a punto para el arranque. Se prevee un pe-

riodo de 18 meses contados a partir del 3^{er} mes de la llegada del equipo.

7.9.7 Prueba y puesta en marcha

Para la "prueba en seco", arranque de planta, se ha considerado un periodo de 3 meses y para la prueba de operación 3 meses adicionales. Además se considera 1 mes para chequeos de control de productos. A partir de esta fecha se prevee el inicio de la operación normal de la planta.

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 7

- (7-1) **Process Economic Program**
Chapter : SBR Rubber
Stanford Research Institute - California.
- (7-2) **Chemical Tecnology Encyclopedia**
Kirt Ohmer
Tomo III, Pg. 906
- (7-3) **Rubber Tecnology**
Maurice Morton
Cap. 7
- (7-4) **Sintetic Rubber**
S.A. Miller
Chemical Process Eng. - Set. 1971
- (7-5) **Fundamentos de ciencia y tecnología del caucho**
Jean Le Bras
- (7-6) **Ciencia de los polímeros**
Fred W. Billmeyer, Jr.
Editorial Reverté S.A. - 1975
- (7-7) **De las polizas de Aduana**
División Química y Petroquímica - InduPerú.

(7-8) Informes de Propuestas

División Química y Petroquímica - InduPerú.

**(7-9) Estudio de Factibilidad del Proyecto de Acriloni
trilo**

División Química y Petroquímica - InduPerú.

CAPITULO 8

INVERSION Y FINANCIAMIENTO

- 8.1 Inversión fija
- 8.2 Gastos pre-operativos
- 8.3 Capital de trabajo
- 8.4 Calendario de inversiones
- 8.5 Financiamiento
- 8.6 Calendario de aportes y prestamos
- 8.7 Servicio de la deuda.

8.- INVERSION

En este capítulo se estimará el costo de la inversión total que acarrea la producción de Caucho SBR, para una planta de 40,000 T/A.

La inversión, a precios de Febrero de 1976, que requerirá el proyecto para su puesta en marcha en el 1er trimestre de 1981, asciende a :

	Miles de \$US.	Porcentaje
Total inversión fija	16,723	69
Gastos pre-operativos	2,970	12
Capital de trabajo inicial	4,720	19
INVERSION TOTAL	24,413	100 %

8.1 INVERSION FIJA

La inversión fija ha sido estimada en base a la información recibida, por InduPerú, de las principales compañías proveedoras de tecnología, para la producción de Caucho SBR y adaptadas a las condiciones peruanas.

CUADRO 8-1
Costos - Diciembre 73'

RUBROS	INVERSION (miles \$US)
Equipo y maquinaria	3,982
Ingeniería	1,335
Edificios y obras civiles	954
Erección	4,605
Licencia	900
Supervisión (erección y arranque)	267

Fuente : (8-1).

Las cifras anteriores, correspondientes a la inversión fija, se han actualizado a Febrero 76' utilizando los índices de costo correspondientes a cada rubro.

CUADRO 8-2
Indices de costo

RUBRO	DICIEMBRE 73'	FEBRERO 76'
Equipo y Maquinaria	141.9	200.3
Ingeniería	122.8	148.5
Edificios y Obras Civiles	150.6	183.0
Erección	157.9	171.7
Licencia	(10% más)	
Supervisión	122.8	148.5

Fuente : (8-2) y (8-3)

En el cuadro 8-3 se puede apreciar la inversión fija total y comprende los rubros siguientes.

8.1.1 Equipo y maquinaria

Comprende el costo de todo el equipo en el Límite de Bateria, necesario para la instalación de la planta. Se ha actualizado con los índices CE y nos dan un crecimiento del 41.2 %, respecto a Dic. de 1973.

8.1.2 Ingeniería

Comprende el costo de la ingeniería básica y de detalle, de acuerdo a las propuestas, y abarcan los servicios técnicos y administrativos necesarios para dirigir y administrar toda la obra de instalación. Los índices CE nos dan un aumento del 21 %.

8.1.3 Edificio y obras civiles

Comprende el costo que ocasiona la construcción de los edificios para el personal administrativo, almacén, etc. Con los índices CE se obtiene un aumento del 21.5 %.

8.1.4 Erección

Comprende la instalación y montaje de to

CUADRO 8-3

Inversión total
(miles de \$ US)

	MONTO	%
I.- INVERSION FIJA		
1.- Equipo y maquinaria	5,621	33
2.- Ingeniería	1,614	10
3.- Edificios y obras civiles	1,159	7
4.- Erección	5,007	30
5.- Licencia de tecnología	990	6
6.- Supervisión	323	2
7.- Contingencias	1,672	10
Inversión fija depreciable	16,386	
8.- Repuestos	337	2
SUB TOTAL	16,723	100%
II.-GASTOS PRE-OPERATIVOS		
1.- Gastos de pre-producción	1,114	38
2.- Gastos generales y adminis.	98	3
3.- Intereses durante la construc.	1,758	59
SUB TOTAL	2,970	100%
III.CAPITAL DE TRABAJO		
1.- Mat. primas y prod. químicos	3,888	82
2.- Servicios industriales	123	3
3.- Mano de obra	120	3
4.- Mantenimiento	45	0.5
5.- Seguros	121	3
6.- Gas. de comercialización	180	4
7.- Gastos generales	60	0.5
8.- Caja inicial	183	4
SUB TOTAL	4,720	100%
INVERSION TOTAL	24,413	

do el equipo en el Límite de Batería. Los índices CE dan un aumento del 8.7%.

8.1.5 Licencia

Consideramos un 10% de aumento por ser un proceso ampliamente conocido.

8.1.6 Supervisión

Corresponde a los gastos de supervisión durante el arranque y puesta en marcha. Los costos por estos servicios, según los índices CE, aumentarían en un 21%.

8.1.7 Contingencias

Corresponde a un costo de imprevistos. Ha sido calculado como un 10% del total de la inversión fija.

8.1.8 Repuestos

Para plantas de éste tipo se toma como 6% del costo del equipo y maquinaria.

8.2 GASTOS PRE-OPERATIVOS

Los gastos pre-operativos han sido determinados teniendo en cuenta los principales gastos en que se incurre durante la construcción y puesta en marcha de la planta.

8.2.1 Gastos relacionados con la pre-producción

Se asumirán los siguientes gastos :

A) Materias primas y productos químicos; calculada para ~~30~~ días (360 horas), cuadros 9-2 y 9-3.

	\$US/hora	Miles de \$US
Estireno	454	163,485
Butadieno	1,755	631,935
Productos químicos	77	27,855

		823,275

B) Servicios industriales; Calculados para 30 días (360 horas), cuadro 9-4.

$$1'736,400 \text{ \$US/año} \times 720/8,000 = 156,276 \text{ \$US.}$$

C) Costo de Mano de Obra; Se ha calculado para 4 meses. Se prevee el contrato de 8 personas (extranjeras) especializados, y como gasto promedio mensual 2,500 \$US

$$2,500 \times 4 \times 8 = 80,000 \text{ \$US.}$$

D) Gastos de entrenamiento fuera del Perú; se ha estimado que se hará en 6 meses. Se considera que un 13 % del total de personal de produc.(8 personas) necesitaría en trenamiento en las operaciones fundamentales y como gas to promedio mensual 1,125 \$US/persona.

$$1,125 \times 8 \times 6 = 54,000 \text{ \$US}$$

Luego el total de gastos relacionados con la pre-producción ascienden a 1'135,551 \$US.

8.2.2 Gastos generales y administrativos

A) Consideramos 15 personas durante 18 meses en el perio do de construcción, cuadro 7-6

Categoría	Personal	Soles	Total Soles
A	3	610,000	1'830,000
B	3	450,000	1'350,000
C	5	270,000	1'350,000
D	4	226,000	904,000
	----- 15		----- 5'434,000

equivalente a 83,600 \$US.

B) Alquiler de oficinas; durante el periodo de 18 meses.

$$300 \text{ \$US/mes} \times 18 \text{ meses} = 5,400 \text{ \$US.}$$

C) Otros, aquí se agrupan los gastos que genera una ofi

cina .Los consideramos como un 10 % de (A + B).

Asciende a 8,900 \$US.

8.2.3 Intereses durante la construcción

Se generan durante la construcción conforme se reciben los préstamos a largo y mediano plazo. Para su determinación se va a considerar que todos se reciben en el mes 4 del año en mención, lo que origina intereses a las condiciones fijadas durante los primeros 8 meses.

Teniendo en cuenta el calendario de préstamos, cuadro 8-12, y las condiciones respectivas, el cálculo de los intereses para cada año se muestra a continuación.

CUADRO 8-4

Intereses durante la construcción
(miles de \$US)

-3		-2		-1	
CONCEPTO	INTERES	CONCEPTO	INTERES	CONCEPTO	INTERES
IF (-3)	128	IF (-3)	192	IF (-3)	192
		IF (-2)	312	IF (-2)	469
		GP-Op(-2)	5	GP-Op(-2)	7
			-----	IF (-1)	345
			509	GP-Op(-1)	108

					1,121

8.3 CAPITAL DE TRABAJO INICIAL

El patrimonio necesario, en cuenta corriente, para atender las operaciones de producción y distribución ha sido calculado teniendo en cuenta el flujo de caja mensual del 1^{er} año de operación, cuadro 8-5.

Para la determinación del flujo se ha considerado :

A) Caja inicial :

- Mano de obra (30 días de salarios) =	40,000
Servicios industriales (30 días de consumo) =	123,000
- Gastos generales (30 días de gastos) =	20,000
	183,000 \$US

B) Cuentas por cobrar :

- Periodo de cobro, 60 días.

C) Inventarios :

- Materias primas y productos químicos (60 días de consumo).

- Producto final (30 días de materia prima y 30 días de costo de manufactura).

D) Cuentas por pagar :

- Periodo de pago, 60 días.

CUADRO 8-5

Flujo de caja mensual Año 1
(miles de \$ US)

RUBROS / MESES	1	2	3	4
INGRESOS				
Ventas netas	-	-	-	2184
TOTAL INGRESOS				2184
EGRESOS				
Mat. pri. y PQ				
Serv. industria.	-	-	123	123
Mano de obra	40	40	40	40
Mantenimiento	15	15	15	15
Seguro	121	-	-	-
G. de comer.	60	60	60	60
G. generales	20	20	20	20
Caja inicial	183	-	-	-
TOTAL EGRESOS	439	135	4146	1554
SALDO MENSUAL	(439)	(135)	(4146)	630
SALDO ACUMULADO	(439)	(579)	(4720)	

Del cuadro 8-5 observamos que el capital de trabajo requerido inicialmente asciende a 4'720,000 \$US.

8.4 CALENDARIO DE INVERSIONES

Los montos requeridos, para la inversión total, se muestran en el cuadro 8-6. El requerimiento en moneda extranjera asciende a 13'550,000 \$ US. Mientras que el de moneda nacional es de 10'863,000 \$ US lo que representa el 56% y 44% respectivamente.

Se ha considerado que el 85% de la inversión en equipo se realizará en moneda extranjera y la diferencia en moneda nacional, empleada en la adquisición de equipo fabricado en el país. Para erección se ha considerado que un 40% debe ser en moneda extranjera, usada, para el pago de mano de obra especializada. Asimismo, - para los demás rubros que comprende la inversión fija, se ha señalado un porcentaje de moneda extranjera, de acuerdo a las características de estos. La determinación de los requerimientos de moneda extranjera para los gastos pre-operativos, así como para el capital de trabajo, se efectuaron teniendo en cuenta lo visto en los puntos anteriores. Para los intereses durante la construcción se usó el cuadro 8-7 y su cálculo se muestra en el cuadro 8-8.

CUADRO 8-6

Inversión en moneda extranjera y nacional
(miles de \$ US)

	%	M.EX.	%	M.NAC.	TOTAL
I.- INVERSION FIJA					
1.- Equipo	85	4778	15	843	5621
2.- Ingeniería	100	1614	0	-	1614
3.- Edificios	0	-	100	1159	1159
4.- Erección	40	2003	60	3004	5007
5.- Licencia	100	990	0	-	990
6.- Supervisión	50	162	50	161	323
7.- Contingencias	66	1098	34	574	1672
8.- Repuestos	100	337	0	-	337
SUB TOTAL		10982		5741	16723
II.-GASTOS PRE-OPERAT.					
1.- G. de pre-prod.	29	325	71	789	1114
2.- G. generales	0	-	100	98	98
3.- Int. dur. const.	68	1191	32	567	1758
SUB TOTAL		1516		1454	2970
III.CAPITAL DE TRABAJO					
1.- Mat. pri. y PQ	23	904	77	2984	3888
2.- Ser. industria.	0	-	100	123	123
3.- Mano de obra	0	-	100	120	120
4.- Mantenimiento	50	22	50	23	45
5.- Seguros	0	-	100	121	121
6.- G. de comer.	70	126	30	54	180
7.- G. generales	0	-	100	60	60
8.- Caja inicial	0	-	100	183	183
SUB TOTAL		1052		3668	4720
INVERSION TOTAL		13550		10863	24413

CUADRO 8-7

**Calendario de inversiones en moneda extranjera y nacional
(miles de \$ US)**

	-3			-2			-1		
	M.EX.	M.NAC.	TOTAL	M.EX.	M.NAC.	TOTAL	M.EX.	M.NAC.	TOTAL
I.- INVERSION FIJA									
1.- Equipo	-	-	-	1911	337	2248	2867	506	3373
2.- Ingeniería	1130	-	1130	484	-	484	-	-	-
3.- Edificios	-	348	348	-	811	811	-	-	-
4.- Erección	-	-	-	1001	1502	2503	1002	1502	2504
5.- Licencia	990	-	990	-	-	-	-	-	-
6.- Supervisión	-	-	-	81	81	162	81	80	161
7.- Contingencias	180	94	274	453	237	690	465	243	708
8.- Repuestos	-	-	-	-	-	-	337	-	337
SUB TOTAL	2300	442	2742	3930	2968	6898	4752	2331	7083
II.-GASTOS PRE-OPERAT.									
1.- G. de pre-prod.	-	-	-	-	-	-	325	789	1114
2.- G. generales	-	-	-	-	50	50	-	48	48
3.- Int. dur. const.	110	18	128	356	153	509	725	396	1121
SUB TOTAL	110	18	128	356	203	559	1050	1233	2283
III.CAPITAL DE TRABAJO									
SUB TOTAL	-	-	-	-	-	-	1052	3668	4720
INVERSION TOTAL	2410	460	2870	4286	3171	7457	6854	7232	14086

CUADRO 8-8

Intereses en moneda extranjera y nacional
(miles de \$ US)

-3			-2			-1		
	M.E	M.N		M.E	M.N		M.E	M.N
<u>INVERSION FIJA(-3)</u>			<u>INVERSION FIJA(-3)</u>			<u>INVERSION FIJA(-3)</u>		
-Ingeniería	45	-	-Ingeniería	68	-	-Ingeniería	68	-
-Edificios	-	12	-Edificios	-	18	-Edificios	-	18
-Licencia	53	-	-Licencia	79	-	-Licencia	79	-
-Contingencias	12	6	-Contingencias	18	9	-Contingencias	18	9
			<u>INVERSION FIJA(-2)</u>			<u>INVERSION FIJA(-2)</u>		
			-Equipo	102	18	-Equipo	153	27
			-Ingeniería	19	-	-Ingeniería	29	-
			-Edificios	-	27	-Edificios	-	40
			-Erección	40	60	-Erección	60	91
			-Contingencias	30	16	-Contingencias	46	23
			<u>GASTOS P-OP.(-2)</u>			<u>GASTOS P-OP.(-2)</u>		
			-G. generales	-	5	G. generales	-	7
						<u>INVERSION FIJA(-1)</u>		
						-Equipo	153	27
						-Erección	40	60
						-Contingencias	31	16
						-Repuestos	18	-
						<u>GASTOS P-OP.(-1)</u>		
						-G. de pre-prod.	30	74
						-G. generales	-	4
TOTAL	110	18	TOTAL	356	153	TOTAL	725	396

El calendario de inversiones, cuadro 8-7, se ha elaborado teniendo en cuenta el cronograma de planeamiento y ejecución del proyecto dado en el capítulo 7 (cuadro 7-9) y las inversiones, así como la estructura monetaria adoptada, cuadro 8-6.

8.5 FINANCIAMIENTO

La inversión necesaria para el proyecto será cubierta por el aporte de accionistas (Estado y Socios privados) y por préstamos a mediano y largo plazo.

Para elaborar la estructura financiera del proyecto nos hemos basado en una relación deuda-capital del 66 % del préstamo y 33 % de aporte accionario, típico en plantas petroquímicas (8-1). Como veremos esta estructura permite disponer de un margen suficiente para cubrir el servicio de la deuda en los primeros años de operación.

	Miles de \$US.	Porcentaje
Aporte accionario	8,139	33.34
Préstamo	16,274	66.66
Inversión total	24,413	100.00 %

En cuanto al aporte accionario debemos señalar que estará constituido, como máximo, de un 49 % de capital extranjero de acuerdo al Artículo 11, DL 19262

(8-5).

El cuadro 8-9 muestra los porcentajes de aporte accionario que se han considerado, para cada rubro, teniendo en cuenta sus características financieras (8-6) y la estructura financiera adoptada.

8.5.1 Fuentes de Financiamiento

Para los efectos de este estudio, se ha tomado un promedio de las consideraciones de préstamo que brindan las posibles entidades financieras y que son:

Corporación Andina Financiera (CAF)

Asociación Interamericana de Desarrollo (AID)

Banco de la Industria de Desarrollo (BID)

Banco Industrial del Perú (BIP)

Corporación Financiera de Desarrollo (COFIDE).

8.5.2 Financiamiento de la Inversión Fija

El monto del préstamo destinado a la inversión fija, cuadro 8-9, representa el 72 % del préstamo total y asciende a 11'782,000 \$US. Este podría ser financiado por cualesquiera de las primeras tres entidades arriba mencionadas.

CUADRO 8-9

Estructura financiera del proyecto
(miles de \$ US)

	%	APORTE	%	PRES- TAMO	TOTAL
I.- INVERSION FIJA					
1.- Equipo	20	1124	80	4497	5621
2.- Ingeniería	40	646	60	968	1614
3.- Edificios	50	580	50	579	1159
4.- Erección	40	2003	60	3004	5007
5.- Licencia	20	198	80	792	990
6.- Supervisión	100	323	0	-	323
7.- Contingencias	0	-	100	1672	1672
8.- Repuestos	20	67	80	270	337
SUB TOTAL		4941		11782	16723
II.-GASTOS PRE-OPERAT.					
1.- G. de pre-prod.	0	-	100	1114	1114
2.- G. generales	0	-	100	98	98
3.- Int. dur. const.	100	1758	0	-	1758
SUB TOTAL		1758		1212	2970
III.CAPITAL DE TRABAJO					
SUB TOTAL		1440		3280	4720
INVERSION TOTAL					
		8139		16274	24413
		33.34%		66.66%	100%

Las condiciones financieras adoptadas para este estudio son :

Préstamo A largo plazo
Tasa de interés 10% anual
Plazo de amortización . 6 años
Periodo de pago 2 años después de la puesta
en marcha
Forma de pago Intereses al rebatir, cuotas
iguales

8.5.3 Financiamiento de Gastos Pre-operativos y Capital de trabajo

La inversión para gastos pre-operativos así como para el capital de trabajo inicial serán financiados por préstamos a mediano plazo, teniendo como fuentes las dos últimas entidades financieras mencionadas. Según el cuadro 8-9 ascienden a 4'492,000 \$ US y las condiciones financieras adoptadas son :

Préstamo Mediano plazo
Tasa de interés 14% anual
Plazo de amortización . 5 años
Forma de pago intereses al rebatir, cuotas
iguales
Periodo de pago 1 año después del arranque

El capital de trabajo requerido para los años siguientes de producción sera financiado internamenu

mente por los fondos libres generados durante la operación, principalmente por la depreciación de activos fijos y la amortización de los gastos pre-operativos.

8.6 CALENDARIO DE APORTES Y PRESTAMOS

El cuadro 8-11 muestra el calendario de aportes y prestamos durante los años de implementación del proyecto. Ha sido elaborado teniendo en cuenta el calendario de inversiones, cuadro 8-7, y la estructura financiera presentada en el cuadro 8-9. Durante el primer año de construcción-implementación se recibe el 12% del préstamo total, el segundo año el 29% y el último año la mayor parte de éste, 59%

Los cuadros 8-12 y 8-13 muestran los aportes y préstamos requeridos en moneda extranjera y nacional. Han sido elaborados teniendo en cuenta la estructura monetaria adoptada en el cuadro 8-6.

8.7 SERVICIO DE LA DEUDA

En el cuadro 8-14 se muestran los diferentes préstamos utilizados, los intereses devengados y las amortizaciones durante el periodo del préstamo.

· CUADRO 8-11

Calendario de aportes y prestamos
(miles de \$ US)

	-3			-2			-1		
	APOR.	PREST.	TOTAL	APOR.	PREST.	TOTAL	APOR.	PREST.	TOTAL
I.- INVERSION FIJA									
1.- Equipo	-	-	-	450	1798	2248	674	2699	3373
2.- Ingeniería	452	678	1130	194	290	484	-	-	-
3.- Edificios	174	174	348	406	405	811	-	-	-
4.- Erección	-	-	-	1001	1502	2503	1002	1502	2504
5.- Licencia	198	792	990	-	-	-	-	-	-
6.- Supervisión	-	-	-	162	-	162	161	-	161
7.- Contingencias	-	274	274	-	690	690	-	708	708
8.- Repuestos	-	-	-	-	-	-	67	270	337
SUB TOTAL	824	1918	2742	2213	4685	6898	1904	5179	7083
II.-GASTOS PRE-OPERAT.									
1.- G. de pre-prod.	-	-	-	-	-	-	-	1114	1114
2.- G. generales	-	-	-	-	50	50	-	48	48
3.- Int. dur. const.	128	-	128	509	-	509	1121	-	1121
SUB TOTAL	128	-	128	509	50	559	1121	1162	2283
III.CAPITAL DE TRABAJO									
SUB TOTAL	-	-	-	-	-	-	1440	3280	4720
INVERSION TOTAL	952	1918	2870	2722	4735	7457	4465	9621	14086

CUADRO 8-12

Calendario de Préstamos en moneda nacional y extranjera
(miles de \$ US)

	-3			-2			-1			PRES. TOTAL	
	M.EX.	M.NAC	TOTAL	M.EX.	M.NAC	TOTAL	M.EX.	M.NAC	TOTAL	M.EX.	M.NAC
I.- INVERSION FIJA											
1.- Equipo	-	-	-	1528	270	1798	2294	405	2699	3822	675
2.- Ingeniería	678	-	678	290	-	290	-	-	-	968	-
3.- Edificios	-	174	174	-	405	405	-	-	-	-	579
4.- Erección	-	-	-	601	901	1502	601	901	1502	1202	1802
5.- Licencia	792	-	792	-	-	-	-	-	-	792	-
6.- Supervisión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.- Contingencias	180	94	274	453	237	690	465	243	708	1098	574
8.- Repuestos	-	-	-	-	-	-	270	-	270	270	-
SUB TOTAL	1650	268	1918	2872	1813	4685	3630	1549	5179	8152	3630
II.-GASTOS PRE-OPERAT.											
1.- G. de pre-prod.	-	-	-	-	-	-	325	798	1114	325	789
2.- G. generales	-	-	-	-	50	50	-	48	48	-	98
3.- Int. dur. const.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB TOTAL	-	-	-	-	50	50	325	837	1162	325	887
III.CAPITAL DE TRABAJO											
SUB TOTAL	-	-	-	-	-	-	731	2549	3280	731	2549
INVERSION TOTAL	1650	268	1918	2872	1863	4735	4686	4935	9621	9208	7066

CUADRO 8-13

Calendario de Aportes en moneda nacional y extranjera
(miles de \$ US)

	-3			-2			-1			APORTE TOTAL	
	M.EX.	M.NAC	TOTAL	M.EX.	M.NAC	TOTAL	M.EX.	M.NAC	TOTAL	M.EX.	M.NAC.
I.- INVERSION FIJA											
1.- Equipo	-	-	-	383	67	450	573	101	674	956	168
2.- Ingeniería	452	-	452	194	-	194	-	-	-	646	-
3.- Edificios	-	174	174	-	406	406	-	-	-	-	580
4.- Erección	-	-	-	400	601	1001	401	601	1002	801	1202
5.- Licencia	198	-	198	-	-	-	-	-	-	198	-
6.- Supervisión	-	-	-	81	81	162	81	80	161	162	161
7.- Contingencias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.- Repuestos	-	-	-	-	-	-	67	-	67	67	-
SUB TOTAL	650	174	824	1058	1155	2213	1122	782	1904	2830	2111
II.-GASTOS PRE-OPERAT.											
1.-G. de pre-prod.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.-G. generales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.-Int. dur. const.	110	18	128	356	153	509	725	396	1121	1191	567
SUB TOTAL	110	18	128	356	153	509	725	396	1121	1191	567
III.CAPITAL DE TRABAJO											
SUB TOTAL	-	-	-	-	-	-	321	1119	1440	321	1191
INVERSION TOTAL	760	192	952	1414	1308	2722	2168	2297	4465	4342	3797

CUADRO 8-14

Servicio de la deuda
(miles de \$ US)

AÑO	PRESTAMO A LARGO PLAZO		PRESTAMO A MEDIANO PLAZO		PRESTAMO TOTAL	
	AMORTIZ.	INTERES	AMORTIZ.	INTERES	AMORTIZ.	INTERES
1	-	1178	898	629	898	1807
2	1964	1178	898	503	2862	1681
3	1964	982	898	377	2862	1359
4	1964	785	898	252	2862	1037
5	1964	589	900	126	2864	715
6	1964	393	-	-	1964	393
7	1962	196	-	-	1962	196
8	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-

BIBLIGRAFIA

CAPITULO 8

- (8-1) Informes de plantas petroquímicas - 1976
División Química y Petroquímica InduPerú
- (8-2) CE Cost Indexes Accelerate 10 - year climb
Larry J. Ricci, Assistant Editor
Chemical Engineering
Abril 28, 1975
- (8-3) Economic Indicators
Chemical Engineering
Jun. 16, 1976
- (8-4) DL. 18350
Ley General de Industrias
Ministerio de Industria y Turismo.
- (8-5) DL. 19262
Modificatoria de la Ley General de Industrias
MIT.
- (8-6) Estudio de Factibilidad del Proyecto de Acriloni·
Trilo.
División Química y Petroquímica - InduPerú.

CAPITULO 9
INGRESOS Y GASTOS

9.1 Presupuesto de ingresos

9.2 Presupuesto de gastos

9.- INGRESOS Y GASTOS

En este capítulo se determina el presupuesto de ingresos y gastos del proyecto, durante la vida útil de la planta, la cual ha sido considerada en 10 años.

9.1 PRESUPUESTO DE INGRESOS

Los ingresos del proyecto provienen de la venta del producto. Para su cálculo se ha considerado el programa de ventas que veremos a continuación.

9.1.1 Programa de ventas

El programa de ventas se ha elaborado teniendo en cuenta los datos de mercado presentados en el capítulo 4 (numerales 4.4.6 y 4.5.7) y el programa de producción presentado en el ítem 7.6. El cuadro 9-1 muestra el programa de ventas del proyecto.

9.1.2 Precio de ventas

El precio CIF promedio de compra del SBR, al que se obtiene en el Perú, es de 856 \$ US/Ton.; y proviene de añadir el flete y seguro al costo ex-planta USA (principal proveedor del Area Andina, como se ha

visto en el capítulo 4).

Para efectos de este estudio consideramos que el precio CIF Perú de compra mencionado es el mismo en todos los países del GRAN; dada la situación geográfica de Bayóvar. Como es sabido, una vez iniciada la producción en el área andina, de cualquiera de los productos asignados, la compra de éstos a terceros países será afectada por un arancel, previamente establecido, con el objeto de proteger la industria de los países miembros.

El Arancel Externo Común se ha obtenido de la última Decisión de la Comisión de Petroquímica (N°91) y contempla en su Anexo V el 30% del costo CIF para el Caucho SBR (Partida 40.02.02.00).

Luego el precio de compra en el área andina a terceros países sería :

FOB Planta USA (9-2)	710	\$ US/Ton.
Flete	125	"
Seguro (3% FOB)	21	"

Costo CIF Perú	856	"
Arancel externo común (30% CIF)	257	"

Precio área andina	1113	\$ US/Ton.

En el presente proyecto se considerarán

los siguientes precios ex-planta :

GRAN y Chile	792 \$ US/Ton. (FOB Bayóvar)
Costa Oeste USA	710 \$ US/Ton. "

Los precios CIF en los países del GRAN, Chile y la Costa Oeste aproximadamente serían ; \$ US/Ton.

	CIF-GRAN	CIF-CHILE	CIF-CO.USA
FOB Bayóvar	792	792	710
Flete	30	50	125
Seguro	24	24	21
	-----	-----	-----
	846	866	856

Estos niveles de precios ex-planta permitirían ingresar, a nuestro producto, a los mercados metas, en condiciones bastante favorables frente a terceros países. En el caso del GRAN, la diferencia con los precios de terceros países sería notable dada la protección arancelaria estipulada. Aún más, nuestro producto llegará a un precio inferior de aproximadamente 10 \$ US/Ton. En el caso de Chile, la ventaja estaría determinada por la relativa proximidad de su mercado frente a los que han sido sus principales proveedores (USA y Japón). La diferencia sería de aproximadamente 25 \$ US/Ton.

FOB USA	710	\$ US/Ton
Flete	160	"
Seguro	21	"

CIF-Chile	891	"

En el caso de la costa oeste norteamericana, debido a la tremenda demanda que se prevee (capítulo 4) y considerando que a partir de las 5,000 Ton. la incidencia del flete pondría a nuestro producto en condiciones competitivas.

9.1.3 Ingresos

Los ingresos del proyecto provienen de las ventas, a los precios fijados para el Caucho SBR, en el mercado local y de exportación. Los montos de venta se muestran en el cuadro 9-1.

9.2 PRESUPUESTO DE GASTOS

Los gastos se presentan en los rubros siguientes y son considerados para cada año de operación.

9.2.1 Materia prima - Monómeros

El balance presentado en el cuadro 7-4, nos da las cantidades de Estireno y Butadieno para cada año de operación.

CUADRO 9-1

Programa de ventas del caucho SBR
(Ton, miles de \$ US)

AÑO	CANTIDAD DE VENTAS	GRAN		COSTA OESTE USA		CHILE		MONTO TOTAL
		CANT.	MONTO	CANT.	MONTO	CANT.	MONTO	
1	31167	22963	18187	7000	4970	1204	954	24111
2	34000	24499	19403	7000	4970	2501	1981	26354
3	36000	26143	20705	7000	4970	2857	2263	27938
4	38000	27903	22099	7000	4970	3097	2453	29522
5	40000	29790	23594	7000	4970	3210	2542	31106
6	40000	31425	24889	5000	3550	3575	2831	31270
7	40000	33157	26260	3000	2130	3843	3044	31434
8	40000	34995	27716	2000	1420	3005	2380	31516
9	40000	36943	29259	-	-	3057	2421	31680
10	40000	39011	30897	-	-	989	783	31680

Los precios de compra han sido obtenidos de la misma fuente (9-2), y son 355 y 431 \$ US/Ton. (ex-planta USA) respectivamente y que agregandoles flete y seguros resultarían.

	ESTIRENO	BUTADIENO
FOB USA	355	431
Flete	125	125
Seguro	11	13
	-----	-----
CIF-Bayóvar	491	569

Considerandó el mismo criterio, que para el SBR, estos serían nuestros precios CIF de compra al Complejo Petroquímico de Bayóvar o a cualquier productor del área andina. Inclusive se podría preveer la adquisición de estos a precios inferiores, dada la ventaja del flete. El Cuadro 9-2 muestra el monto total de este rubro.

9.2.2 Productos químicos y aceites

Las cantidades requeridas se muestran en el cuadro 7-4. Los precios promedio por tonelada de cada uno de estos productos han sido proporcionados por Indu Perú (9-3) y se muestran en el cuadro 9-3.

9.2.3 Servicios industriales

Los costos de estos servicios han sido

CUADRO 9-2

Costo anual de materias primas
(miles de \$ US)

MONOMERO	\$/Ton	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ESTIRENO	491	3088	3088	3270	3452	3633	3633	3633	3633	3633	3330
BUTADIENO	569	11936	11936	12639	13341	14043	14043	14043	14043	14043	12872
TOTAL.....		15024	15024	15909	16793	17676	17676	17676	17676	17676	16202

CUADRO 9-3

Costo anual de productos químicos y aceites
(miles de \$ US)

	\$/Ton	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACEITES											
-Nafténicos(1778)	27.6	32	32	33	35	37	37	37	37	37	34
-Aromáticos(1712)	19.2	117	117	124	131	138	138	138	138	138	127
PRODUCTOS QUIMIC.											
-Para el : 1502	51	140	140	148	156	164	164	164	164	164	151
1778	39	37	37	39	41	43	43	43	43	43	39
1712	41	201	201	213	225	237	237	237	237	237	217
TOTAL.....		527	527	557	588	619	619	619	619	619	568

calculados teniendo en cuenta los consumos unitarios mencionados en el cuadro 7-5.

Los costos unitarios de estos servicios han sido obtenidos de diferentes fuentes, a saber :

Energía eléctrica ... Diario el Peruano (19-6-76)

Vapor, agua y aire .. PetroPerú

Nitrógeno Química del Pacífico

El monto unitario, por tonelada de SBR, de estos servicios se presenta en el siguiente cuadro.

CUADRO 9-4

Estimación del costo de servicios industriales

SERVICIO	CONSUMO ANUAL	COSTO UNITARIO	COSTO ANUAL (\$ US)
Vapor total, tons.	129,200	7.13	921,200
Agua de proceso, m ³	792,000	0.25	198,000
Agua de enfr., m ³	9'232,000	0.006	55,400
Aire, m ³	9'000,000	0.004	36,000
Nitrógeno, m ³ a C.N.	180,000	0.01	1,800
Energía eléctrica, Kw-hr	20'960,000	0.025	524,000
TOTAL			1'736,400
COSTO UNITARIO			43.41 \$ US/Ton de SBR

9.2.4 Mano de obra

El cuadro 7-6 muestra el personal de

producción, mantenimiento y administrativo que requiere esta planta. El siguiente cuadro muestra el egreso por mano de obra de acuerdo al cuadro de calificaciones.

CUADRO 9-5

Costo de mano de obra

REQUERIMIENTO	CATEGORIA	COSTO ANUAL*	TOTAL ANUAL
8	A	7385	59080
8	B	5538	44304
20	C	3692	73840
107	D	2769	296283
<u>143</u>			<u>473507</u>

* Incluye beneficios sociales

9.2.5 Depreciación de la inversión fija

El monto a depreciar es el total de la inversión fija en el límite de batería (menos repuestos); ver cuadro 8-3. Se ha usado el método "lineal de depreciación, aplicando las tasas anuales indicadas en el cuadro siguiente

CONCEPTO	TASA ANUAL	INVERSION DEPRECIABLE	MONTO ANUAL DEPRECIADO
Equipo, maquinaria y otros	10%	15227	1523
Edificios y obras civiles	3%	1159	35
			<u>1558</u>

9.2.6 Mantenimiento

Este costo lo estimamos como un porcentaje de la inversión en maquinarias, erección y edificios. Estará incluida la mano de obra especializada y la mayor parte para la compra de productos comerciales. Para plantas petroquímicas representa del 2 al 3%. En nuestro caso se ha tomado como el 1.5%, debido a que disponemos de personal propio para el mantenimiento.

El presupuesto anual de este rubro resulta : 177,000 \$ US.

9.2.7 Seguros

El costo por seguros ha sido calculado como un porcentaje de la inversión en equipo y maquinarias, edificios, erección y repuestos. En la industria petroquímica se estima este gasto como el 1% de dicha inversión.

El total de este monto es 121,000 \$ US.

9.2.8 Gastos generales

En este rubro consideramos los gastos de caracter general y que son totalmente imprevisibles.

Se estima como el 1% del total de ventas netas (cuadro 10-3). El egreso anual por este concepto se muestra en el cuadro siguiente.

CUADRO 9-6

Gastos generales y de comercialización

AÑO	VENTAS NETAS	GASTOS GENER.	GASTOS DE COMERCIALIZ.
1	24024	240	721
2	26237	262	787
3	27786	278	834
4	29331	293	880
5	30870	309	926
6	31020	310	931
7	31169	312	935
8	31235	312	937
9	31383	314	941
10	31365	314	941

9.2.9 Gastos de comercialización

Los gastos en los que se incurre durante la organización de ventas los hemos calculado como un 3% del total de ventas netas. Su cálculo se muestra en el cuadro 9-6.

9.2.10 Amortización de gastos pre-operativos

Los gastos pre-operativos, considerados como una inversión intangible, generados durante el periodo de construcción y puesta en marcha, que ascienden a 2'970,000 \$ US se amortizan a una tasa anual del 20%. Bajo estas condiciones se ha estimado en 594,000 \$ US. Como puede observarse en el cuadro 8-3 su participación en el costo de producción es del 38%.

9.2.11 Gastos financieros

Corresponden al pago de los intereses generados por el capital prestado a largo y mediano plazo. Se calculó según las condiciones señaladas y se muestra en el cuadro 8-14.

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 9

**(9-1) Programa sectorial de desarrollo de la Industria
Petroquímica**

Decisión 91 - Comisión del Acuerdo de Cartagena.

**(9-2) The out look for petrochemicals productions in the
Andean Common Market.**

**Hecho por BEICIP para el Acuerdo de Cartagena
Julio 1976.**

(9-3) Informes - Julio 1976

División Química y Petroquímica - InduPerú.

CAPITULO 10

ESTADOS FINANCIEROS PROYECTADOS

10.1 Estado de pérdidas y ganancias

10.2 Flujo de caja.

10.- ESTADOS FINANCIEROS PROYECTADOS

Los estados financieros que se desarrollan en el presente capítulo son el Estado de pérdidas y ganancias y el Flujo de caja; cada uno de ellos para el periodo de 10 años de vida útil del proyecto.

10.1 ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS

El estado de pérdidas y ganancias, del proyecto, se muestra en el cuadro 10-3. Como se puede apreciar la utilidad o renta neta final, después de impuestos, es favorable desde el primer año de operación, lo cual indica la ventaja económico-financiera del proyecto. A continuación se analiza cada rubro para el periodo de 10 años de vida útil del proyecto.

10.1.1 Ventas brutas y ventas netas

Las ventas brutas son presentadas en el cuadro 9-1, estas alcanzan en el primer año los 24 millones de dolares y se estabilizan alrededor de 31.5 millones.

Las ventas en el mercado nacional, cuadro 10-1, están sujetas al Impuesto de Timbres establecidos por el Art. N°9 del DL 19620 (10-1), que lo fija en 3%

de la base imponible. El DL 19621 (10-2), establece incentivos tributarios para la Descentralización Industrial y el Art. N°2 de este DL fija las bases imponentes siguientes :

1 ^{er} año	40%	de las ventas locales
2 ^{do} año	50%	"
3 ^{er} año	60%	"
4 ^{to} año	70%	"
Años siguientes ...	80%	"

Los montos de este impuesto son calculados y presentados en el cuadro 10-1. Las ventas netas resultan de restarle los impuestos respectivos a las ventas brutas.

CUADRO 10-1

Impuesto a las ventas en el mercado nacional
(miles de \$ US)

AÑO	CANTIDAD (Ton.)	MONTO DE VENTAS	IMPUESTO
1	9111	7216	87
2	9840	7793	117
3	10627	8417	152
4	11477	9090	191
5	12395	9817	236
6	13139	10406	250
7	13927	11030	265
8	14763	11692	281
9	15648	12393	297
10	16587	13137	315

10.1.2 Costo de producción

Comprende los costos en los que se incurre durante la producción y se muestran en el cuadro 10-2. Los costos señalados, en dicho cuadro, se han calculado para cada año de operación, en los cuales se producirán los tres tipos de caucho SBR considerados.

Además de los costos variables : materia prima, servicios, y productos químicos y aceites; intervienen como costos fijos de producción : la depreciación de la inversión fija, mantenimiento, seguros, la mano de obra y el 38% de la amortización de los gastos pre-operativos; ya que es el porcentaje con él que inciden los gastos de pre-producción, cuadro 8-3, y son amortizados al 20% anual.

El presupuesto anual para cada uno de estos rubros ha sido calculado en el capítulo 9. De la composición mostrada en el cuadro 10-2 vemos que el rubro de mayor incidencia es el de materias primas con un 78%, representando, el butadieno el 62% y el estireno el 16% del costo total de producción.

10.1.3 Costo de ventas

El costo de ventas anuales resulta de a-

CUADRO 10-2

Costo de ventas
(miles de \$ US)

RUBROS / AÑO	1	2,	3	4	5	6	7	8	9	10	PROM
-Materia prima	15024	15024	15909	16793	17676	17676	17676	17676	17676	16202	78%
-Servicios Indust.	1476	1476	1563	1650	1736	1736	1736	1736	1736	1592	8%
-Prod. Q. y Aceites	527	527	557	588	619	619	619	619	619	568	3%
-Mano de obra	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474	2%
-Depreciación	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	7%
-Mantenimiento	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	1%
-Seguro	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	.5
-Amort. de G. de p-p	223	223	223	223	223	-	-	-	-	-	.5
COSTO DE PRODUCCION	19580	19580	20582	21584	22584	22361	22361	22361	22361	20692	100%
STOCK INICIAL	-	1592	1592	1676	1759	1843	1824	1824	1824	1824	
STOCK FINAL	(1592)	(1592)	(1676)	(1759)	(1843)	(1824)	(1824)	(1824)	(1824)	-	
COSTO DE VENTAS	17988	19580	20498	21501	22500	22380	22361	22361	22361	22516	

gregar, al costo de producción, los stocks de productos finales a principios del año, menos los stocks de fin de año. Este se presenta en los 10 años de vida útil, en el cuadro 10-2.

10.1.4 Utilidad bruta

Se obtiene de restar el costo de ventas a las ventas netas. Alcanza aproximadamente el 27.3% de las ventas netas y su valor promedio en los 10 años, es de 8,037 millones de \$ US lo cual cubre holgadamente los gastos financieros, generales y de comercialización.

10.1.5 Renta a distribuir

Se obtiene de sustraer a la utilidad bruta los gastos generales, de comercialización, financieros y el resto de la amortización de los gastos pre-operativos. Los montos anuales de este rubro se muestran en el cuadro 10-3 y representan a lo largo de la vida útil el 20% de las ventas netas. Su incremento desde el 12% hasta el 24%, del primero al decimo año respectivamente, se debe principalmente a la disminución de los gastos financieros y a la amortización de los gastos pre operativos considerados.

CUADRO 10-3

Estado de pérdidas y ganancias
(miles de \$ US)

RUBROS / AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Ventas brutas	24111	26354	27938	29522	31106	31270	31434	31516	31680	31680
Impuesto a ventas	87	117	152	191	236	250	265	281	297	315
*Ventas netas	24024	26237	27786	29331	30870	31020	31169	31235	31383	31365
Costo de ventas	17988	19580	20498	21501	22500	22380	22361	22361	22361	22516
*Utilidad bruta	6036	6657	7288	7830	8370	8640	8808	8874	9022	8849
Gastos generales	240	262	278	293	309	310	312	312	314	314
Gastos de comercializ.	721	787	834	880	926	931	935	937	941	941
Gastos financieros	1807	1681	1359	1037	715	393	196	-	-	-
Amort. de G pre-oper.	371	371	371	371	371	-	-	-	-	-
*Renta a distribuir	2897	3556	4446	5249	6049	7006	7365	7625	7767	7594
Trabajadores (10%)	290	356	445	525	605	701	737	763	777	759
Investigación (2%)	58	71	89	105	121	140	147	153	155	152
Comunidad (15%)	435	533	667	787	907	1051	1105	1144	1165	1139
*Renta antes de impuest.	2114	2596	3245	3832	4416	5114	5376	5565	5670	5544
Deducciones 17 y 35%	973	1195	1494	1765	2034	2355	2476	2563	2611	2553
Monto imponible	1141	1401	1751	2067	2382	2759	2900	3002	3059	2991
Impuesto	399	502	642	769	899	1068	1132	1178	1203	1173
*Renta neta final	1715	2094	2603	3063	3517	4046	4244	4387	4467	4371

10.1.6 Renta antes de impuestos

Se obtiene al deducir de la renta a distribuir los porcentajes establecidos por el DL 18350 (10-3)

• Art. 21 : 10% para la distribución de utilidades
• a los trabajadores

Art. 15 : 2% para la investigación tecnológica ITINTEC

Art. 24 : 15% para la comunidad industrial.

10.1.7 Monto imponible

Se obtiene de sustraer sucesivamente a la renta neta anterior, las deducciones señaladas por los Art. 10 (17%) y Art. 18 (35%) del DL 18977 (10-4), por ser empresa localizada fuera del Departamento de Lima y de ubicación planificada; considerada como de Segunda Prioridad según DS N°007-71 IC/DS del reglamento de la Ley general de Industrias. El monto y las deducciones de ley se muestran en el cuadro 10-3.

10.1.8 Impuestos

Se han calculado de acuerdo a la escala señalada por el Art. 60 del DS 287-68 HC y modificada por el DL 18078, que es la siguiente, expresada en dólares USA.

ESCALA		%	IMPUESTO ACUMULADO
Hasta	2,299	20%	460
De	2,299 hasta 11,494	30%	3,219
De	11,494 hasta 1'149,425	35%	401,495
De	1'149,425 hasta 2'298,851	40%	861,265
De	2'298,851 hasta 11'494,253	45%	4'999,196
De	11'494,253 hasta 22'988,506	50%	10'746,322
De	22'988,506 hasta más	55%	

Esta escala se aplicó directamente sobre el monto imponible. Los impuestos pagados durante los 10 años de vida útil ascienden a 8'965,000 dólares.

10.1.9 Renta neta final

Considerando que no se realizarán reinversiones, la utilidad disponible para los accionistas iniciales y la comunidad industrial, resulta favorable desde el primer año de operación. Esta utilidad a lo largo de los 10 años resulta de 34'507,000 \$ US que representa el 12% de las ventas netas.

10.2 FLUJO DE CAJA

El cuadro 10-4, muestra el flujo de caja anual para los 10 años de vida útil del proyecto. La generación de fondos, durante este lapso, es suficiente

CUADRO 10-4

Flujo de caja
(miles de \$ US)

	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS :													
-Aporte de cap. inicial	952	2722	4465	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-Préstamos	1918	4735	9621	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-Cobranza anual por ventas	-	-	-	19727	21962	23282	24602	25922	26058	26195	26263	26400	26400
" por cuentas por cobrar	-	-	-	-	4384	4392	4656	4920	5184	5212	5239	5253	5280
TOTAL INGRESOS	2870	7457	14086	19727	26346	27674	29258	30842	31242	31407	31502	31653	31680
EGRESOS :													
-Egresos de producción													
Mat. P. y Prod. Q.	-	-	-	15551	15551	16314	16671	18143	18295	18295	18295	18295	16770
Servicios industriales	-	-	-	1230	1476	1549	1635	1722	1736	1736	1736	1736	1736
Mano de obra	-	-	-	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474
Mantenimiento	-	-	-	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177
Seguro	-	-	-	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
G. generales	-	-	-	240	262	278	293	309	310	312	312	314	314
G. de comercializ.	-	-	-	721	787	834	880	926	931	935	937	941	941
SUB TOTAL	-	-	-	18514	18848	19747	20251	21872	22044	22050	22052	22058	20493
-Impuesto a ventas	-	-	-	87	117	152	191	236	250	265	281	297	315

CUADRO 10-4

Flujo de caja (CONTINUACION)
(miles de \$ US)

	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-Egresos financieros	128	509	1121	1807	1681	1359	1037	715	393	196	-	-	-
-Egresos por inversiones													
Inv. en activo fijo	2742	6898	7083	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G. pre-operacionales	-	50	1162	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amort. de los prést.	-	-	-	898	2862	2862	2862	2864	1964	1962	-	-	-
SUB TOTAL	2742	6948	8245	898	2862	2862	2862	2864	1964	1962	-	-	-
-Egresos por resultados													
Reparto de utilidades	-	-	-	290	356	445	525	605	701	737	763	777	759
Investigación	-	-	-	58	71	89	105	121	140	147	153	155	152
Comunidad industrial	-	-	-	435	533	667	787	907	1051	1105	1144	1165	1139
Impuesto a la renta	-	-	-	399	502	642	769	899	1068	1132	1178	1203	1173
Dividendos	-	-	-	1715	1620	1711	2731	2623	3631	3813	5931	5998	4734
SUB TOTAL	-	-	-	2897	3082	3554	4917	5155	6591	6934	9169	9298	7957
TOTAL EGRESOS	2870	7457	9366	24203	26590	27674	29258	30842	31242	31407	31502	31653	28765
SALDO ANUAL	--	--	4720	(4476)	(244)	--	--	--	--	--	--	--	2915
SALDO LIBRE	--	--	4720	244	--	--	--	--	--	--	--	--	2915

para cubrir las necesidades operativas, los compromisos adquiridos por los préstamos y más del 80% de dividendos en los primeros años.

10.2.1 Ingresos en efectivo

Durante el periodo pre-operativo los ingresos provienen de los aportes accionarios y de los préstamos. En el periodo operativo los ingresos en efectivo provienen de la venta del producto. Estos son el producto de las ventas brutas efectuadas durante el año, menos las cuentas por pagar a fin de año, más las que se cobran del año anterior. Las cuentas por cobrar, al fin de año, ascienden a 60 días de ventas.

10.2.2 Egresos en efectivo

Los egresos de producción representan más del 70% de los egresos totales; dentro del cual los mayores egresos, aproximadamente 90%, corresponden a la compra de insumos : materia prima, productos químicos y servicios industriales. El periodo de pago se considera a 60 días del consumo de los materiales indicados y el stock, de cada año, corresponde a 2 meses, de materia prima y de productos químicos; de la producción del año en mención.

Los egresos que se muestran a continuación corresponden al impuesto a las ventas nacionales, al pago de intereses y amortización del préstamo, y a los egresos por las inversiones que se realizan durante el periodo de construcción en activo fijo y gastos pre-operacionales.

Finalmente, los egresos por resultados corresponden al reparto de utilidades a los trabajadores, la participación de la comunidad industrial, el aporte en investigación, el pago del impuesto a la renta y el pago de dividendos a los accionistas.

Los saldos libres resultan positivos durante la vida útil, lo que indica que el planeamiento financiero propuesto permite utilizar todos los fondos generados para autofinanciar sus operaciones.

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 10

(10-1) DL 19620

Decreto Ley sustitutorio de Timbres.

(10-2) DL 19621

Incentivos para la Descentralización Industrial.

(10-3) DL 18350 y DS 007-71 IC/DS

Ley general de Industrias y su Reglamento.

(10-4) DL 18977

Descentralización Industrial 27-1071.

CAPITULO 11

EVALUACION DEL PROYECTO

11.1 Punto de equilibrio

11.2 Rentabilidad del proyecto

11.3 Valor agregado

11.4 Ahorro de divisas

11.- EVALUACION DEL PROYECTO

En este capítulo se hace la evaluación financiera y económica del proyecto. Los indicadores que se utilizan son: Punto de equilibrio, Rentabilidad, Ahorro de divisas y Valor agregado.

11.1 PUNTO DE EQUILIBRIO (PE)

El punto de equilibrio determina el volumen de producción en el que los costos totales, fijos más variables, igualan a los ingresos netos.

$$C. \text{ fijo} + C.v.u \times PE = \text{Precio} \times PE$$

donde C.v.u, es el costo variable unitario; PE resulta

$$PE = \frac{C.F.}{P-cvu.}$$

En el cuadro 11-1 se presentan los costos operacionales agrupados como costos fijos y variables. Los gastos de comercialización han sido considerados en un 50% de naturaleza variable. Los costos variables representan aproximadamente el 30% del costo total.

En el cuadro 11-2 se determina el Punto de Equilibrio y el porcentaje respecto a la capacidad producida para cada uno de los 10 años de vida útil de

CUADRO 11-1

Costos de operación
(miles de \$ US)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	%
<u>COSTOS VARIABLES</u>												
Materias primas	15024	15024	15909	16793	17676	17676	17676	17676	17676	16202	167332	86
Prod. químicos	527	527	557	588	619	619	619	619	619	568	5862	3
Servicios ind.	1476	1476	1563	1650	1736	1736	1736	1736	1736	1592	16437	9
G. de comer.	364	394	417	440	463	466	468	468	470	430	4380	2
SUB TOTAL	17391	17421	18446	19471	20494	20497	20499	20499	20501	18792	194011	100
<u>COSTOS FIJOS</u>												
Mano de obra	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474	4740	12
Depreciación	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	15580	38
Mantenimiento	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	1770	4
Seguros	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	1210	3
Amor. de G.POp.	594	594	594	594	594	-	-	-	-	-	2970	7
G. generales	240	262	278	293	309	310	312	312	314	314	2944	7
G. de comer.	357	393	417	440	463	465	467	469	471	511	4453	11
G. financieros	1807	1681	1359	1037	715	393	196	-	-	-	7188	18
SUB TOTAL	5328	5260	4978	4694	4411	3498	3305	3111	3115	3155	40855	100
COSTO TOTAL	22719	22681	23424	24165	24905	23995	23804	23610	23616	21497	234866	

CUADRO 11-2

Punto de equilibrio

RUBROS / AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO
Ventas netas (M de \$ US)	24024	26237	27786	29331	30870	31020	31169	31235	31383	31365	294420
Unidades producidas (Ton)	34000	34000	36000	38000	40000	40000	40000	40000	40000	36667	378767
Precio prom. (\$ US/Ton.)	774	775	776	777	778	782	786	788	792	792	782
Costos fijos M de \$ US)	5328	5260	4978	4694	4411	3498	3305	3111	3115	3155	40855
C. var. unit. (\$ US/Ton)	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512
Punto Equilibrio (Ton.)	20336	20000	18856	17713	16583	12956	12062	11272	11125	11268	15133
Porcen. de cap. de planta	60%	59%	52%	47%	41%	32%	30%	28%	28%	28%	40%

la planta.

La disminución anual del punto de equilibrio se debe principalmente al decrecimiento de los costos fijos y éstos por la disminución de las cargas financieras consideradas.

La producción de la planta está siempre sobre el punto de equilibrio, lo que nos asegura que se cubran los costos totales. El PE promedio en los 10 años es 15,133 Ton/año y representa el 40% de la capacidad total de planta. Alcanza el máximo nivel en el 1^{er} año de operación a 20,336 Ton, la que es fácilmente cubierto, pues, sólo nuestra participación en el GRAN en ese año asciende a las 23,000 Ton. En los años siguientes el PE baja hasta estabilizarse alrededor de las 11,000 Ton.

11.1.1 Análisis de sensibilidad del punto de equilibrio

La sensibilidad del proyecto a las variaciones económicas pueden medirse considerando aisladamente los factores que conforman los costos y los ingresos. A continuación se hace el análisis de sensibilidad del punto de equilibrio promedio y de las variaciones máximas que pueden presentarse en los costos y precios.

A) Análisis de sensibilidad del punto de equilibrio promedio :

El cuadro 11-3 muestra la sensibilidad del punto de equilibrio promedio a las variaciones en el precio de venta, costos fijos y costos variables.

CUADRO 11-3

Análisis de sensibilidad del punto de equilibrio promedio

RUBRO	VARIACION DEL RUBRO	NUEVO PUNTO DE EQUILIBRIO	% DE VARIACION DEL PUNTO DE EQUILIBRIO
Precio de venta	+ 10%	11733	- 22%
	- 10%	21301	+ 41%
Costo variable	+ 10%	18672	+ 23%
	- 10%	12719	- 16%
Costo Fijo	+ 10%	16646	+ 10%
	- 10%	13620	- 10%

Nota : punto de equilibrio base 15,133 Ton., que corresponde al valor promedio calculado para la vida útil de 10 años.

El PE es particularmente sensible a los precios, gráfico 11-1. Una disminución del 10% en el precio de venta eleva el PE en 41% hasta 21,301 Ton., sin embargo el mercado asegurado del proyecto está por encima de este nivel.

Millones de
\$ USA

GRAFICO 11-1

Sensibilidad del punto de equilibrio
promedio respecto al precio de venta

15

10

5

C. Fijo + C. Variable

Ingresos

C. Fijo

PE

PE'

Miles de Ton.

El PE también es, significativamente, sensible a los incrementos de los costos variables; gráfico 11-2. Un aumento del 10% elevaría el PE en un 23% hasta 18,672 Ton. Este aumento se podría deber a un incremento del 12% en el costo de la materia prima.

Respecto a los costos fijos, el PE es poco sensible.

B) Variaciones Máximas de Precios y costos en el Punto de equilibrio :

En el cuadro 11-4 se muestran, para cada uno de los años de operación, las variaciones máximas - soportables por el proyecto respecto al precio de venta y al de los costos.

Los precios pueden disminuir, sin producir pérdidas, entre el 5.43% y el 30.03% entre el 1^{ro} y el 10^{mo} año respectivamente. En promedio pueden disminuir en un 20.23% o sea a 624 \$US por Ton. sin que se produzcan pérdidas, en la vida útil.

Los costos variables pueden aumentar desde el 7.5% hasta el 50.12% entre el 1^{ro} y 10^{mo} año respectivamente. En promedio pueden aumentar hasta 30.70%, lo que significaría un aumento hasta el 36% en el costo de materia prima, sin que se produzcan pérdidas.

Millones de
\$ USA

GRAFICO 11-2

Sensibilidad del punto de equilibrio
promedio respecto al costo variable

C. Fijo + C. Variable

Ingresos

C. Fijo

PE'

PE

Miles de Ton

CUADRO 11-4

Análisis de sensibilidad de costos y precios en el PE - Variaciones máximas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
Ventas netas, miles de \$ US	24024	26237	27786	29331	30870	31020	31169	31235	31283	31365	294420
Sensibilidad de costos variables, %	7.50	20.41	23.65	26.53	29.11	34.27	35.93	37.20	37.89	50.12	30.70
Sensibilidad de costos fijos, %	24.49	67.60	87.63	110.06	135.23	200.83	222.84	245.10	249.34	298.51	145.77
Sensibilidad de precios, \$/Ton.	732	670	654	640	628	605	600	596	598	554	624
, %	5.43	13.55	15.70	17.61	19.32	22.65	23.63	24.41	24.51	30.03	20.23

El presente proyecto soporta elevados aumentos en los costos fijos sin producir pérdidas. En promedio pueden aumentar hasta 146%.

11.2 RENTABILIDAD DEL PROYECTO

El método empleado, para determinar la rentabilidad, es la tasa interna de retorno del flujo de capital descontado (TIR). Se calculó suponiendo diferentes tasas de descuento, hasta lograr la igualdad de los flujos actualizados de los beneficios netos y las inversiones.

El cálculo para tres flujos, permitieron obtener la rentabilidad Económica del proyecto, Financiera de la empresa y la del accionista.

11.2.1 Rentabilidad económica del proyecto

Para el cálculo de este índice, se excluye todo tipo de financiamiento de los flujos a ser descontados en su determinación, ya que se considera que todas las inversiones se han efectuado mediante aportes propios durante el periodo de construcción y que el flujo de beneficios (Fuentes) está constituido por todos aquellos que, en forma directa o indirecta, se quedan dentro de la empresa.

En el cuadro 11-5 se muestran los flujos de fuentes y aplicaciones, para cada uno de los años de operación del proyecto, dando como resultado una Rentabilidad Económica de 21.07%; gráfico 11-3.

11.2.2 Rentabilidad financiera de la empresa

En este caso se consideran como beneficios a todo cuanto perciban los integrantes de la empresa, pero la inversión ha sido financiada, en parte, de acuerdo al programa de inversiones y a las condiciones de financiamiento adaptadas, lo que, por una parte, disminuye el aporte en la inversión y por otra, origina salidas de dinero a terceras personas, por el pago de intereses y la amortización del préstamo.

En el cuadro 11-6, se muestran los flujos de fuentes y aplicaciones, para cada uno de los años de operación del proyecto, dando como resultado una Rentabilidad Financiera de 33.16%; gráfico 11-3.

11.2.3 Rentabilidad del accionista en general

En este caso la determinación del flujo de fuentes y aplicaciones se hace desde el punto de vista del accionista, o sea, su aporte en la inversión frente a los dividendos recibidos.

CUADRO 11-5

Rentabilidad económica del proyecto
(miles de \$ US)

<u>FUENTES</u>	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-Utilidades	-	-	-	1715	2094	2603	3063	3517	4046	4244	4387	4467	4371
-Depreciación	-	-	-	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558
-Amort. de G P-0	-	-	-	594	594	594	594	594	-	-	-	-	-
-Gastos finan.	-	-	-	1807	1681	1359	1037	715	393	196	-	-	-
-Comunidad ind.	-	-	-	435	530	667	787	907	1051	1105	1144	1165	1139
SUB TOTAL	-	-	-	6109	6457	6781	7039	7291	7048	7103	7089	7190	7068
<u>APLICACIONES</u>													
-Inversión fija	2742	6898	7083	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-Gastos pre-op.	128	559	2283	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-Capital de trab.	-	-	4720	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB TOTAL	2870	7457	14086	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	(2870)	(7457)	(14086)	6109	6457	6781	7039	7291	7048	7103	7089	7190	7068

TIR = 21.07

CUADRO 11-6

Rentabilidad financiera del proyecto
(miles de \$ US)

<u>FUENTES</u>	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-Utilidad	-	-	-	1715	2094	2603	3063	3517	4046	4244	4387	4467	4371
-Depreciación	-	-	-	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558
-Amort. de G pre-op.	-	-	-	594	594	594	594	594	-	-	-	-	-
-Comunidad industr.	-	-	-	435	530	667	787	907	1051	1105	1144	1165	1139
SUB TOTAL	-	-	-	4302	4776	5422	6002	6576	6655	6907	7089	7190	7068
<u>APLICACIONES</u>													
-Aporte	952	2722	4465	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-Amort. de la deuda	-	-	-	898	2862	2862	2862	2864	1964	1962	-	-	-
SUB TOTAL	952	2722	4465	898	2862	2862	2862	2864	1964	1962	-	-	-
TOTAL.....	(952)	(2722)	(4465)	3404	1914	2560	3140	3712	4691	4945	7089	7190	7068

TIR = 33.16

CUADRO 11-7

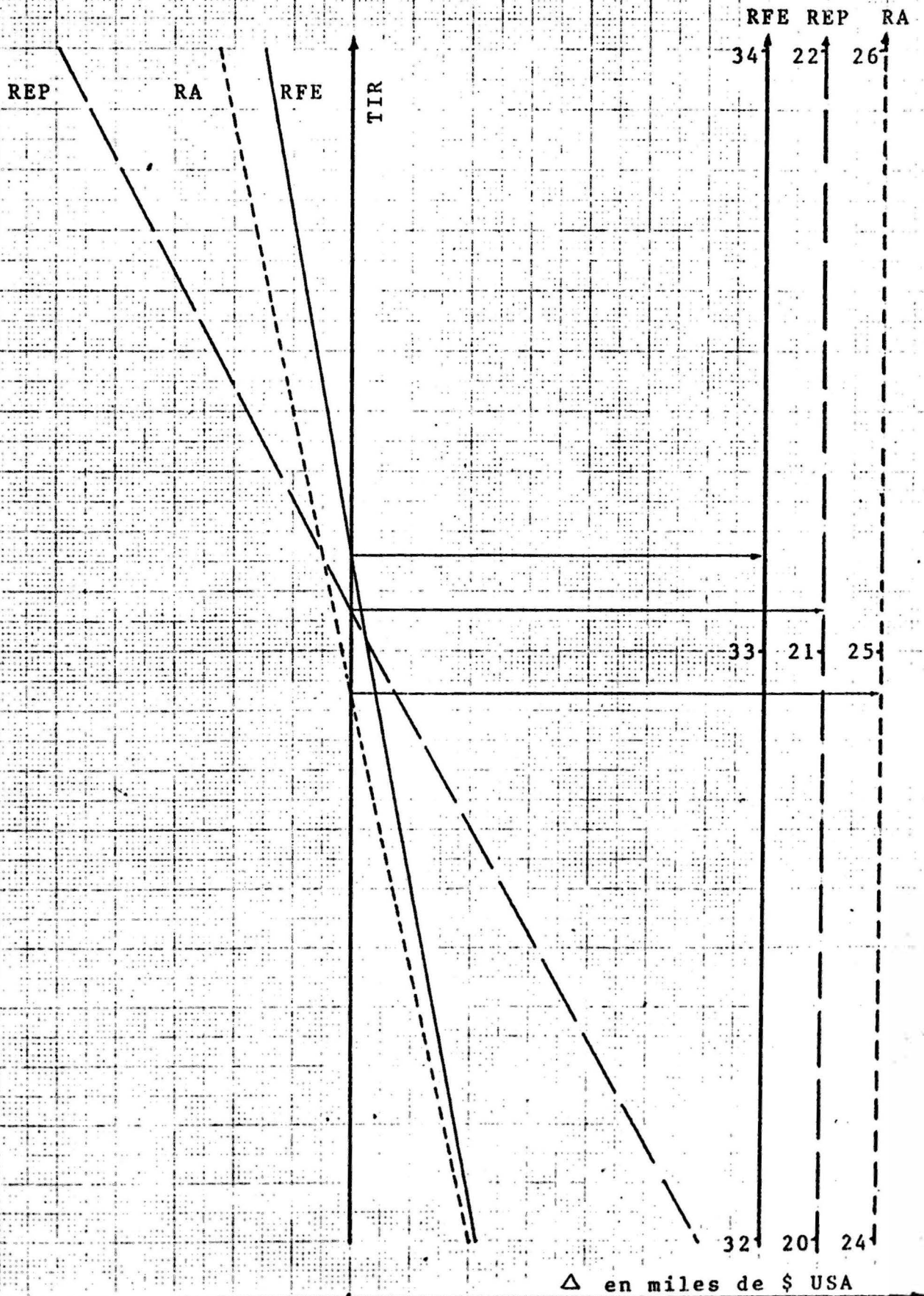
/ Rentabilidad del accionista
(miles de \$ US)

<u>FUENTES</u>	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-Dividendos	-	-	-	1715	1620	1711	2731	2623	3631	3813	5391	5998	4734
SUB TOTAL .	-	-	-	1715	1620	1711	2731	2623	3631	3813	5391	5998	4734
<u>APLICACIONES</u>													
-Aporte	952	2722	4465	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB TOTAL	952	2722	4465	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	(952)	(2722)	(4465)	1715	1620	1711	2731	2623	3631	3813	5391	5998	4734

TIR = 24.93

GRAFICO 11-3

Determinación de la tasa interna de retorno (TIR)



El cuadro 11-7 muestra los flujos de fuentes y aplicaciones, dando como resultado una Rentabilidad del accionista de 24.93%; gráfico 11-3.

11.3 VALOR AGREGADO

En el cuadro 11-8 se muestra el valor generado por el proyecto y el valor de los insumos comprados a terceros. Estos insumos comprenden la compra de materia prima y productos químicos, pago de los servicios industriales, los materiales de mantenimiento y los stocks. La suma del valor agregado y la compra de insumos nos dan el valor bruto de la producción.

El valor agregado generado por el proyecto, durante los 10 años de operación, incluyendo la depreciación, es de 106.5 millones de \$ US; que corresponde aproximadamente al 36% del valor bruto de la producción.

11.4 AHORRO Y GENERACION DE DIVISAS

En el cuadro 11-9 se muestran los rubros de ingresos y egresos, el saldo anual y el saldo acumulado de divisas, durante los 10 años de operación de la planta.

CUADRO 11-8

Valor agregado
(miles de \$ US)

	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
VALOR AGREGADO														
Mano de obra	-	-	-	474	474	474	474	474	474	474	474	474	474	4740
Depreciación	-	-	-	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	1558	15580
Amortiz. de G.P.Op.	-	-	-	594	594	594	594	594	-	-	-	-	-	2970
Seguros	-	-	-	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	1210
G. generales	-	50	48	240	262	278	293	309	310	312	312	314	314	3042
G. de comer.	-	-	-	721	787	834	880	926	931	935	937	941	941	8833
G. financieros	110	356	725	1807	1681	1359	1037	715	393	196	-	-	-	8379
Impuesto a ventas	-	-	-	87	117	152	191	236	250	265	281	297	315	2191
Renta a distribuir	-	-	-	2897	3556	4446	5249	6049	7006	7365	7625	7767	7594	59554
TOTAL VALOR AGREGADO	110	406	773	8499	9150	9816	10397	10982	11043	11226	11308	11472	11317	106499
INSUMOS COMPRADOS														
Materia prima	-	-	796	15024	15024	15909	16793	17676	17676	17676	17676	17676	16202	168128
Prod. químicos	-	-	28	527	527	557	588	619	619	619	619	619	568	5890
Servicios ind.	-	-	156	1476	1476	1563	1650	1736	1736	1736	1736	1736	1592	16593
Mantenimiento	-	-	134	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	1904
Invent. prod. final	-	-	-	1592	-	84	83	84	(19)	-	-	-	(1824)	-
Invent. mat. prima	-	-	-	2592	-	153	152	152	-	-	-	-	(3049)	-
TOTAL INSUMOS COMP.	-	-	1114	21388	17204	18443	19443	20444	20189	20208	20208	20208	13666	192515
VALOR BRUTO DE PROD.	110	406	1887	29887	26354	28259	29840	31426	31232	31434	31516	31680	24983	299014
-VALOR AGREGADO, %	100%	100%	41%	28%	35%	35%	35%	35%	35%	36%	36%	36%	45%	36%
-INSUMOS COMP., %	-	-	59%	72%	65%	65%	65%	65%	65%	64%	64%	64%	55%	64%

11.4.1 Ingreso de divisas

El proyecto produce un ahorro de divisas por sustitución de importaciones de 116'397,000 \$ US y genera divisas por la exportación del producto elaborado en un monto de 180'214,000 \$ US, durante la vida útil.

11.4.2 Egreso de divisas

Ocasionada por la compra de materias primas y productos que no se produzcan en el país, gastos originados por el mantenimiento y la comercialización del producto en el exterior. Además, se producen egresos por el pago del préstamo, del exterior, y sus intereses.

Durante la construcción del proyecto se produce una salida de divisas de 4'342,000 \$ US, ocasionada por : parte del aporte accionario y el pago de los intereses durante la construcción. Los saldos anual y acumulado son negativos, solamente durante los 3 años pre-operativos. El proyecto producirá a la economía nacional un ahorro e ingreso extra de 221 millones de \$ US durante los 10 años de operación considerados.