

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE DESHIDROGENACIÓN
CATALÍTICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BUTADIENO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTADO POR
PISSANI SOLÁ CARMEN LUCÍA**

CALLAO – FEBRERO – 2015

PERÚ

PRÓLOGO DEL JURADO

El presente Informe fue Expuesto por la Bachiller **DELGADO ARANDA CARLOS EDUARDO** ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios :

ING° PABLO BELIZARIO DÍAZ BRAVO	PRESIDENTE
ING° ESTANISLAO BELLODAS ARBOLEDA	SECRETARIO
ING° ROBERTO LAZO CAMPOSANO	VOCAL
ING° ALBERTO EMILIO PANANA GIRIO	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° 2 de Tesis Folio N° 60 y Acta N° 243 de fecha **DIEZ DE JUNIO DE 2014**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación de Informe, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 082-2011-CU de fecha 29 de abril de 2011 y Resolución N° 221-2012-CU de fecha 19 de setiembre de 2012

Dedicatoria

A mi Madre, Lucy Solá quien confió en mí, en que lograría todo lo que me propusiera.

A mi Padre, Oscar Dante Pissani quién con su ejemplo hizo que me convirtiera en la profesional que ahora soy.

A mi hermana, Sofía Pissani y a mi esposo y colega Mauricio Tamayo quienes aprendieron a tolerarme y comprenderme durante todos los años de mi formación universitaria.

Agradecimientos

A la realización de este trabajo de investigación, han contribuido directa o indirectamente muchas personas

Quiero mencionar especialmente a mi Padre Ing° Oscar Dante Pissani Castro, quien con su consejo, orientación y perseverante interés permitió el desarrollo y conclusión de la presente tesis de investigación.

Al Ing° Raymundo Carranza Noriega, que como asesor me brindó su apoyo permanente durante la investigación de la presente tesis

Asimismo, hago extensivo este agradecimiento a mi jurado al Ing° Luís Carrasco V., Ing° Leonardo Machaca G. e Ing° César Cuba G., a quienes considero como grandes profesionales

Y a todos aquellos Docentes que durante mi vida universitaria me dieron sus enseñanzas, las que contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE

	Pag
Tablas de contenido	05
Resumen	07
Abstract	10
CAPÍTULO I	11
INTRODUCCIÓN	12
1.2 Objetivos	12
1.2.1 Objetivo general	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
CAPÍTULO II	13
CREACIÓN, ORGANIZACIÓN, PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN PARA LA INSTALACIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL	13
2.1 Creación	13
2.1.1 Descripción del producto	13
2.1.2 Control y prevención de accidentes del distribuidor del polibutadieno y butadieno	14
2.1.3 Estudio de mercado	16
2.2 Consumidores	24
2.3 Análisis de oferta	26
2.3.1 Competencia	27
2.3.2 Análisis de la competencia	39
2.4 Demanda	42
2.4.1 Producción de llantas en el Perú (2000 – 2010)	42
2.4.2 Otros Productos	45
2.5 Importaciones de polibutadieno	48
2.6 Análisis de precios	52
2.6.1 Costo de la materia prima y el producto	52
2.7 Organización	57
2.7.1 Actividades	57

	Pag
2.8 Planificación	58
2.9 Programación	58
2.10 Evaluación	59
CAPÍTULO III	
60	
INGENIERIA DEL PROCESO	60
3.1 Descripción del producto	60
3.1.1 Procesos de obtención del butadieno	61
3.2 Descripción de la materia prima	63
3.3 Análisis y descripción de la tecnología	64
3.4 Descripción de los procesos	64
3.4.1 Proceso steam cracking (Haldor Topsoe Technology)	64
3.4.2 Proceso de deshidrogenación del butano proceso Catadiene (Lummus Technology)	73
3.4.3 Descripción de la tecnología	77
3.5 Diseño del proceso seleccionado	78
3.5.1 Descripción y diagrama de proceso	78
3.6 Determinación del costo de la producción	85
3.6.1 Utilidad consumo	85
CAPÍTULO IV	88
LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DE PLANTA	88
4.1 Localización de la planta	88
4.2 Tamaño de la planta	91
4.2.1 Planta holgada y planta copada	100
CAPÍTULO V	125
INGENIERÍA DEL DISEÑO DEL DETALLE	125
5.1 Balance de materia	125
5.2 Balance de energía	126
5.3 Balance de energía	146
5.4 Diagrama de bloques	151

5.5	Diagrama de flujo codificado	151
		Pag
5.6	Planos de ingeniería : P&ID	152
5.7	Plan maestro	154
5.8	Diseño de Equipos Principales	158
5.9	Diseño de equipos de uso genérico	167
CAPÍTULO VI		175
DISPOSICIÓN DE PLANTA Y SIMULACIÓN		175
6.1	Simulación del proceso	175
CAPÍTULO VII		187
EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA		187
7.1	Valorización del proceso	187
7.2	Estados financieros proyectados	197
	7.2.1 Condiciones de un estado pesimista	198
	7.2.2 Condiciones de un escenario positivo	212
7.3	Tasa interna de retorno	228
7.4	Retorno de la inversión	229
CAPÍTULO VIII		232
ESTUDIO TÉCNICO LEGAL		232
8.1	Generalidades	232
	8.1.1 Objetivos	232
	8.1.2 Importancia	233
8.2	Estudio legal planta de butadieno	234
	8.2.1 Normativa general	235
	8.2.2 Promoción de la industria del gas natural	236
	8.2.3 Normativa sobre exploración, explotación y procesamiento	240
	8.2.4 Normativa sobre el transporte por red de productos	240
	8.2.5 Normativa sobre seguridad	242
	8.2.6 Normativa para la industria petroquímica	252
CAPÍTULO IX		256
ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL		256

9.1	Introducción	256
		Pag
9.2	Descripción del medio ambiente	257
	9.2.1	
	Determinación de las áreas de estudio y áreas de Influencia	258
9.3	Requisitos de regulación	274
9.4	Impacto ambiental del proyecto de obtención de polibutadieno	276
9.5	Plan de mitigación	279
9.6	La indemnización	280
CAPÍTULO X		285
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		285
	10.1	
	Conclusiones	285
	10.2	
	Recomendaciones	286
Referencias bibliográficas		288
Anexos		290

TABLAS DE CONTENIDO

	Pag
TABLA Nº 2.1	12
TABLA Nº 2.2	19
TABLA Nº 2.3	19
TABLA Nº 2.4	20
TABLA Nº 2.5	23
TABLA Nº 2.6	25
TABLA Nº 2.7	26
TABLA Nº 2.8	30
TABLA Nº 2.9	30
TABLA Nº 2.10	31
TABLA Nº 2.11	31
TABLA Nº 2.12	31
TABLA Nº 2.13	32
TABLA Nº 2.14	33
TABLA Nº 2.15	38
TABLA Nº 2.16	40
TABLA Nº 2.17	40
TABLA Nº 2.18	42
TABLA Nº 2.19	43
TABLA Nº 2.20	45
TABLA Nº 2.21	53
TABLA Nº 2.22	55
TABLA Nº 3.1	61
TABLA Nº 3.2	63
TABLA Nº 3.3	71
TABLA Nº 3.4	76
TABLA Nº 3.5	79
TABLA Nº 3.6	84
TABLA Nº 3.7	85
TABLA Nº 4.1	88
TABLA Nº 4.2	88
TABLA Nº 4.3	110
TABLA Nº 4.4	112
TABLA Nº 4.5	121
TABLA Nº 4.6	122
TABLA Nº 5.1	138
TABLA Nº 5.2	142
TABLA Nº 5.3	143
TABLA Nº 5.4	144
TABLA Nº 5.5	145
TABLA Nº 5.6	148
TABLA Nº 5.7	148
TABLA Nº 5.8	150
TABLA Nº 5.9	170

TABLA Nº 6.1	CANTIDAD DE ENERGIA SUMINISTRADA AL QUENCH	179
TABLA Nº 6.2	PROPIEDADES DE CADA COMPONENTE	185
TABLA Nº 7.1	BALANCE ECONÓMICO	201
TABLA Nº 7.2	ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE LA INVERSIÓN	209
TABLA Nº 7.3	BALANCE ECONOMICO EN DIFERENTES ESCENARIOS	215
TABLA Nº 7.4	ANALISIS DE SENSIBILIDAD EN LOS ESCENARIOS	224
TABLA Nº 7.5	FLUJO DE CAJA PROYECTADO	231
TABLA Nº 9.1	TEMPERATURA PROMEDIO DEL AIRE	260
TABLA Nº 9.2	INFORMACIÓN DE PUERTOS PERUANOS	269
TABLA Nº 9.3	LEGISLACIÓN AMBIENTAL	274
TABLA Nº 9.4	IMPACTOS AMBIENTALES	276
TABLA Nº 9.5	PLAN DE MITIGACIÓN	279

Resumen :

La presente tesis trata sobre la implementación de una planta de deshidrogenación catalítica, tomando como materia prima el butano producido en la planta de fraccionamiento de Pisco, que actualmente se exporta hacia mercados de Ecuador, Colombia y Brasil donde lo convierten en butadieno para producir caucho. Por lo cual, se propone crear una nueva industria petroquímica aprovechando como materia prima el butano del gas natural de Camisea.

El problema planteado a solucionar busca encontrar un mayor valor agregado al precio actual obtenido con la venta del gas natural, mediante la construcción de una planta de producción de butadieno.

En el desarrollo de la tesis se analiza y evalúa el diseño de la planta y las viabilidades legales, económicas y ambientales las cuales son parte de este denso estudio.

En el capítulo de ingeniería del proyecto se incluye una descripción simplificada del proceso, mediante diagramas en los que se muestran las diferentes etapas de transformación de la materia prima hasta convertirse en el producto final. Asimismo, comprende la tecnología a utilizarse y los respectivos medios físicos de producción.

Para determinar los rendimientos de los productos y las condiciones de operación en cada uno de los equipos se realiza la simulación de la planta de butadieno, usando el paquete de simulación CHEMCAD, usando las propiedades termodinámicas de Peng Robinson, se determina los flujos de los productos que se puede obtener a partir de **100000 TM/año** de butadieno, obteniéndose un rendimiento de la planta de 67%

La estructura de financiamiento del proyecto es muy importante para los inversores y sus asesores, se analizó el caso, con una tasa de descuento del 15% para el financiamiento del proyecto, para evaluar los posibles rangos de sensibilidad financieros. Luego se calculó el flujo de fondos operativos del proyecto basado en los resultados de ingeniería y análisis de la demanda. El proyecto se considera financieramente factible mediante el análisis de un monto de capital base y una estructura financiera a las tasas de interés que preserven los ratios de cobertura de endeudamiento adecuados durante el período de amortización y provean un retorno sobre el capital, aún bajo escenarios pesimistas.

Las condiciones resultantes son :

- a) El total de la Inversión de la Planta es de 398 MMUS\$.
- b) El horizonte del proyecto de la planta es de 20 años.
- c) Recuperación de la inversión = 4 años.
- d) Tasa Interna de Retorno = 16,9%
- e) VAN al 15% = 19,8 MMUS\$

La viabilidad legal del proyecto es la conclusión definitiva respecto a si éste puede desarrollarse y no existen trabas o impedimentos legales que afecten su existencia, rentabilidad económica o funcionamiento técnico, es por ello que la presente tesis tiene el capítulo técnico legal donde se analiza y evalúa toda la legislación y normativa como base principal del proyecto, la cual permitirá ajustar algunos términos del plan de desarrollo si estos contradicen el sustento legal de la tesis.

En la planta se generan una serie de residuos que se tratarán para evitar en la medida de lo posible las repercusiones ambientales, minimizando las emisiones contaminantes por ello la presente tesis lo evalúa en el capítulo Estudio Técnico Ambiental.

Abstract :

This thesis is about implementing a catalytic dehydrogenation plant, using as raw material butane stream produced in Pisco's fractionation plant, which is currently exported to markets in Ecuador, Colombia and Brazil where converted to produce butadiene rubber, this thesis proposes a new petrochemical feedstock advantage of natural gas from Camisea. The problem proposes to solve finding more value added at current prices obtained from the sale of natural gas, by building a production of butadiene. In developing the thesis analyzes and evaluates the design of the plant and the legal, economic and environmental viabilities which they are part of this dense study. A simplified description of the process are included under engineering project through diagrams showing the different stages of transformation that suffer the raw materials to become the final product to be displayed; also includes the technology used and the respective physical means of production.

To determine the yields of the products and operating conditions in each of the simulation equipment butadiene plant is performed, the simulation package using CHEMCAD by Peng Robinson thermodynamics properties, the product flows is determined that can be obtained from 100 000 TM/year butadiene, where performance of the plant is 67%

The financing structure of the project is very important for investors and their advisers, the case was analyzed, with a discount rate of 15% for financing the project, to evaluate the possible sensitivity range of financial cash flow then cash flow is calculated the project based on the results of engineering and demand analysis. The project is considered financially feasible through analysis of the amount of capital base and financial structure of interest rates that preserve adequate coverage ratios indebtedness during the repayment period and provide a return on capital, even under pessimistic scenarios.

The legal viability of a project is the definitive conclusion as to whether it can be developed and there are no obstacles or legal impediments affecting their existence, profitability or technical performance, which is why this thesis has the legal technical chapter where it is analyzed and evaluates all laws and regulations as the main basis of the project, which will set some terms of the development plan if they contradict the legal basis for the thesis. On the ground a number of waste to be treated to avoid as far as possible the environmental impact, minimizing pollutant emissions therefore this thesis evaluates chapter for Environmental Technical Study are generated.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene como finalidad dar a conocer los factores a tomar en cuenta para la evaluación del diseño de una planta de producción de butadieno a partir de una corriente de butano extraído de los líquidos provenientes del gas natural de Camisea, mediante el proceso de deshidrogenación catalítica, y posteriormente, determinar los pasos a seguir para la instalación y puesta en marcha de la referida planta.

La creciente demanda de productos derivados de los butadienos en los mercados del Perú y otros países de Latinoamérica, hacen de esta tesis un potencial para desarrollar industria en nuestro país, ya que contamos con la materia prima suficiente, y la tecnología apropiada para producir este producto de alto valor comercial.

El presente trabajo analiza la viabilidad de esta planta en el aspecto técnico, económico, legal y ambiental, desarrollando ampliamente cada uno de estos estudios que son importantes en todo diseño de una planta.

Finalmente se desarrolla una evaluación económica global a fin de que las inversiones y la rentabilidad del proyecto este claramente especificada de forma que los posibles financistas estén asegurados de que el éxito de la planta es posible.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar una planta de deshidrogenación catalítica para la producción de butadieno

1.2.2 Objetivos específicos

- 1) Efectuar un análisis de costo – beneficio para la producción de butadieno tomando como materia prima la corriente de butano producido en la Planta de Fraccionamiento de Pisco.
- 2) Analizar los parámetros en la producción de butadieno.

CAPÍTULO II

CREACIÓN, ORGANIZACIÓN, PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN PARA LA INSTALACIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL

2.1 Creación

La presente tesis se trata, sobre implementación de una planta de deshidrogenación catalítica, tomando como materia prima la corriente de butano producido en la planta de fraccionamiento de Pisco, que actualmente se exporta hacia mercados de Ecuador donde convierten el butadieno para producir caucho, esta tesis propone crear una nueva industria petroquímica aprovechando la materia prima del gas natural de Camisea.

2.1.1. Descripción del producto

La unidad de extracción de butadieno puede ser diseñado para producir los siguientes producto de alta pureza. El refinado de la unidad de extracción, que consiste de butano y butileno convertidos se recicla a la unidad CATADIENE para la conversión definitiva de butadieno.

TABLA N° 2.1

PRODUCTO 1,3-BUTADIENO

1,3 –butadieno	99,7 W %
Propadieno	< 5 ppm por W
1,2 butadieno	< 20 ppm por W
Acetilenos	< 20 ppm por W

Fuente : Propia

Subproductos :

Emiten vapores de la sección de recuperación, se produce como un subproducto y normalmente se quemar como combustible. Una parte importante del hidrógeno en el gas de salida puede ser recuperado en alta pureza a presión en la unidad de adsorción (PSA)

Primero necesitamos saber cómo obtener nuestro butadieno, cuales son los procesos más utilizados y las reacciones que estas conllevan para luego elegir la más adecuada para nuestro proyecto.

2.1.2 Control y prevención de accidentes del distribuidor del polibutadieno y butadieno

Polibutadieno

El polibutadieno no constituye un riesgo grave si se instruye bien a los trabajadores además de supervisar las labores relativas al manejo de esta sustancia.

Butadieno

El butadieno si constituye un peligro de exposición durante el proceso de producción, almacenamiento y distribución.

La exposición al 1,3-butadieno ocurre principalmente al respirar aire contaminado. Personas que han respirado aire contaminado con 1,3-butadieno han sufrido alteraciones del sistema nervioso e irritación de los ojos, la nariz y la garganta.

El 1,3-butadieno ingresa al cuerpo a través de los pulmones, si usted respira aire contaminado con el mismo. También ingresa al cuerpo a través de la piel si usted entra en contacto con la sustancia.

La cantidad de 1,3-butadieno que entra al cuerpo depende de la cantidad presente en el medio ambiente y del tiempo que estuvo la persona en contacto con el mismo. Estudios realizados en animales han demostrado que los productos derivados del 1,3-butadieno salen del cuerpo a través de la orina y del aire que se exhala. No sabemos lo que ocurre con el 1,3-butadieno en el cuerpo si éste se encuentra en el agua que la gente toma.

Hay estudios que han demostrado que trabajadores expuestos al 1,3-butadieno pueden tener un riesgo más alto de desarrollar cáncer del estómago, la sangre y el sistema linfático.

La EPA requiere que se le informe en casos de derrames o de descargas de desechos industriales al medio ambiente que contengan una libra o más de 1,3-butadieno.

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite ocupacional de 1 000 partes de 1,3-butadieno en el aire por 1 millón de partes de aire (1 000 ppm)

El Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) recomienda que el nivel de 1,3-butadieno se mantenga lo más bajo posible porque este compuesto puede producir cáncer.

Control del distribuidor del butadieno :

- a) Se evapora rápidamente al aire en forma de gas cuando se escapa durante su producción, uso, almacenamiento, transporte o desecho.
- b) La mitad del 1,3-butadieno que entra al aire se degrada en seis horas.
- c) Se evapora sumamente rápido del agua y el suelo.
- d) Como se evapora tan fácilmente, es improbable que se encuentre en el agua o en el suelo. No existen métodos adecuados para medir las cantidades de 1,3-butadieno en agua o suelo.
- e) En el suelo puede ser degradado por microorganismos.

2.1.3 Estudio de mercado

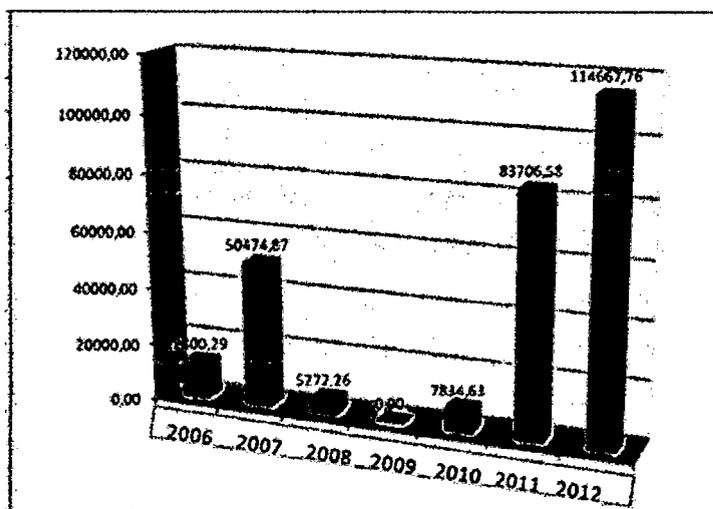
a) Proveedores internos

La materia prima es básicamente butanos, a partir de este butano obtendremos el butadieno por un proceso de deshidrogenación para luego realizar su polimerización. Actualmente, el país exporta cierta cantidad de butanos, en un volumen suficiente para nuestra planta.

El principal exportador de butanos en el país proviene de la Planta de Fraccionamiento de Pisco, que en los últimos años está exportando butanos hacia los mercados de Ecuador, en el siguiente cuadro mostramos las exportaciones de butanos durante los últimos 5 años :

GRÁFICO N° 2.1

EXPORTACIÓN DE BUTANO – PLANTA DE FRACCIONAMIENTO DE PISCO

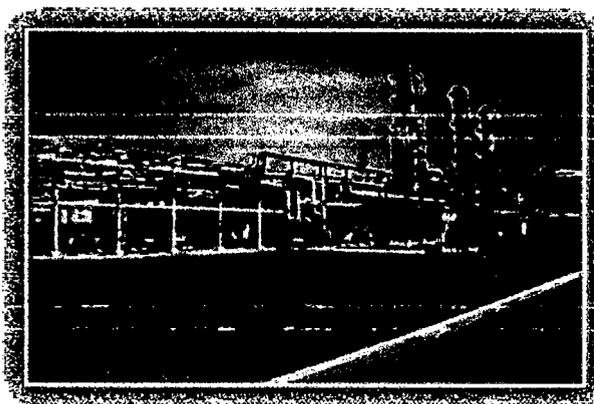


Fuente : Planta de Fraccionamiento de Pisco

De esta forma el principal proveedor de la materia prima será: la Planta de fraccionamiento de Pisco, el cual brindará 100 TM/anuales de butano.

FIGURA N° 2.1

PLANTA DE FRACCIONAMIENTO DE PISCO



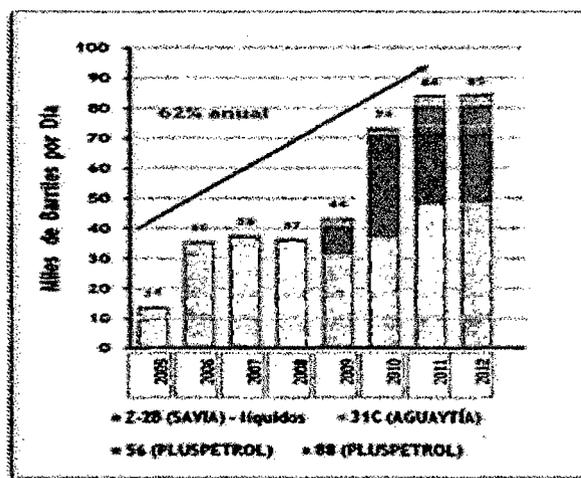
Fuente : Planta de Fraccionamiento de Pisco

Producción de gas natural en el Perú :

De acuerdo a estudios realizados durante el año 2012, la producción de gas natural proveniente de los pozos de Camisea, están en incremento con un crecimiento anual de 62%, se prevé que durante los próximos años seguirá este crecimiento debido a la creciente demanda por el gas natural, por ende habrá mayor producción de líquidos del gas natural, lo que significa mayor cantidad de butanos producido.

GRÁFICO N° 2.2

PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL



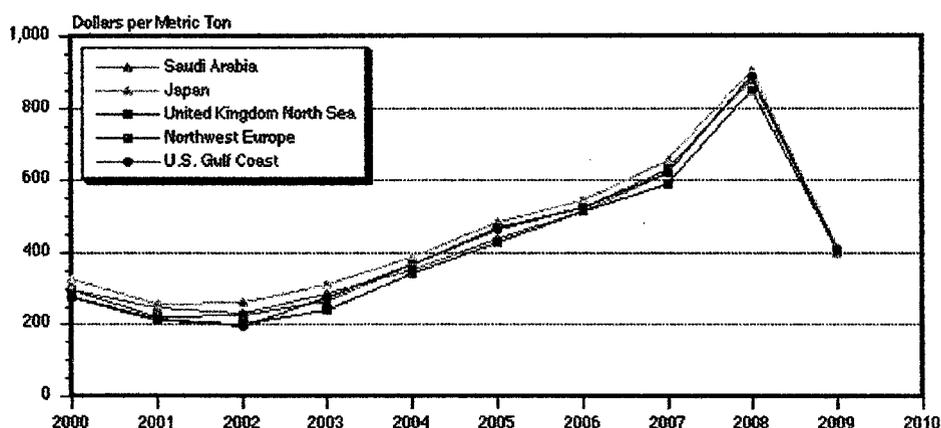
Fuente : Planta de Fraccionamiento de Pisco

b) Proveedores externos

Los mayores proveedores de butanos en el mundo se encuentran en los mercados de Europa, EEUU y Asia, de acuerdo a la Gas & Oil el costo de butanos en los mercados mencionados se registran en la **GRÁFICO N° 2.2**

GRÁFICO N° 2.3

World Prices for Butane



Fuente : Estadística de proveedores de Butano, Revista Gas&Oil

c) Competidores

Este sector de manufactura de Perú se encuentra la fabricación de productos de caucho y plásticos dentro la cual comprende la 251 de fabricación de caucho específicamente y las subdivisiones : 2511 de fabricación de cubiertas y cámaras de caucho; recauchado y renovación de cubiertas de caucho y 2519 de fabricación de otros productos de caucho.

Los productos incluidos en la fabricación de cubiertas y cámaras de caucho; recauchado y renovación de cubiertas de caucho son : llantas y cámaras para vehículos comerciales y automóviles.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú (INEI) la producción de llantas para autos y camionetas es el producto que ha alcanzado mayores niveles de producción en el periodo 2006 – 2009 (Ver Tabla N° 2.2), un promedio de alrededor de dos millones de unidades mientras que las llantas para

camión y llantas para tractor y fuera de carretera no registran producción para 2008 – 2009

TABLA N° 2.2

PERÚ : PRODUCCIÓN DE LLANTAS 2006 – 2009

Unidades de :	2006	2007	2008	2009
Llantas (autos, camionetas)	1 616,162	1 729,490	1 775,412	1 622,008
Llantas (camión)	125,536	140,143	---	---
Llantas (tractor y fuera de carretera)	8,365	2,094	---	---

Fuente : Ministerio de la producción – Vice ministerio de industria

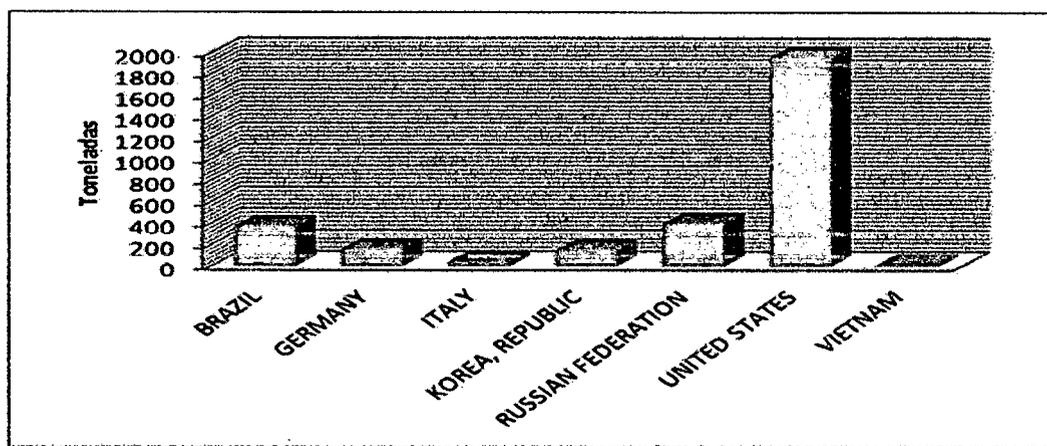
Las empresas peruanas importan Caucho Butadieno (BR) en formas primarias de los siguientes países :

TABLA N° 2.3

PAIS	TONELADAS
BRAZIL	374,228
GERMANY	161,924
ITALY	43,2
KOREA, REPUBLIC	151,2
RUSSIAN FEDERATION	401,76
UNITED STATES	1966,138372
VIETNAM	16,91
TOTAL	3115,360372

Fuente : Aduanas

GRÁFICO N° 2.4



Fuente : Aduanas

La salida de dólares del país del 1 de Enero del 2013 al 13 de Junio del 2014 :



TABLA N° 2.4

PAIS	FOP \$
Brasil	1428724,16
Germany	694918,54
Italy	146941,22
Korea, República	339233,78
Russian Federation	1581864,78
United States	6618032,75
Vietnam	100872,73

Fuente : Aduanas

En Perú se realiza una Encuesta Estadística Industrial Mensual a partir de la cual se obtienen varios indicadores entre los cuales está el Índice de Crecimiento Industrial y la Tasa de Utilización Industrial. El Índice es un indicador estadístico que mide la evolución mensual de los volúmenes de la producción física de los bienes elaborados por el sector industrial, tanto en su conjunto como en los distintos niveles de agregación establecidos.

En cuanto a la Tasa, esta toma en cuenta el valor de producción (VP) en nuevos soles de cada establecimiento, el valor agregado (VA) de cada clase en el año base (1994) y el máximo índice de crecimiento industrial físico obtenido por cada establecimiento en el periodo de estudio. El resultado es dividido por los índices de crecimiento industrial de los establecimientos de las ramas industriales de cada mes.

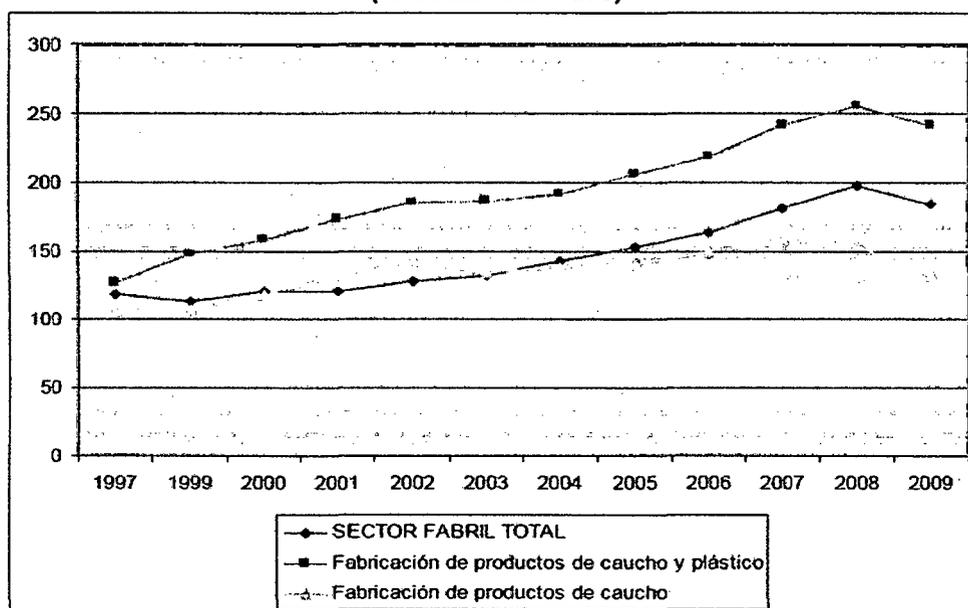
El Índice de Crecimiento Industrial, como se mencionó anteriormente, se desagrega por sector industrial y uno de estos es el de fabricación de productos de caucho y plástico y otro la fabricación de productos de caucho propiamente, también cuenta con

la desagregación para la fabricación de cubiertas y cámaras de caucho; recauchado y renovación de cubiertas de caucho (2511) pero los resultados son los mismos que para la de caucho por lo que solamente se utilizó esta última.

El comportamiento del índice de fabricación de caucho y plástico, medido a través de este Índice, señala que ha estado muy parecido al del sector fabril total. El índice de fabricación de caucho en el periodo 2005 – 2009 ha estado por debajo del de fabricación de productos de caucho y plástico, lo cual podría explicarse por la reducción en la producción de llantas para camión y llantas para tractor y fuera de carretera.

GRÁFICO N° 2.5

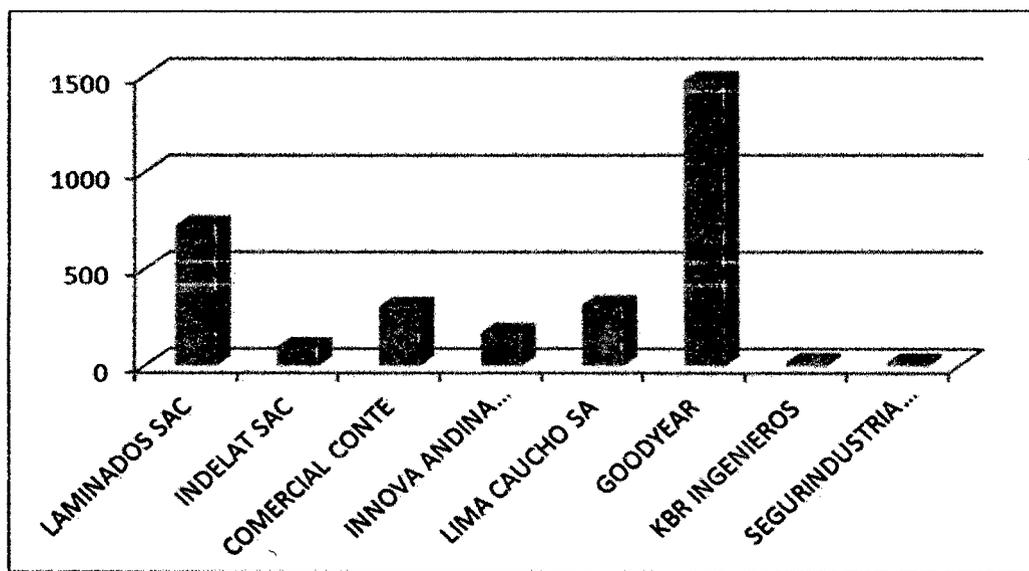
Perú: Índice de Crecimiento Industrial, 1997-2009
(Año base: 1994=100)



Fuente: Encuesta Estadística Industrial Mensual, Ministerio de la Producción de Perú.

Empresas importadoras de Caucho Butadieno (BR) en formas primarias :

GRÁFICO N° 2.6



Fuente : Aduanas

Entre las principales importadoras de Caucho Butadieno (BR) en formas primarias tenemos :

FIGURA N° 2.2



Fuente : Aduanas

d) Distribuidores

Se ha recopilado información sobre distribuidores de butadieno y polibutadieno en los países de Latinoamérica :

TABLA N° 2.5

Distribuidores de butadieno		
Empresa	Ubicación	Capacidad (TM/año)
Amster Ltda.	Chile	10 000
Quinitron	Colombia	4 000
Quattor	Brasil	8 000
Marubeni	México	6 500
Químicos y polímeros corporation	México	12 000
Distribuidores de polibutadieno		
Empresa	Ubicación	Capacidad (TM/año)
Lanxess	Brasil	8 000
Gocasa	México	1 000
Andesis	Colombia	500
Simko – Simmex	Argentina	400
Naseda	México	420

Fuente : Aduanas

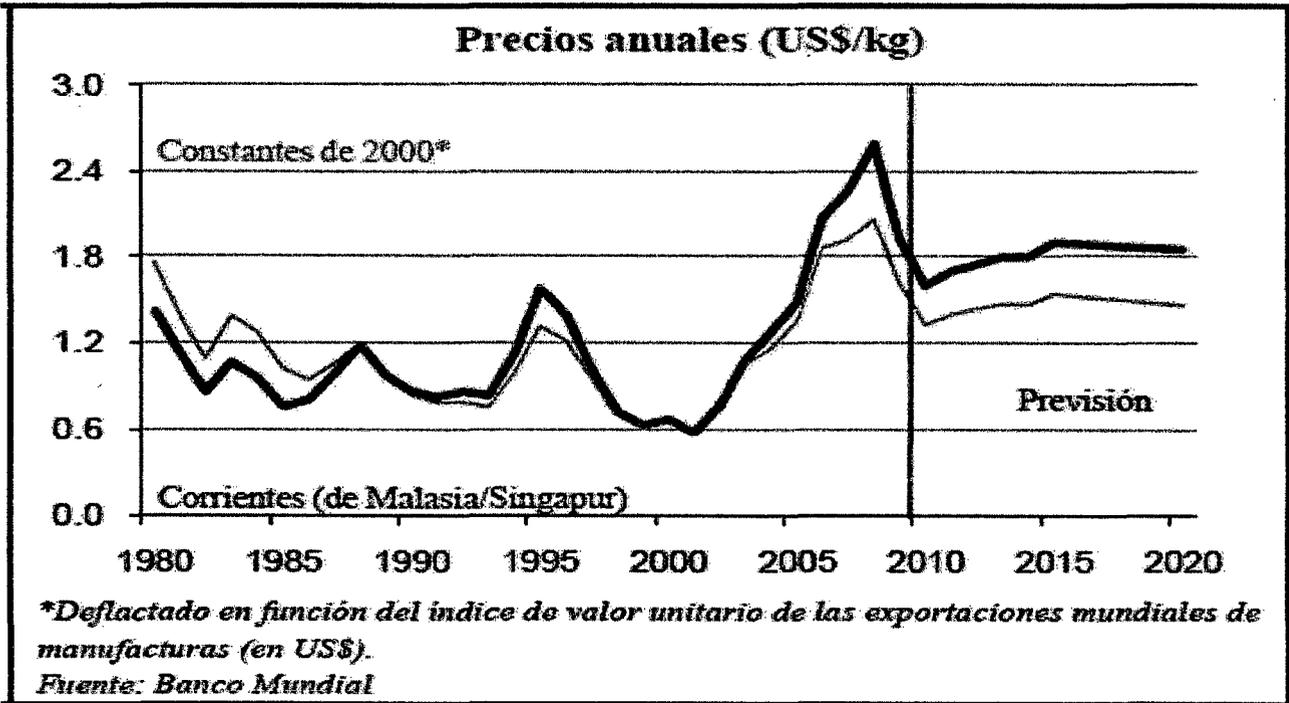
2.2 Consumidores

Consumo del caucho butadieno :

El consumo mundial de caucho sintético disminuyó 11,5% en los primeros nueve meses del 2009, lo que refleja en gran medida la reducción de la demanda de neumático de caucho sintético. La producción de caucho sintético ascendió 12,8

millones de toneladas en el 2008, 5% bajo el consumo del 2007, mientras que los estimado para los primeros nueve meses del 2009 muestran una nueva disminución de 10,5%. En 2010 promedian \$ 1,60/Kg y que se incrementa \$ 1,7/Kg para el 2011, a medida que aumenta la demanda y se espera que a partir del 2015 el consumo de caucho sintético vaya en aumento. Esto es en concordancia con el precio visto para el petróleo crudo.

GRÁFICO N° 2.7



Consumo nacional del caucho butadieno :

Principalmente es para la producción de llantas y productos afines, también es usado para la producción de suelas de zapatos, industrias afines a los vehículos, los principales importadores de Caucho butadieno son :

TABLA N° 2.6

EMPRESAS	TONELADAS
Laminados SAC	723,31842
Indelat SAC	96,89998
Comercial conte	305,535742
Innova andina SAC	168,81181
Lima caucho S.A.	313,64233
Goodyear	1472,66475
KBR Ingenieros	17,57734
Segurindustria S.A.	16,91

Fuente : Aduanas

Consumo internacional de caucho butadieno :

TABLA N° 2.7

CAUCHO NATURAL					CAUCHO SINTETICO				
	2005	2006	2007	2008		2005	2006	2007	2008
PRODUCCIÓN (miles de toneladas)					PRODUCCIÓN (miles de toneladas)				
Tailandia	2,937	3,137	3,056	3,090	China	1,632	1,813	2,215	2,325
Indonesia	2,271	2,637	2,755	2,751	Estados Unidos	2,366	2,606	2,697	2,314
Malasia	1,126	1,284	1,200	1,072	Japón	1,627	1,607	1,655	1,651
India	772	853	811	881	Fed. de Rusia	1,146	1,219	1,210	1,139
Viet Nam	469	554	602	663	Rep. de Corea	770	848	1,010	970
China	510	533	590	560	Alemania	855	865	803	742
Costa de Marfil	165	178	183	195	Francia	655	664	655	645
Total mundial	8,904	9,791	9,796	10,026	Total mundial	12,136	12,690	13,430	12,789
CONSUMO (miles de toneladas)					CONSUMO (miles de toneladas)				
China	2,266	2,780	2,892	2,934	China	2,467	3,064	587	3,479
Estados Unidos	1,159	1,003	1,018	1,041	Estados Unidos	2,002	2,001	1,929	1,734
India	789	815	851	881	Japón	1,156	1,171	1,162	1,138
Japón	857	874	887	878	Alemania	635	635	599	530
Malasia	387	383	450	469	Brasil	405	425	477	533
Tailandia	335	321	374	398	Fed. de Rusia	568	572	597	500
Total mundial	9,069	9,329	9,884	9,550	Total mundial	11,880	12,692	13,278	12,568
EXPORTACIONES (miles de toneladas)					EXPORTACIONES (miles de toneladas)				
Tailandia	2,633	2,772	2,704	2,561	Estados Unidos	1,105	1,250	1,316	1,157
Indonesia	2,025	2,287	2,407	2,408	Rep. de Corea	556	620	797	782
Malasia	1,128	1,131	1,018	916	Alemania	747	749	775	726
Viet Nam	538	678	682	619	Fed. de Rusia	637	708	673	699
Total mundial	6,502	6,830	7,229	7,016	Total mundial	7,243	7,609	7,626	7,239

Fuente: Grupo Internacional de Estudios del Caucho

2.3 Análisis de oferta

A través de este análisis podemos conocer los volúmenes de producción y venta de un determinado producto o servicio, así como saber, el mayor número de características de las empresas que los generan. Durante el proceso de recolección de datos, es

frecuente que las organizaciones eviten dar información sobre sí mismos, por lo que hay necesidad de prever ciertos procedimientos o técnicas para obtener los datos o información que se requiere. Por ello, lo primero es determinar el número de productores y oferentes que intervienen en el área de influencia, es decir, nuestra competencia.

La metodología para estudiar la oferta, consiste en ordenar en forma cronológica la información que se va a recolectar y analizar. El estudio del comportamiento de la oferta se hace inicialmente tratando de establecer cómo ha sido su evolución histórica y determinando las condiciones en que se desarrolla en la actualidad.

A partir de los elementos de análisis que se recojan en estos dos niveles se trata de predecir su comportamiento futuro, que es el que realmente interesa para efectos de toma de decisiones en el proyecto.

Buscaremos competidores directos e indirectos, básicamente guiándonos de plantas petroquímicas que produzcan butadieno y polibutadieno, que haya en Latinoamérica, así como las empresas que proveen caucho BR al Perú.

2.3.1 Competencia

En el caso nuestro, se determinó que existen competidores directos que pueden afectar la demanda de nuestro producto. Se ha ubicado cuatro de los principales competidores de nuestro producto final porque cuentan con un porcentaje mayoritario en cuanto a importaciones de caucho sintético para Perú se refiere y dos competidores

de butadieno en Latinoamérica. A continuación se detallan los nombres de nuestros competidores directos, los más importantes y que sería nuestra principal competencia en el mercado son :

Competencia de Butadieno :

- a) Braskem (BRASIL)
- b) Pemex (México)

Competencias de caucho BR :

- a) GOODYEAR INTERNATIONAL CORPORATION y THE GOODYEAR TIRE AND RUBBER COMPANY (USA).
- b) TRIGON GULF FZCO (RUSIA).
- c) LANXESS INTERNATIONAL S.A (ALEMANIA).
- d) LANXESS ELASTOMEROS DO BRASIL (BRASIL).

Butadieno

BRASKEM



La brasileña Braskem es la mayor compañía de petroquímica del continente. Eteno, propeno, *butadieno*, benceno, tolueno y xilenos son ejemplos de productos fabricados por Braskem y esenciales para la industria química en general.

En mayo del 2009, Braskem incorporó a Petroquímica Triunfo – el último paso de la integración de los activos petroquímicos de la energética federal Petrobras a Braskem, tal como acordaron las empresas el 2007. A principios del 2010, Braskem anunció la adquisición de Quattor y del negocio de polipropileno Sunoco Chemicals, creando así Braskem América y expandiéndose a 29 plantas : 26 en Brasil (en Alagoas, Bahía, Rio de Janeiro, São Paulo y Rio Grande do Sul) y 3 en los Estados Unidos. Con estas adquisiciones, Braskem se convirtió en el mayor productor de resinas en América y el octavo a nivel mundial. Actualmente, Braskem produce más de 15Mt de resinas termoplásticas y otros productos petroquímicos.



PEMEX es el único productor de butadieno en México, el cual tiene una capacidad instalada de 55 mil toneladas que usa solo al 20% cuando el consumo es de casi 110 mil toneladas.

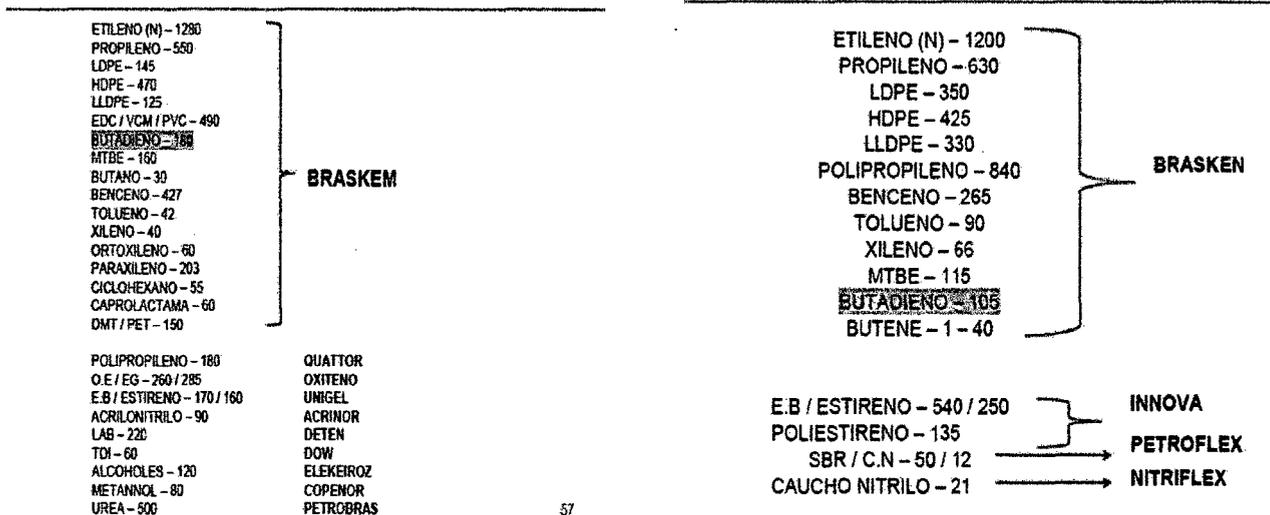
Solamente se produce por extracción en La Cangrejera ya que la pequeña planta de Morelos cerró hace décadas. El butadieno es la materia prima de los hules sintéticos polibutadieno y neopreno.

TABLA Nº 2.8

CAMACARI (BAHÍA)

(EN M TNS / AÑO)

TRIUNFO - PORTO ALEGRE



57

Fuente : Braskem

TABLA Nº 2.9

Butadieno	(Miles de toneladas) Producción Pemex	Producción IP	Importación Pemex	Importación IP	Exportación Pemex
1997	50,2	19,0	47,0	54,6	9,2
1998	48,7	2,0	44,0	85,8	40,3
1999	45,9		45,8	78,5	45,1
2000	41,8		27,7	129,3	40,8
2001	36,5		19,4	120,6	37,1
2002	35,1		4,2	154,8	36,1
2003	35,6		0,0	136,0	36,3
2004	40,5		3,3	118,7	39,7
2005	46,3		0,0	111,0	48,8
2006	21,7		0,0	N/A	25,2

Fuente : Pemex

Caucho sintético

Mercado del caucho

En este mercado hay que diferenciar dos tipos de cauchos : el caucho natural y el caucho sintético. El primero se obtiene directamente de un árbol y el segundo, a partir de algunos derivados de la industria del petróleo.

Dentro de los cauchos naturales se encuentran el N.R. (isopreno) Dentro de los cauchos sintéticos se tiene: el caucho S.B.R (butadieno), caucho Neopreno, caucho E.P.D.M. (Etileno), caucho Hypalon, caucho Nitrilo, etc.

Las condiciones de expansión de la economía mundial que se han traducido, de acuerdo a lo analizado anteriormente, en un alza del precio del cobre y del petróleo, también ha afectado a la industria del caucho en general y a la de productos químicos (derivados del petróleo) que se usan en la elaboración de los productos de caucho. De hecho, el caucho sintético siempre había tenido un precio menor al caucho natural, hoy esa tendencia no es tan clara, como se analizará más adelante.

El análisis de este mercado se hará a partir de la producción, consumo y comercio mundial. En una sección distinta se analizarán los precios del caucho y de otros insumos relacionados con la industria del caucho.

TABLA N° 2.10**RODUCCIÓN Y CONSUMO MUNDIAL DE CAUCHO SINTÉTICO (MILES TONELADAS)**

PAISES	2010	2011	2012	2013(1°Tr)
Norte América	2410	2069	2458	625
Latinoamérica	639	598	653	171
Unión Europea	2481	2210	2607	673
Otras partes Europa	1208	1143	1403	374
África	75	60	66	18
Asia/Oceanía	5966	6363	7065	1908
TOTAL	12779	12415	14207	3769

TABLA N° 2.11**CONSUMO MUNDIAL DE CAUCHO SINTÉTICO**

PAISES	2010	2011	2012	2013(1°Tr)
Norte américa	1858	1606	1925	464
Latinoamérica	847	762	887	217
Unión Europea	2372	1941	2400	669
Otras partes Europa	920	850	1091	293
África	113	99	113	28
Asia/Oceanía	6306	6819	7611	2018
TOTAL	12659	12162	14067	3710

Fuente : Aduanas

TABLA N° 2.12**PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE CAUCHO NATURAL**

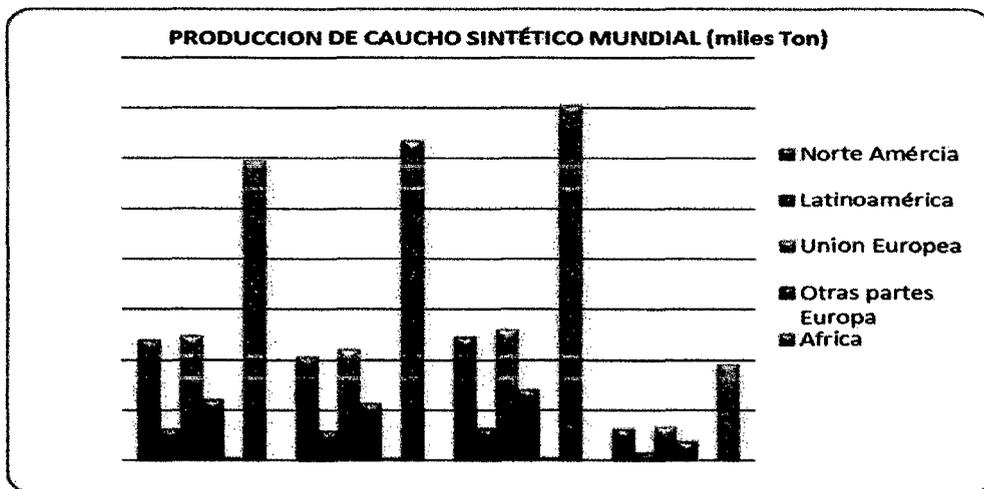
PAISES	2010	2011	2012	2013(1°Tr)
Latinoamérica	1179	790	1071	298
África	587	488	613	148
Asia	1256	829	1132	313
TOTAL	10128	9690	10401	2571

TABLA N° 2.13

PAISES	2010	2011	2012	2013(1°Tr)
Norte américa	1179	790	1071	298
Latinoamérica	587	488	613	148
Unión Europea	1256	829	1132	313
Otras partes Europa	230	177	227	65
África	126	94	101	28
Asia/Oceanía	6854	6984	7632	1701
TOTAL	10175	9329	10778	2552

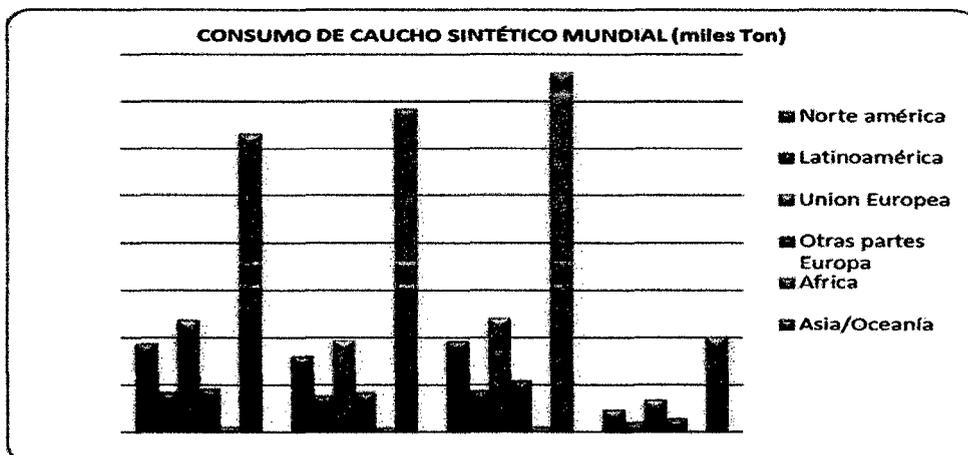
Fuente : Aduanas

GRÁFICO N° 2.8



Fuente : Aduanas

GRÁFICO N° 2.9



Fuente : Aduanas

TABLA N° 2.14

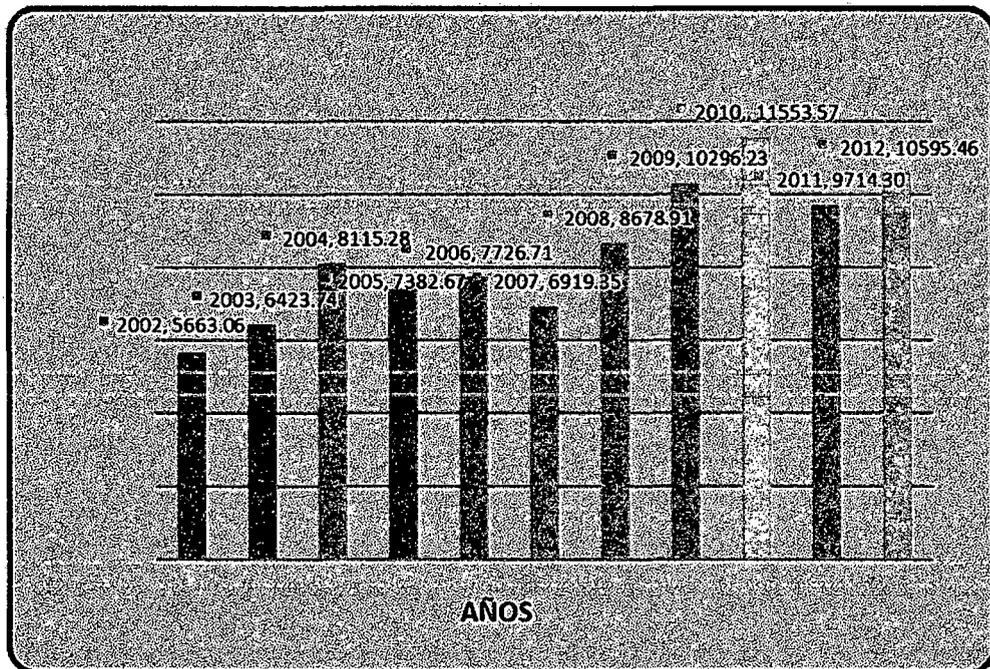
MERCADO INTERNACIONAL DE BUTADIENO

SECCIÓN AMERICANA	SECCIÓN EUROPEA	SECCIÓN ORIENTAL
Ameripol Synpol Corporation, USA	AtoFina, Belgium	Asahi Kasei Corporation, Japan
Bayer Corporation, USA	Bayer AG, Germany	Denki Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha (DENKA), Japan
Dexco Polymers, USA	Dow, Germany	DSM Elastomers Asia, Singapore
DSM Elastomers Inc., USA	DSM Elastomers Europe, B.V., The Netherlands	Hyundai Petrochemical Company Limited, Korea
DuPont Dow Elastomers L.L.C., USA	DuPont Dow Elastomers S.A., Switzerland	JSR Corporation, Japan
Dow Chemicals, USA	Efremov Synthetic Rubber Enterprise, Russia	Korea Kumho Petrochemical Co., Ltd. (KKPC), Korea
Dynasol Elastómeros (Repsol), Mexico	Polimeri Europa (Formerly EniChem S.p.A. - Elastomers and Styrenics Division), Italy	Mitsubishi Chemical Corporation, Japan
EniChem Elastomers Americas, USA	ExxonMobil Chemical Europe Inc., Belgium	Mitsui Chemicals, Inc., Japan
ExxonMobil Chemical	Firma Chemiczna Dwory S.A., Poland	Nippon Zeon Co., Ltd., Japan
Firestone Polymers	Eliokem (Formerly Goodyear Chemicals Europe), France	PT Sentra Sintetika Jaya, Indonesia
Goodyear Tire & Rubber Co., Ltd.	KARBOCHEM, Division of Sentrachem, South Africa	SINOPEC, China
Industrias Negromex SA de CV, Mexico	Nizhnekamskneftekhim, JSC, Russia	Sumitomo Chemical Co., Ltd., Japan
Nitriflex S/A Indústria e Comércio, Brazil	Kraton Polymers, UK	TSRC Corporation, Taiwan
Petroflex Indústria e Comércio S.A., Brazil	Sibur, Russia	TOSOH Corporation, Japan
Kraton Polymers, USA	Zeon Europe GmbH, Wales, UK	UBE Industries, Ltd., Japan
Uniroyal Chemical Company, Crompton Corp, USA		
Zeon Chemicals L.P., USA		

Fuente : Aduanas

GRÁFICO Nº 2.10

IMPORTACION DE ESTIRENO – BUTADIENO EN FORMA PRIMARIA (SBR)



Fuente : Aduanas

Como se puede observar la tendencia de la importación de caucho sintético sigue en aumento, por lo cual esto favorece para que el proyecto de una planta de polibutadieno en el Perú sea factible y sobretodo rentable para satisfacer esta demanda interna que se está dando.

La opción de la producción de SBR es un factor clave para la viabilidad de una planta de butadieno en el Perú, pues nos da dos líneas de producción importantes, la del SBR (caucho estireno – butadieno) y la del BR (Caucho polibutadieno)

Las empresas con mayor demanda de polibutadieno en el Perú son: Goodyear y Lima caucho, las cuales importan este material de países como Brasil, Rusia, México, USA, Venezuela, entre otros.

Principales competidores internacionales para caucho BR y SBR

Goodyear International Corporation y the Goodyear Tire and Rubber Company (USA)



Es un importante fabricante, distribuidor y vendedor de neumáticos en todo el mundo y mantiene la primera posición en los neumáticos en Norteamérica. Fabrica y comercializa otros productos de caucho, incluyendo correas y mangueras, y los productos químicos de caucho sintético para la industria del transporte y una serie de mercados industriales y de consumo.

Goodyear opera 80 plantas, de las cuales 31 se encuentran en los Estados Unidos, siendo el resto en otros 27 países. La compañía también proporciona servicios de reparación de automóviles y otros puntos de venta y comercial.

Lanxess International (Alemania)



LANXESS es una de las mayores productoras del mundo de caucho sintético. La empresa produce cientos de distintos tipos de caucho sintético, diseñados para una amplia variedad de aplicaciones, por lo que es el fabricante con la más amplia línea de

productos. Con cien años de experiencia en elastómeros sintéticos, la empresa también es considerada como líder en tecnología y una fuerza motriz en la industria.

Muchas fuerzas se combinan en 46 sitios en todo el mundo de LANXESS para obtener el resultado óptimo. Esto se aplica tanto a los productos y los procesos de sí mismos y al personal de 15 800 o menos en 30 países que son responsables para el día a día del negocio de la compañía. LANXESS está recorriendo el camino que es inherente a su nombre: La combinación del verbo francés "lancer", que significa hacia adelante y el nombre Inglés "éxito", LANXESS representa la decidida voluntad de lograr y la disposición a aceptar el cambio continuo.

Lanxess (Brasil)

Cabo de Santo Agostinho

Planta de múltiples usos, es la única en América Latina que produce polibutadieno alto cis, el caucho sintético usado en la producción de neumáticos verdes ecológicamente amigables. Adicionalmente, el polibutadieno bajo cis es el caucho estireno-butadieno que es producido en esta planta y usado, respectivamente, en las industrias de neumáticos y zapatos, entre otras. Más del 85% de su producción suministra al mercado brasileño, en un claro compromiso de LANXESS en relación al mercado interno.

El excedente es exportado, principalmente a América Latina y América del Norte. La producción anual es superior a las 100 000 toneladas por año. Aproximadamente en el

2013, la capacidad de producción en la planta de Cabo se habrá expandido cerca del 30%

TRIGON GULF FZCO (RUSIA)



Con más de diez años de experiencia en la comercialización de cauchos, Trigon Golfo, en la actualidad, es un operador con experiencia vendiendo por encima de 30 000 toneladas métricas de caucho por año. Nuestros principales clientes son de diferentes industrias de fabricación de neumáticos, tubos, zapatos, piezas de automóviles, láminas de goma y esteras, correas, mangueras, tubos hidráulicos, sellos, guarniciones embalse, tapones de botella, etc.

Productos :

- a) Acrilonitrilo – butadieno (NBR)
- b) Caucho Natural (NR)
- c) Copolímeros de estireno de bloque (SBC)
- d) Isobutilenoisopropeno bromados de goma (BIIR)
- e) Polibutadieno (PBR)
- f) Estireno-butadieno (SBR)
- g) Isobutileno con cloro caucho de isopreno (CIIR)
- h) Isopreno de Caucho (IR)
- i) Polisulfuro de caucho

TABLA N° 2.15

ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA

Variable	Goodyear International Corporation	Goodyear Tire and Rubber Company	Lanxess International	Lanxess Elastómero do Brasil	Trigon Gulf Fzco (Rusia)
Producto	Caucho sintético	Caucho BR	Caucho BR	Caucho sintético	Caucho Polibutadieno
Ubicación	80 plantas, de las cuales 31 se encuentran en los Estados Unidos, siendo el resto en otros 27 países.		46 sitios en todo el mundo Alemania	3 plantas en Brasil	Rusia
Clientes	Todo el mundo		Todo mundo el	Brasil, América Latina y América del Norte	Todo mundo el

Fuente : Aduanas

2.3.2 Análisis de la competencia

Competidores internacionales

En qué nos diferenciamos.- Los productores serian peruanos. La producción es de butadieno y además de polibutadieno. Al cliente se le ofrece buena calidad y garantía sobre el origen del producto. La localización estaría próxima a las zonas de envío.

Nuestras fortalezas.- Ingenieros con alto conocimiento del tema, alto nivel organizativo, posibilidades de aumentar la extensión de la producción.

Qué no hace bien la competencia.- Los productos son de diferentes calidades y se venden a intermediarios.

Qué hemos aprendido.- Es necesario tener volumen de producción para negociar y ofrecer mejor precio. Es preciso organizar y capacitar a productores y productoras en todo el proceso para obtener un producto de calidad. Realizar alianzas con empresas.

La competencia nos sirve de parámetro de medida. Podemos convertir sus debilidades en fortalezas nuestras.

Variables que afectan la Demanda

Disponibilidad de la materia prima

Para poder determinar si es factible o no la obtención de materia prima en el mercado interno es mediante una comparación de la cantidad que se importa y exporta de dicha sustancia en este caso butano.

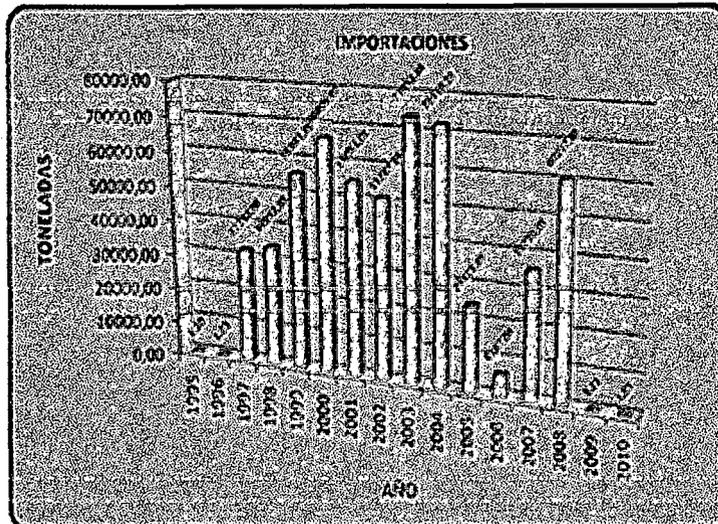
TABLA N° 2.16

Exportaciones	
Toneladas	Año
12800,29	2010
50474,87	2011
52722,60	2012
66567,00	2013
7834,63	2008
83706,58	2009
114667,76	2010

TABLA N° 2.17

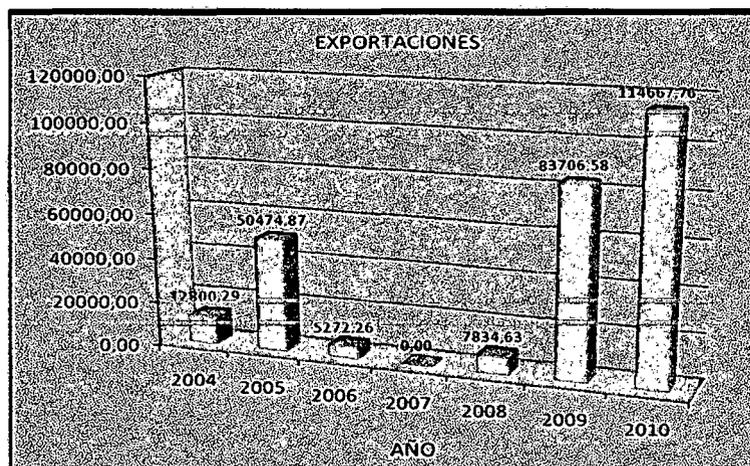
Importaciones	
Toneladas	Año
1,10	1995
1,23	1996
32282,98	1997
34092,50	1998
55861,85	1999
66409,07	2000
55051,01	2001
51203,14	2002
73952,84	2003
72419,18	2004
24418,89	2005
6187,04	2006
35720,03	2007
60217,88	2008
9,21	2009
1,89	2010

GRÁFICO Nº 2.11



Fuente : Aduanas

GRÁFICO Nº 2.12

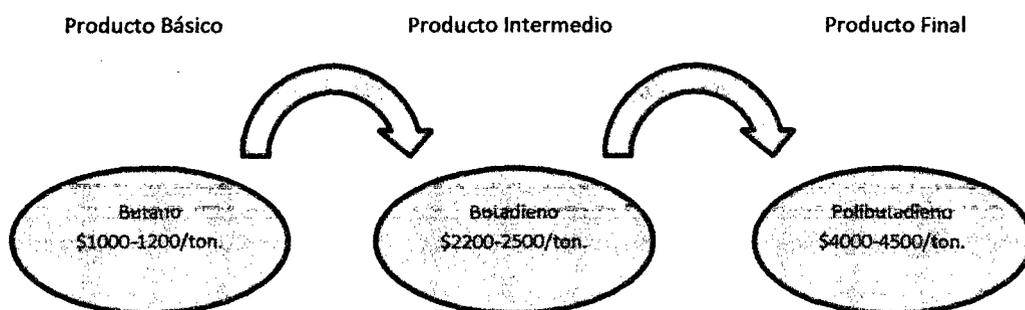


Fuente : Aduanas

Como podemos observar, la cantidad de exportación ha ido aumentando con el tiempo a partir del 2008, debido al funcionamiento de la planta de fraccionamiento de Pisco; y por ende el número de las importaciones ha decaído rotundamente.

Esto quiere decir que existe una disponibilidad en el mercado interno para la obtención de la materia prima.

FIGURA N° 2.3
COSTO DE LA MATERIA PRIMA Y EL PRODUCTO



Fuente : Propia

2.4 Demanda

2.4.1 Producción de llantas en el Perú (2000 – 2010)

TABLA N° 2.18

Año	Llantas
2000	1056815
2001	1207527
2002	1366135
2003	1184081
2004	1250506
2005	1531205
2006	1616162
2007	1729490
2008	1775412
2009	1622008
2010	2015119

TABLA N° 2.19

2011	Mes	Producción		2012	Mes	Producción
	Ene	132 854			Ene	156 107
	Feb	130 089			Feb	153 794
	Mar	143 777			Mar	182 408
	Abr	127 544			Abr	171 201
	May	134 925	Aumentó 24% →		May	169 205
	Jun	124 448			Jun	170 945
	Jul	135 703			Jul	174 152
	Ago	157 064			Ago	162 352
	Set	152 481			Set	165 034
	Oct	145 229			Oct	183 307
	Nov	138 048			Nov	176 766
	Dic	99 846			Dic	146 848
	TOTAL	16 222 008			TOTAL	2 015 119

Fuente : Aduanas

Con un mercado de llantas en aumento, la producción de polibutadieno se hace más rentable, pues debemos tener en cuenta que el mercado de llantas consume aproximadamente un 75% de la producción mundial de este polímero, y el otro 25% se utiliza como aditivo para mejorar la resistencia mecánica de algunos plásticos como poliestireno y el acrilonitrilo – butadieno – estireno (ABS). Definitivamente el mercado de llantas es el mercado más importante a tener en cuenta en un estudio de mercado de los polímeros nacidos del butadieno.

Con una producción de llantas en aumento, la producción de polibutadieno se hace más rentable el abastecimiento al mercado interno. Es así se establece la tendencia hacia años posteriores si el mercado se mantiene sin ser perturbado.

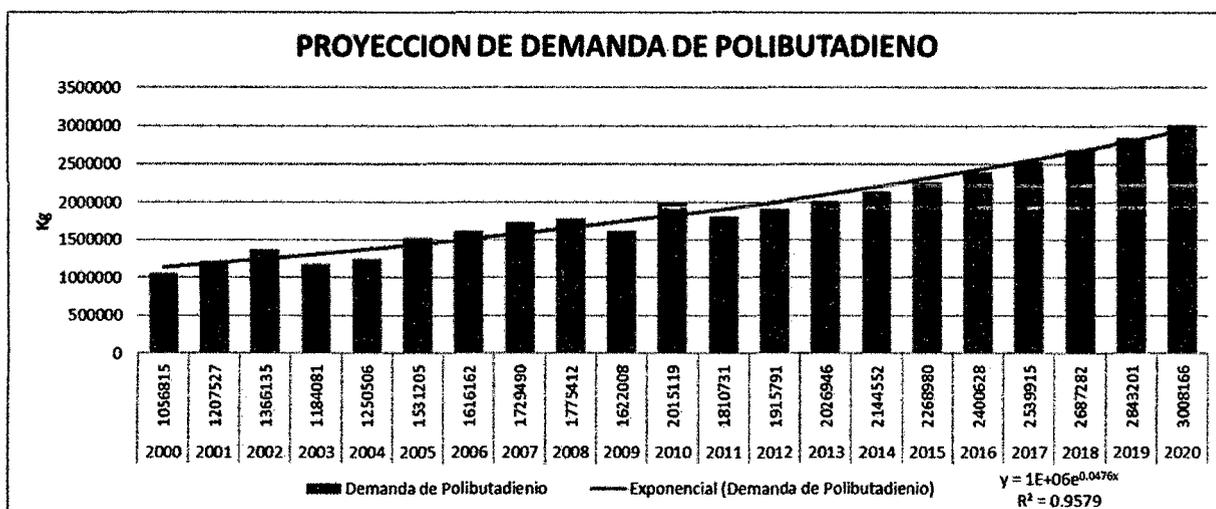
GRÁFICO Nº 2.13



Fuente : Aduanas

Tendremos un posible crecimiento de 100 Toneladas por año

GRÁFICO Nº 2.14



Fuente : Aduanas

2.4.2 Otros Productos

TABLA Nº 2.20

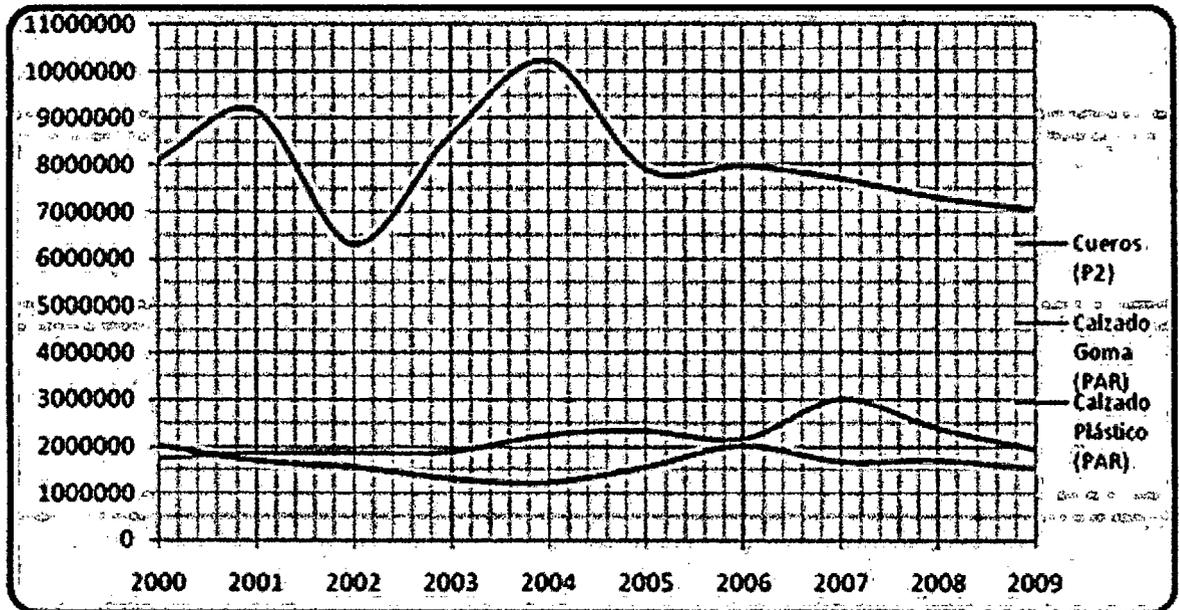
PRODUCTOS DERIVADOS DEL BUTADIENO

Descripción	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Cueros diversos (P2)	8091447,074	9165704,766	6314330,628	8626319,683	10216538,33	7901658,597	7959963,476	7699463,487	7281336,427	7049103,452
Calzado de goma (PAR)	1737886	1861051	1872377	1888117	2252875	2334302	2159906	3002729	2375469	1946162
Calzado de plástico (PAR)	2031619	1701506	1570562	1307914	1222696	1557265	2017663	1663726	1694605	1536308
Polietileno (KG)	28092858,11	27154091,07	27548141,13	28798600,06	26350236,58	29808368,58	29428297,32	33990117,69	36653816,12	34949014,45
Poliestireno (KG)	2192458,983	2219383,67	2141746,791	2090328,4	1386099	1014303,68	742189,13	1491880	1827728,5	904332,876

Fuente : Aduanas

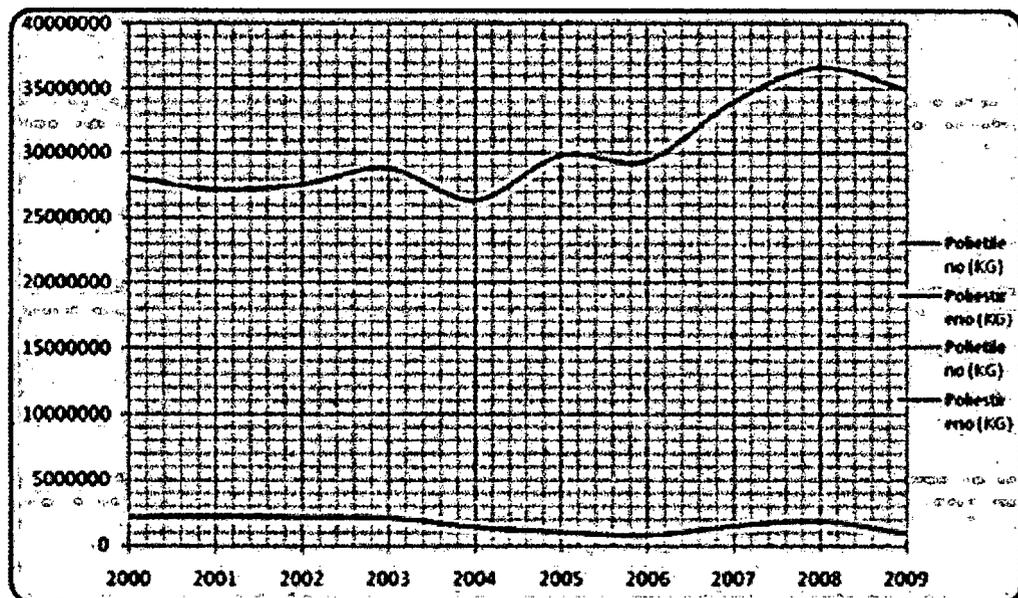
El polibutadieno y SBR se utilizan en diversos productos, tanto sea para su manufactura como aditivo en resinas plásticas para mejorar su resistencia.

GRÁFICO N° 2.15



Fuente : Aduanas

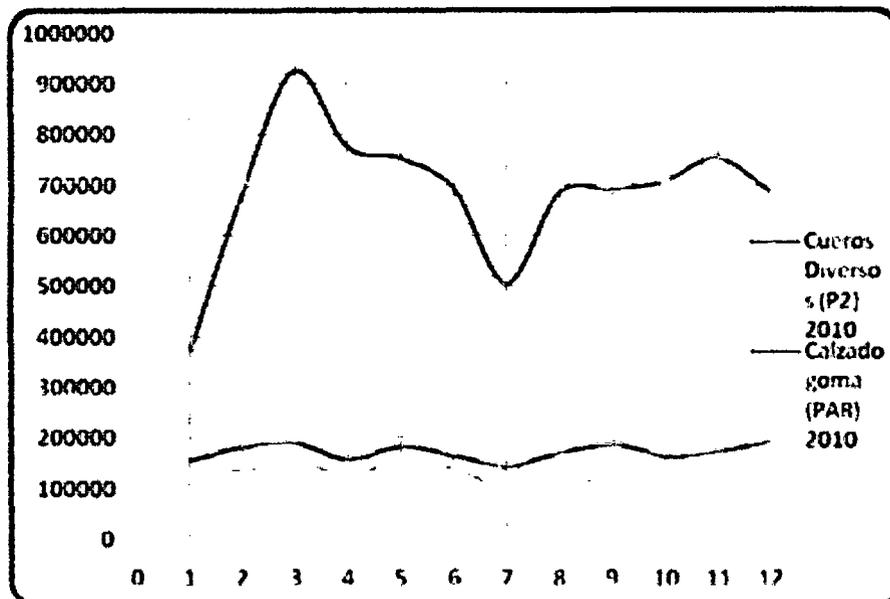
GRÁFICO N° 2.16



Fuente : Aduanas

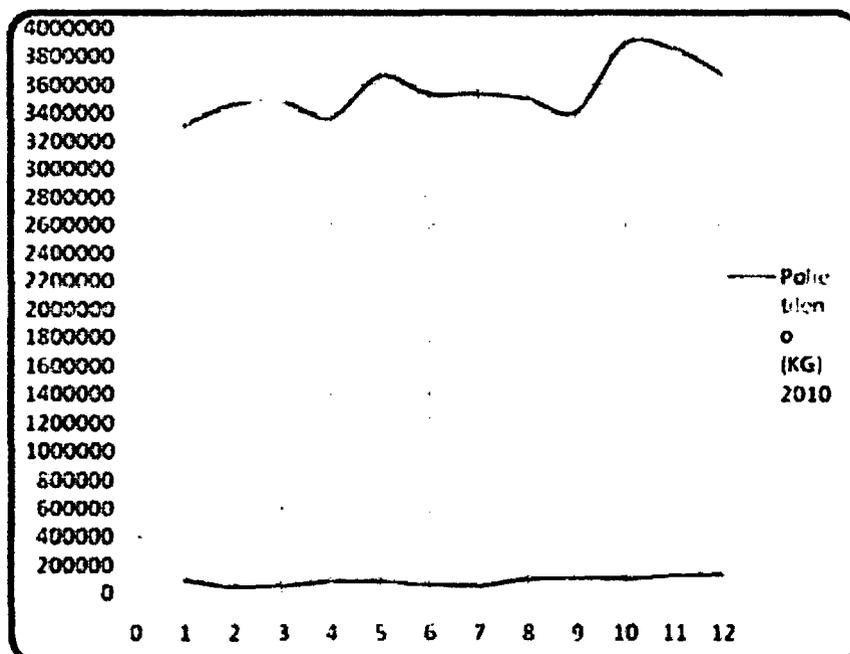
GRÁFICO N° 2.17

PRODUCCIÓN 2010 DE OTROS PRODUCTOS RELACIONADOS AL POLIBUTADIENO



Fuente : Aduanas

GRÁFICO N° 2.18



Fuente : Aduanas

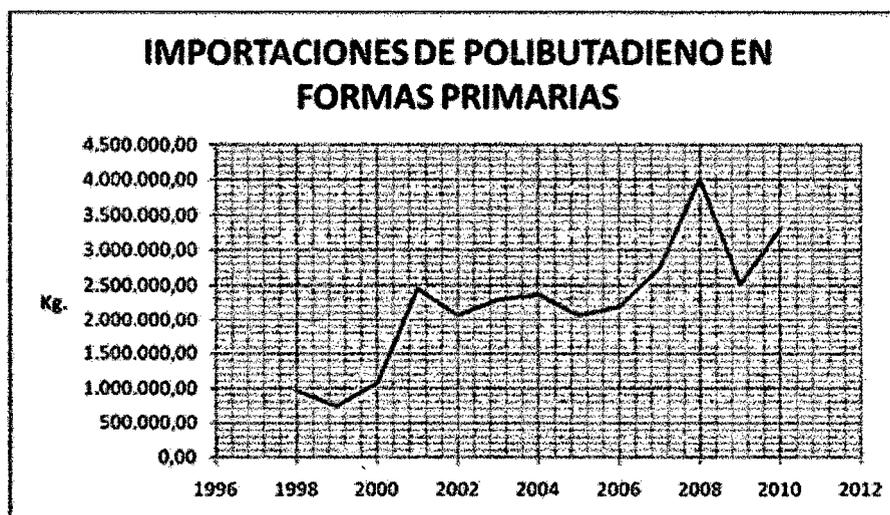
A diferencia de la producción de llantas, la cual es la más relevante en la producción de polímeros de butadieno, vemos en las Gráficos N° 2.15, 2.16, 2.17 y 2.18 que arrojan de la Tabla N° 2.20, que solamente las producciones de cueros y plásticos son las únicas que aumentan.

Esto realmente no tendría mucha relevancia en la producción de los polímeros, puesto que representan un porcentaje mínimo de los usos del polibutadieno.

2.5 Importaciones de polibutadieno

Polibutadieno en látex

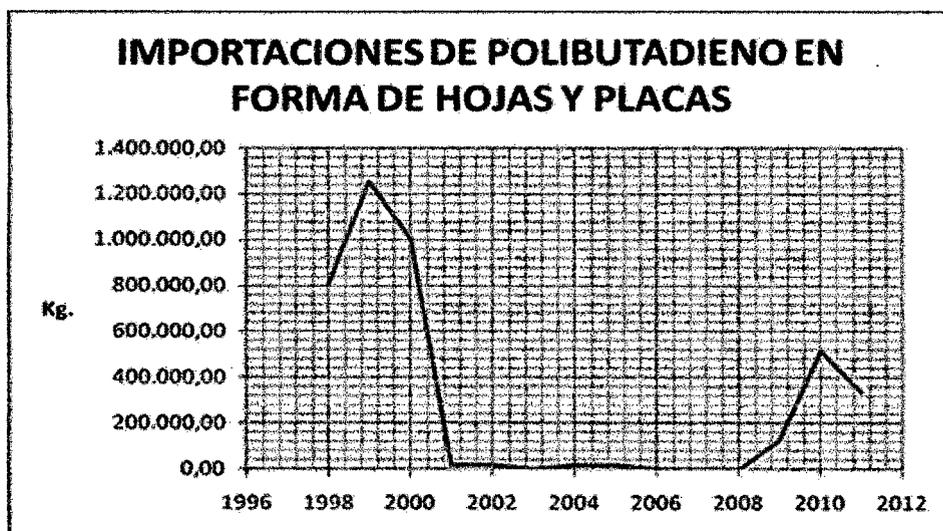
GRÁFICO N° 2.19



Fuente : Aduanas

Polibutadieno en hojas y placas

GRÁFICO Nº 2.20

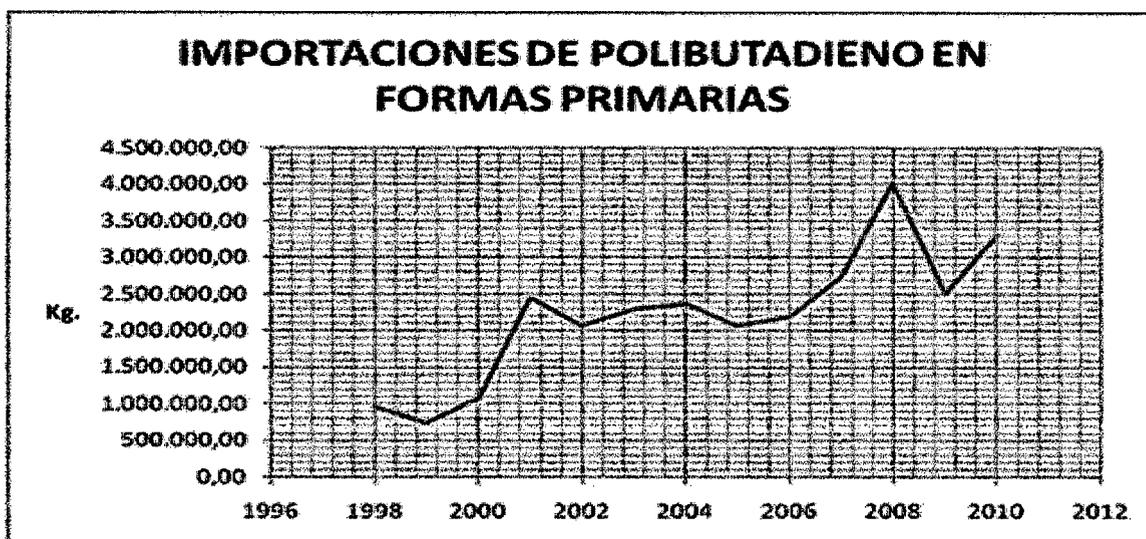


Fuente : Aduanas

A partir de los tres últimos años no podemos estimar una posible tendencia de estas importaciones.

Polibutadieno en formas primarias.

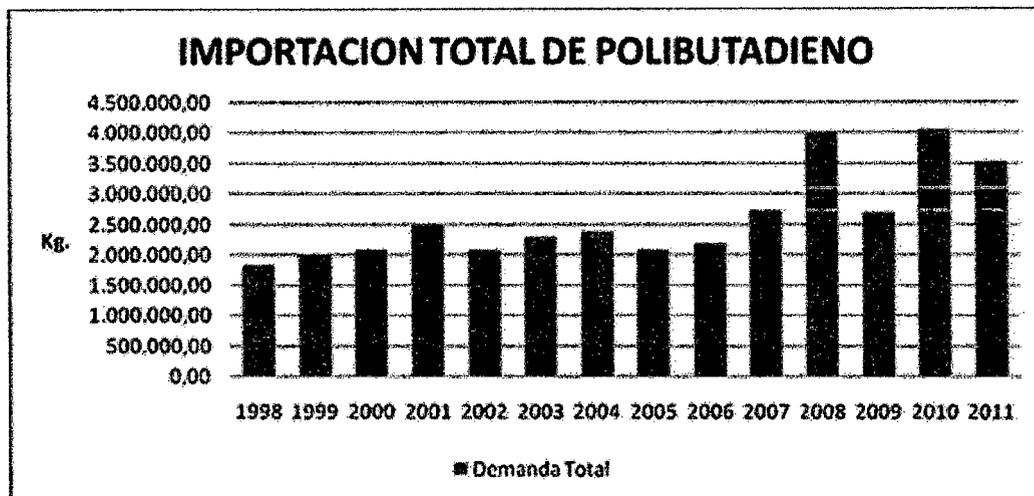
GRÁFICO Nº 2.21



Fuente : Aduanas

Importaciones totales para el butadieno

GRÁFICO N° 2.22



Fuente : Aduanas

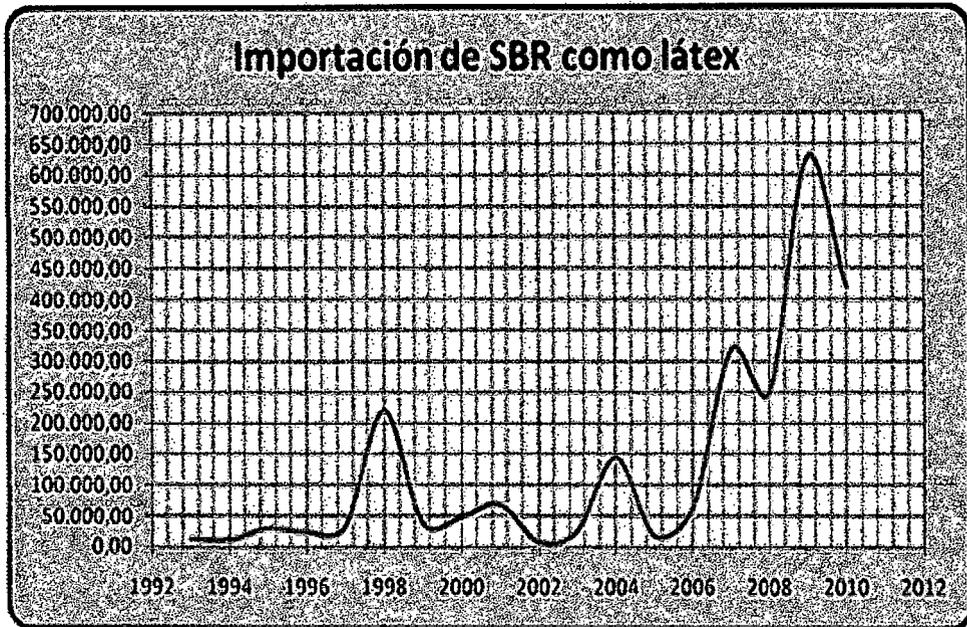
Se cubrirá el consumo mínimo nacional de 2000 toneladas anuales las cuales son usadas para la elaboración de llantas y demás utilidades.

Importaciones de SBR (Estireno – butadieno) en todas sus formas

Atender el mercado de SBR interno es una muy buena opción de industrialización para el butadieno, debido a que posee muchísima demanda y su precio tiende al alza.

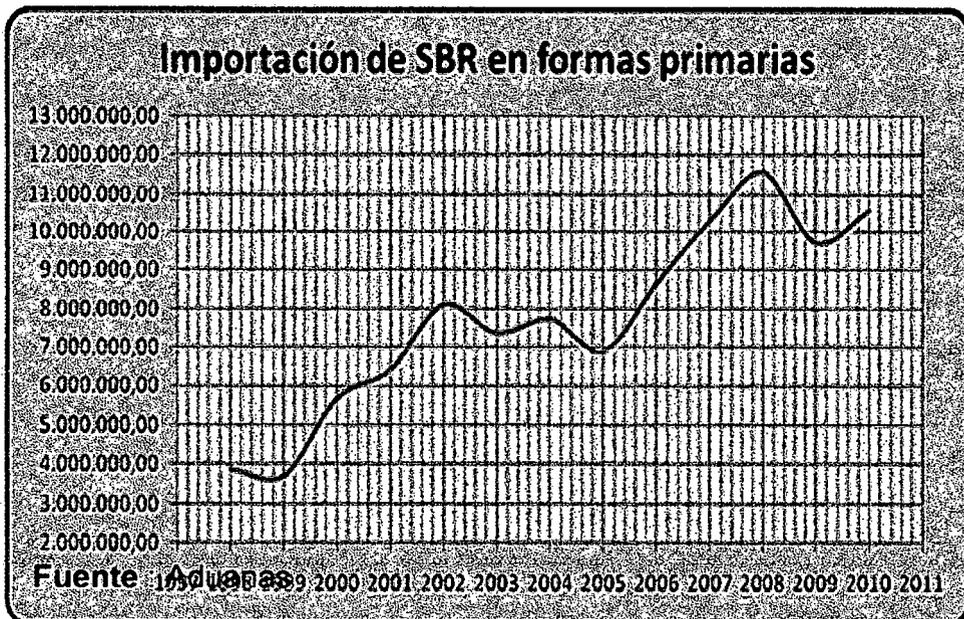
- a) SBR en látex.
- b) SBR en formas primarias.
- c) SBR como hojas, placas o tiras

GRÁFICO N° 2.23



Fuente : Aduanas

GRÁFICO N° 2.24



Fuente : Aduanas

GRÁFICO Nº 2.25



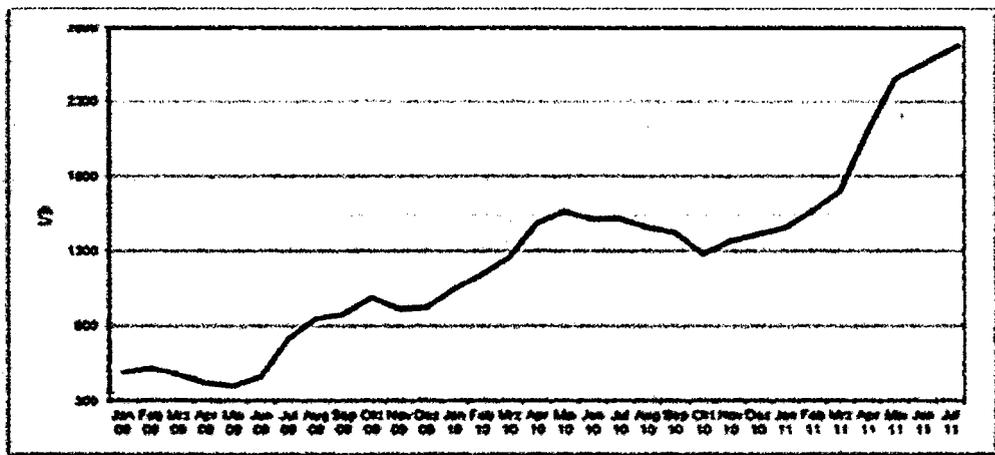
Fuente : Aduanas

2.6 Análisis de precios

2.6.1 Costo de la materia prima y el producto

Costo de Butadieno : Evolución del precio del butadieno en Europa (Enero 2009 – Julio 2011)

GRÁFICO Nº 2.26



Fuente : Aduanas

Desde Enero 2009, el precio del butadieno (euros/ton) se ha incrementado por cerca del 500% Como consecuencia de esto, el precio global del SEBS subió más del 400% en el mismo periodo.

Otra opción para el presente proyecto es la exportación de butadieno como tal, ya que tiene un alto valor comercial en el mercado internacional para la elaboración de diferentes tipos de productos finales como SBR, ABS, BR, resinas poliéster y otros

Costo del polibutadieno

Esos precios no se considerarán en el análisis, pues la masa a importar de polibutadieno era muy poca, y sabemos que los precios al por menor, aumentan mucho más que al por mayor.

Los precios del polibutadieno se obtuvieron dividiendo el valor CIF entre la masa neta de importación del polímero. Para lo que se obtuvo :

TABLA Nº 2.21

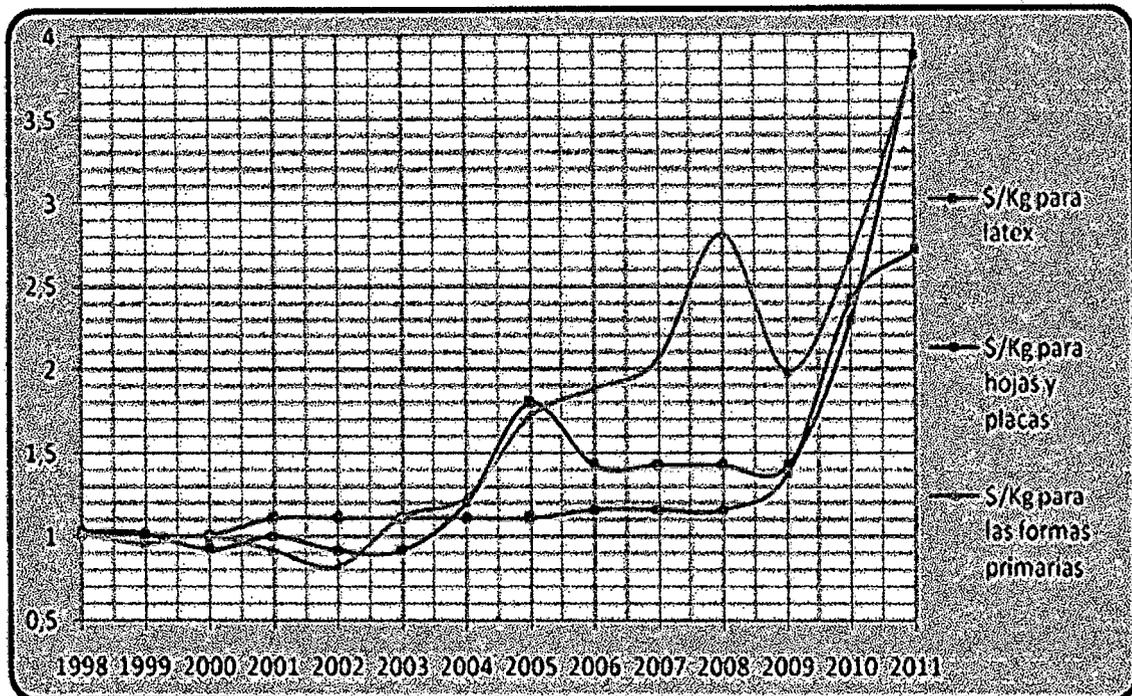
LATEX	
Año	\$ / Kg
1998	1,012932
1999	1,012932
2000	1,012932
2001	1,10953
2002	1,10953
2003	1,10953
2004	1,10953
2005	1,10953
2006	1,160156
2007	1,160156
2008	1,160156
2009	1,382949
2010	2,41242
2011	2,713673

Hojas y Placas	
Año	\$ / Kg
1998	1,037013
1999	1,023317
2000	0,924651
2001	1,003
2002	0,91985
2003	0,91985
2004	1,2036
2005	1,802447
2006	1,425815
2007	1,425815
2008	1,425815
2009	1,425815
2010	2,298206
2011	3,87911

Formas Primarias	
Año	\$ / Kg
1998	1,023381
1999	0,962241
2000	1,000133
2001	0,916618
2002	0,823808
2003	1,122475
2004	1,241002
2005	1,722765
2006	1,892648
2007	2,064138
2008	2,813033
2009	1,991245
2010	2,68017
2011	3,82665

Fuente : Aduanas

GRÁFICO N° 2.27



Fuente : Aduanas

Nos damos cuenta claramente que los precios del polibutadieno tienden al alza, llegando a aumentar en casi 300% desde 1998 hasta el 2011. Esta es una razón más para asegurar la viabilidad de nuestro proyecto con respecto al mercado interno.

La situación en el mercado externo es bastante similar, pues los precios son casi iguales o hasta mayores, y la industria de los neumáticos en otros países está más desarrollada, por lo que necesitan cantidades mayores de materia prima, lo que sería muy conveniente para poder exportar nuestros excedentes de SBR y BR

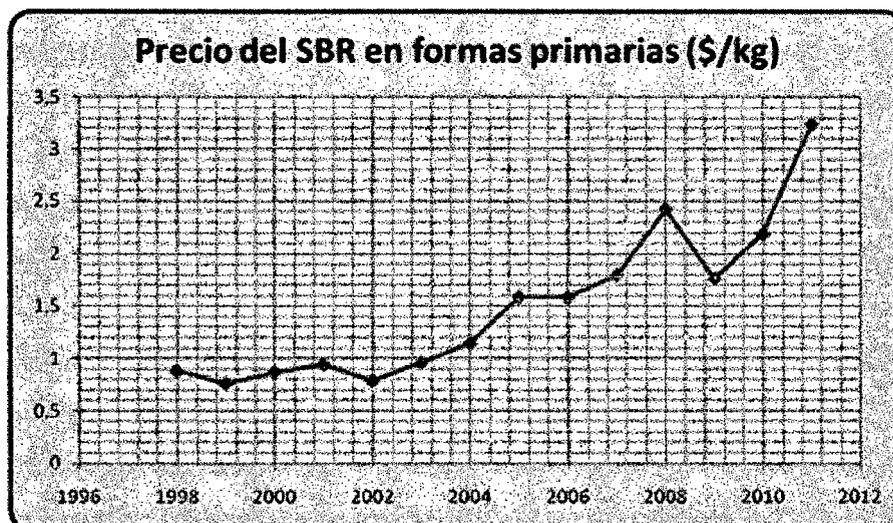
TABLA N° 2.22

PRECIOS DEL SBR EN TODAS SUS FORMA

Latex (\$/Kg)		Formas primarias (\$/Kg)		Placas, hojas o tiras (\$/Kg)	
Año	Precio (CIF/neta)	Año	Precio (CIF/neta)	Año	Precio (CIF/neta)
1993	1,144552632	1998	0,879684325	1998	0,93717856
1994	1,277916304	1999	0,760757354	1999	0,768026667
1995	1,387042312	2000	0,86815844	2000	0,777029023
1996	1,36626444	2001	0,943262611	2001	13,06218711
1997	1,607975645	2002	0,788927322	2002	0,96583685
1998	1,283164364	2003	0,959630775	2003	8,975672718
1999	1,888454401	2004	1,144773188	2004	82,30487805
2000	1,833558337	2005	1,585190619	2005	3,322343277
2001	1,605857151	2006	1,582455855	2006	1,789251111
2002	2,423817771	2007	1,797678991	2007	1,757326585
2003	1,91960469	2008	2,42408834	2008	1,954672319
2004	1,599734272	2009	1,764010802	2009	1,26745561
2005	1,746741298	2010	2,188741986	2010	2,995667625
2006	2,740704543	2011	3,23536089	2011	4,305513822
2007	3,051451848				
2008	4,182084136				
2009	4,732480435				
2010	2,714017399				
2011	2,712576554				

Fuente : Aduanas

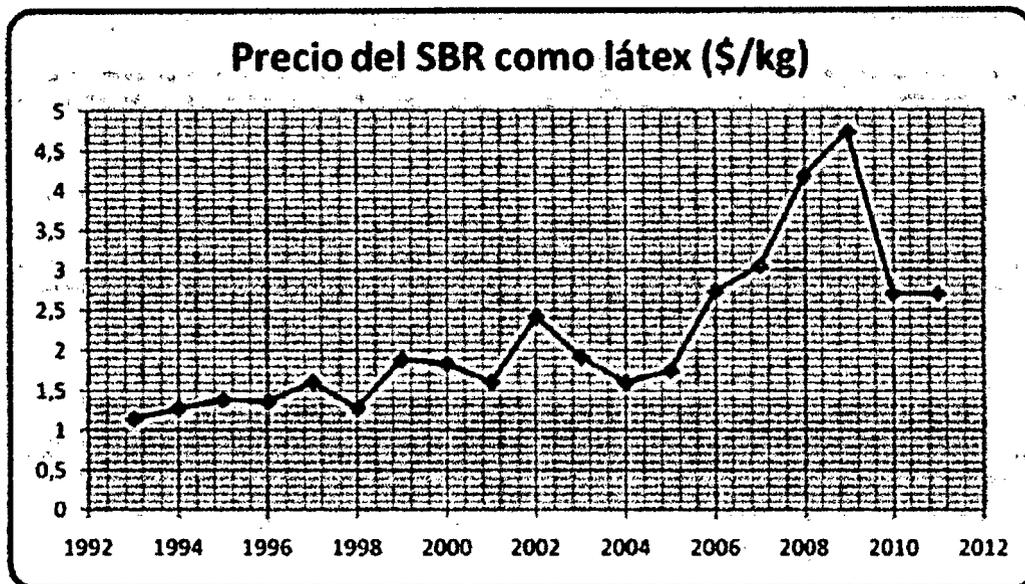
GRÁFICO N° 2.28



Fuente : Aduanas

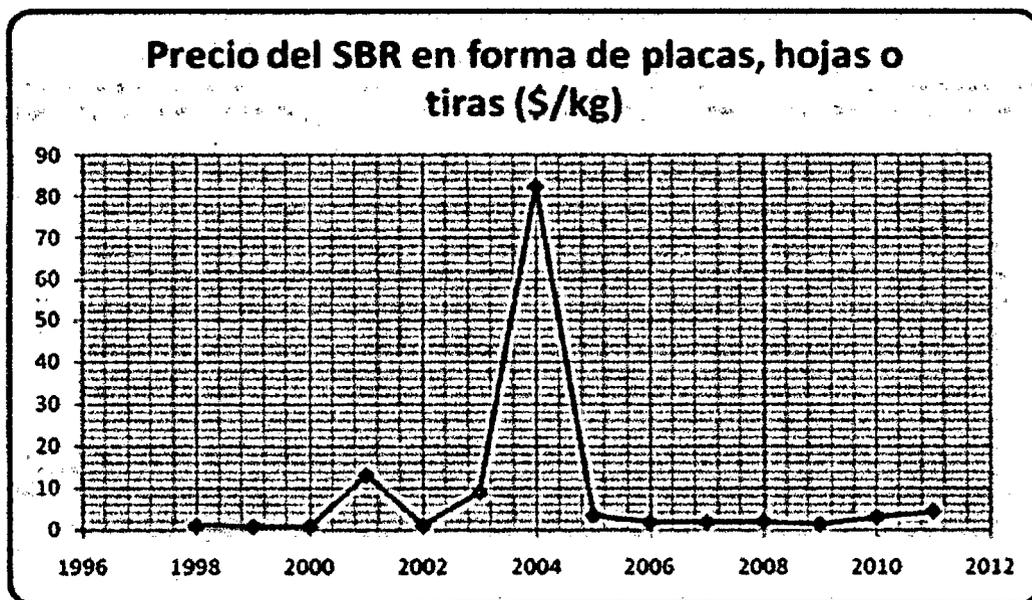
El SBR en forma primaria es la opción más rentable para un posterior tratamiento del butadieno, pues su precio tiende al alza a pesar de que cada vez se importa más cantidad.

GRÁFICO N° 2.29



Fuente : Aduanas

FIGURA N° 2.30



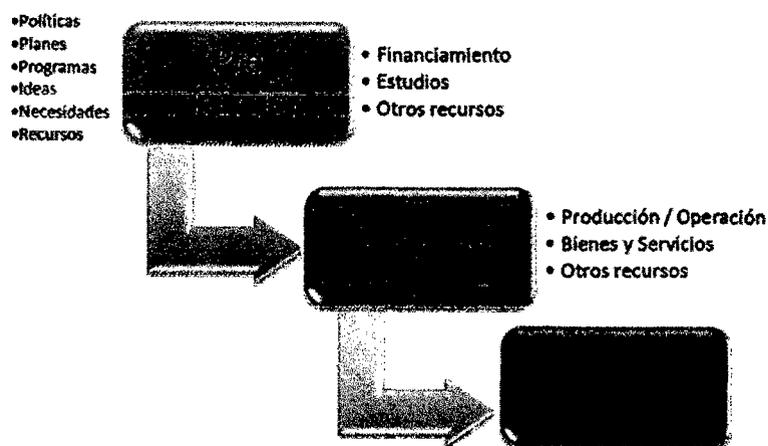
Fuente : Aduanas

Por más que omitamos el año en el que el SBR en forma de placas tuvo un pico en el precio, debido a la poca cantidad importada, no sería rentable orientarnos a su producción

2.7 Organización

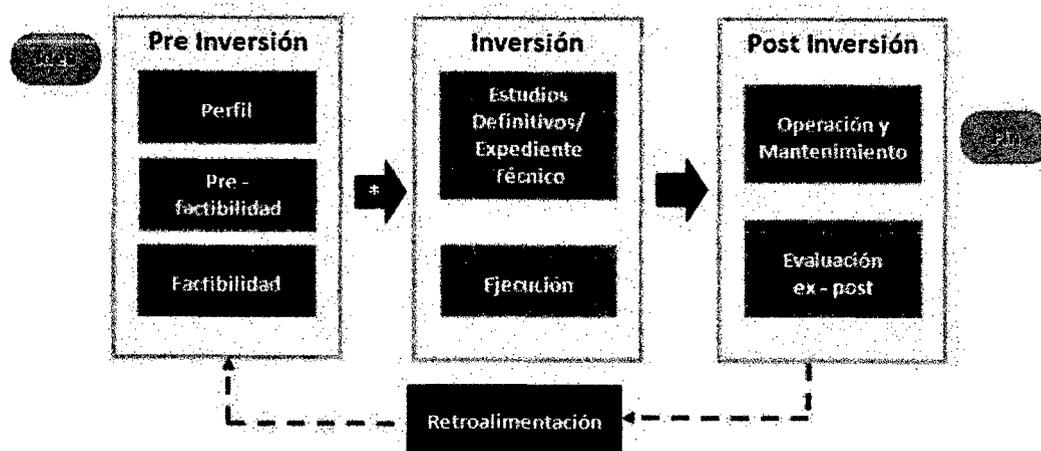
2.7.1 Actividades

FIGURA Nº 2.4



Fuente : Propia

FIGURA Nº 2.5



Fuente : Propia

2.8 Planificación

- a) Estudio del Mercado
- b) Programación del Proyecto
- c) Evaluación del Proceso
- d) Diseño del Proceso
- e) Diagrama de Bloque
- f) Diagrama de Flujo Codificado
- g) Plan Maestro
- h) Diseño detallado de Ingeniería
- i) Contrato y Construcción
- j) Adquisición de Materiales
- k) Construcción de la Planta
- l) Puesta en Marcha

2.9 Programación

Método de Pert

$$T \text{ esperado} = \frac{(T \text{ optimista} + 4 T \text{ más probable} + T \text{ pesimista})}{6}$$

$$T \text{ optimista} = 12 \text{ meses}$$

$$T \text{ más probable} = 18 \text{ meses}$$

$$T \text{ pesimista} = 24 \text{ meses}$$

$$T \text{ esperado} = 18 \text{ meses}$$

2.10 Evaluación

La evaluación se verá de acuerdo a lo programado y ejecutado en la Puesta en Marcha.

CAPÍTULO III

INGENIERIA DEL PROCESO

La ingeniería del proyecto es la reseña de la receta para lograr nuestro producto. Tiene por objeto obtener la información necesaria para la adopción de un proceso de producción adecuado.

Es muy importante su grado de detalle, porque permite definir el equipamiento y la cantidad de recursos y así establecer las bases sobre las que se construirá e instalará la planta, en caso de que nuestro proyecto demuestre ser factible.

En resumen, la ingeniería del proyecto debe incluir una descripción simplificada del proceso, mediante diagramas en los que se muestren las diferentes etapas de transformación que sufrirán las materias primas y materiales hasta convertirse en el producto final; asimismo, debe comprender la tecnología a utilizarse y los respectivos medios físicos de producción.

3.1 Descripción del producto

La unidad de extracción de butadieno puede ser diseñado para producir los siguientes producto de alta pureza. El refinado de la unidad de extracción, que consiste de butano y butileno convertidos se recicla a la unidad CATADIENE para la conversión definitiva de butadieno.

TABLA N° 3.1

PRODUCTO 1,3 –BUTADIENO

1,3 – butadieno	99,7 W %
Propadieno	< 5 ppm por W
1,2 butadieno	< 20 ppm por W
Acetilenos	< 20 ppm por W

Fuente : Propia

Subproductos :

Emiten vapores de la sección de recuperación, se produce como un subproducto y se normalmente se queman como combustible. Una parte importante del hidrógeno en el gas de salida puede ser recuperado en alta pureza a presión en la unidad de adsorción (PSA)

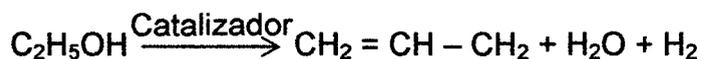
Primero necesitamos saber cómo obtener nuestro butadieno, cuales son los procesos más utilizados y las reacciones que estas conllevan para luego elegir la más adecuada para nuestro proyecto.

3.1.1 Procesos de obtención del butadieno

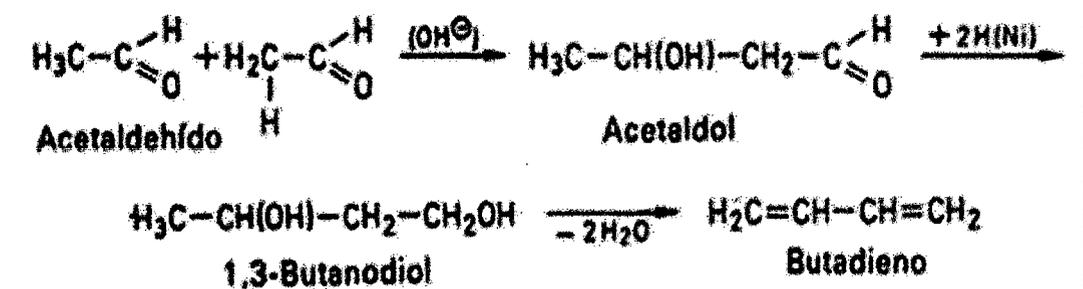
- a) Se obtiene principalmente a partir de los gases del petróleo según diferentes procesos.
- b) El más utilizado en la actualidad, se fundamenta en la deshidrogenación catalítica del Butano o del Butileno. En el caso de emplear butano se deshidrogena primero a butileno y después a Butadieno: **(Proceso Catadieno)**



- c) Es posible también, obtener Butadieno a partir de alcohol etílico por medio de la conversión catalítica :



- d) El proceso europeo utiliza acetaldehído como materia prima, el cual forma Aldol y por hidrogenación se obtiene el 1,3-butileno glicol que por deshidratación da butadieno.



El proceso americano fabrica butadieno partiendo de alcohol etílico. El alcohol se oxida catalíticamente a acetaldehído, y éste reacciona en caliente con más alcohol en presencia de un catalizador para formar el butadieno :



e) El butadieno, generalmente, es obtenido de los cortes de C4 mediante Extracción por solventes, una operación que es, a veces, facilitada por una preliminar hidrogenación selectiva de los compuestos acetilénicos.

En un número de aplicaciones, el refinado en sí debe someterse a un tratamiento similar para eliminarlo de las olefinas residuales. El corte inicial, pasa mediante hidrogenación, puede también ser útil para el mismo propósito.

3.2 Descripción de la materia prima

Para la obtención de butadieno, tenemos como materia prima el butano el cual es obtenido de la Plante de Fraccionamiento de Pisco, para ello seleccionaremos un proceso para la obtención de butadieno con una conversión alta para beneficio de nuestro proyecto, el objetivo de la siguiente tesis es mostrar las diversas formas de obtención de butadieno.

Alimentación y especificación de producto

La unidad CATADIENE pueden ser diseñados para procesar una amplia variedad de materias primas. Una carga típica tiene las siguientes características :

TABLA N° 3.2

ALIMENTACION DEL BUTANO

Componente	W %
Isobutano	2,0
N – butano	97,8
C ₅ ⁺	0,2

Fuente : Propia

Cualquier aumento en el nivel de impurezas de C3 y C5 aumentaría la cantidad de gas de salida ya que estas impurezas agrietan la salida de hidrocarburos más ligeros. La unidad CATADIENE está diseñado para producir una corriente que contiene C4 27Wt% Butadieno como alimento a una unidad de extracción de butadieno.

3.3 Análisis y descripción de la tecnología

Carga : Butano

Procesos :

- 1) Steam cracking → Haldor Topsoe technology
- 2) Deshidrogenación de butano → Lummus technology

3.4 Descripción de los procesos

3.4.1 Proceso steam cracking (Haldor Topsoe Technology)

Las olefinas más importantes para producir productos petroquímicos son el etileno, el propileno, los butilenos, y el butadieno. La separación de estas olefinas a partir de los procesos de cracking catalítico y térmico de refinería puede lograrse mediante métodos de separación físicos y químicos. Sin embargo, la demanda petroquímica de olefinas es mucho mayor que las cantidades que estas operaciones producen.

La ruta principal para producir olefinas, especialmente etileno, es el cracking térmico en fase vapor (Steam cracking) de hidrocarburos. Las materias primas de las unidades de Steam cracking varían desde hidrocarburos gaseosos parafínicos livianos hasta fracciones de petróleo y residuos.

Reacciones de cracking y cooking :

Las reacciones de cracking son principalmente rupturas de enlace y necesitan de una cantidad sustancial de energía para producir olefinas. La parafina más simple (alcano) y la materia prima más utilizada para producir etileno es el etano. El etano se obtiene a partir de los líquidos del gas natural.

El craqueo del etano puede visualizarse como una deshidrogenación por radicales libres, donde se produce hidrógeno como sub producto :

- a) La reacción es altamente endotérmica, entonces se ve favorecida a temperaturas elevadas y presiones bajas.

Se emplea vapor sobrecalentado para reducir la presión parcial de los hidrocarburos reaccionantes (en este caso, etano). El vapor sobrecalentado también reduce los depósitos de carbón que se forman por la pirolisis de los hidrocarburos a altas temperaturas. Por ejemplo, la pirolisis del etano produce carbón e hidrógeno :

- a) El etileno también piroliza de la misma manera. Adicionalmente, la presencia de vapor de agua como diluyente reduce las chances de los hidrocarburos de entrar en contacto con las paredes de los tubos del reactor.

Los depósitos reducen la transferencia de calor a través de los tubos del reactor, pero el vapor reduce este efecto reaccionando con los depósitos de carbón (reacción de reformado con vapor). Cuando el etano se craquea ocurren muchas reacciones laterales. Una probable secuencia de reacciones entre el etileno y un radical metilo o etilo podría ser :

- a) Se produce propileno y 1 – buteno en esta reacción de radicales libres. Los otros hidrocarburos encontrados como producto del steam cracking se forman mediante reacciones similares. Cuando se emplean hidrocarburos líquidos como nafta o gas oil para producir olefinas, ocurren muchas otras reacciones.

La reacción principal, la reacción de craqueo, ocurre por radicales libre y escisión β de enlaces C–C. Esto podría representarse como : El nuevo radical libre puede terminar por abstracción de un átomo de hidrógeno, puede continuar craqueando hasta dar etileno y un radical libre. Los radicales libres producidos producen más craqueo y por lo tanto más olefinas.

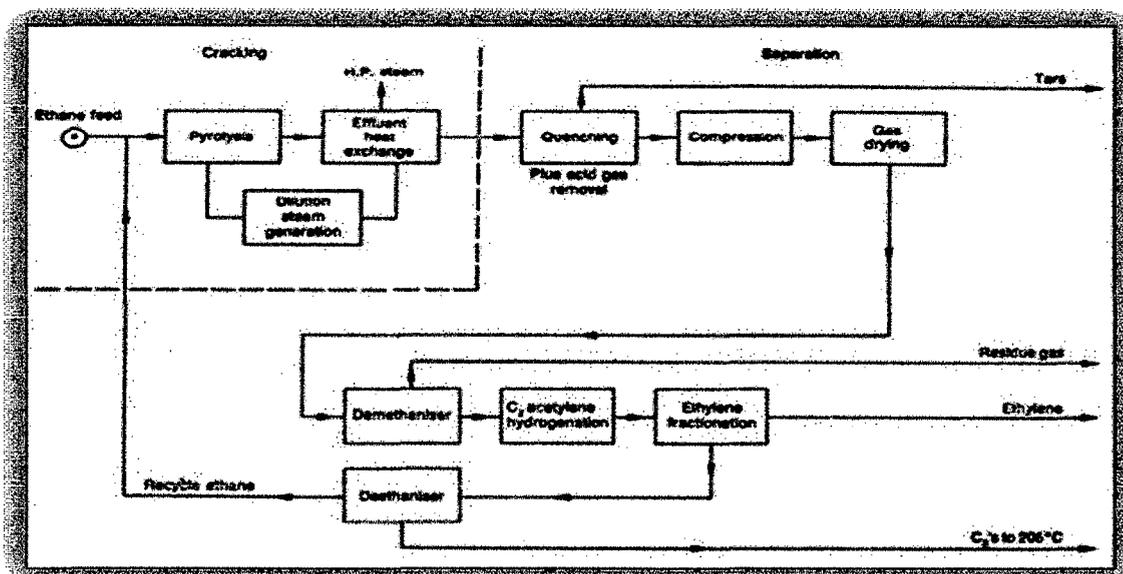
En el horno y en la línea de transferencia, la coquificación es un problema significativo. El cooking catalítico ocurre sobre superficies metálicas limpias donde el níquel y otros metales de transición utilizados en las aleaciones de los tubos radiantes catalizan la deshidrogenación y la formación de coque.

Ésta última, reduce el rendimiento de producto, aumenta el consumo energético, y acorta la vida útil de los tubos. La coquificación está relacionada con la materia prima, la temperatura, y la dilución con vapor. Los tubos radiantes se ensucian gradualmente con una capa interna de coque, por lo tanto, aumenta la temperatura del metal y la pérdida de carga. El coque es reducido mediante el agregado de anti incrustantes, que pasivan el mecanismo de cooking catalítico. En los últimos 20 años, se han hecho mejoras significativas en el diseño y la operación de hornos de pirolisis de alta severidad. El uso de mejores aleaciones para los tubos ha permitido elevar la temperatura, acortar los tiempos de residencia y reducir la pérdida de carga.

Proceso de cracking en fase vapor :

Un cracker típico de etano tiene varios hornos de pirolisis en los cuales la alimentación fresca de etano y etano reciclado son craqueados con vapor como diluyente.

FIGURA N° 3.1



Fuente : Haldor Topsoe Technology

En la **Figura N° 3.1** se muestra un diagrama de bloques de la producción de etileno a partir de etano. La temperatura de salida del horno se encuentra por lo general en torno a 800°C. El efluente que sale del horno se enfría en un intercambiador de calor en primer lugar y luego por contacto directo en una torre quench con agua donde el vapor se condensa y se recicla al horno de pirolisis. Luego, el gas craqueado se trata para eliminarle los gases ácidos, el hidrógeno y el metano se separan de los productos de pirolisis en la demetanizadora.

Al efluente resultante se le remueve el acetileno, y el etileno se separa del etano y más pesados en la fraccionadora de etileno. La fracción de fondo se separa en la detanizadora para dar etano, que se recicla como alimentación al horno de pirolisis, y C3+. Una planta de olefinas que utiliza alimentación líquida requiere un horno adicional de pirolisis, un intercambiador enfriador del efluente, y una fraccionadora primaria para la separación del fuel oil.

Variables del proceso :

Las variables más importantes del proceso son la temperatura del reactor, el tiempo de residencia y la relación vapor/hidrocarburo. Las características de la alimentación también son consideradas, por que influyen en la severidad del proceso.

Temperatura :

Las reacciones de craqueo en fase vapor son altamente endotérmicas. Aumentar la temperatura favorece la formación de olefinas, olefinas de mayor peso molecular, y

aromáticos. Las temperaturas óptimas se seleccionan usualmente para maximizar la producción de olefinas y minimizar la formación de coque. La temperatura del reactor es también función de la materia prima utilizada. Los hidrocarburos de mayor peso molecular generalmente craquean a menor temperatura. Por ejemplo, la temperatura típica de un horno para el craqueo de etano es aproximadamente 800°C, mientras que la temperatura de craqueo de nafta o gas oil está entre 675°C y 700°C

Tiempo de residencia :

En los procesos de stream cracking, las olefinas formadas son los productos principales. Los aromáticos y otros hidrocarburos pesados resultan de reacciones secundarias de las olefinas formadas. De acuerdo a esto, se requieren tiempos de residencia cortos para obtener un alto rendimiento de olefinas.

Cuando se utiliza etano e hidrocarburos gaseosos livianos como alimentación, se requieren tiempos de residencia más cortos para maximizar la producción de olefinas y minimizar los rendimientos de BTX (benceno, tolueno, xilenos) y líquidos. Tiempos de residencia típicos: 0,5 á 1,2 segundos. Sin embargo, el tiempo de residencia depende de la temperatura de reacción y otras variables.

Un descubrimiento bastante nuevo en el craqueo de alimentaciones líquidas que mejora el rendimiento a etileno es el horno milisegundo, el cual opera entre 0,03 y 0,1 segundos con una temperatura de salida en el rango de 870°C – 925°C.

El horno mili segundo probablemente represente el último paso que puede tomarse con respecto a esta variable crítica porque tiempos de contacto menores a 0,01 segundos llevan a la producción de grandes cantidades de acetilenos.

Relación de vapor/HC :

Una relación vapor/HC alta favorece la formación de olefinas. El vapor reduce la presión parcial de los hidrocarburos en la mezcla y aumenta el rendimiento de olefinas. Las alimentaciones más pesadas requieren más vapor que las alimentaciones gaseosas para reducir el depósito de coque en los tubos del horno. Las alimentaciones líquidas tales como gas oil y residuos de petróleo tienen compuestos aromáticos polinucleares que son precursores del coque. Las relaciones másicas vapor/HC típicas son 0,2-1 para el etano y aproximadamente 1 – 1,2 para alimentaciones líquidas.

Materias primas :

Las alimentaciones de las unidades de steam cracking varían apreciablemente, desde hidrocarburos gaseosos livianos (como el etano) hasta residuos del petróleo (como el gas oil de vacío) Debido a las diferencias en la cinética del cracking de los distintos hidrocarburos, la temperatura del reactor y el tiempo de residencia varían. Como se mencionó anteriormente, los hidrocarburos de cadena larga craquean más fácilmente y requieren menores temperaturas de craqueo.

Por ejemplo, se encontró que la temperatura y el tiempo de residencia que dan una conversión del 60% de etano, originan una conversión del 90% de propano. La

composición de la materia prima determina los parámetros de operación. Las velocidades de craqueo de los hidrocarburos difieren de acuerdo a su estructura. Los hidrocarburos parafínicos craquean más fácilmente que los cicloparafínicos, y los aromáticos tienden a pasar inafectados. Las isoparafinas como el isobutano y el isopentano dan altos rendimientos de propileno. Esto es esperable, debido a que el craqueo del carbón terciario es más sencillo.

A medida que las alimentaciones van desde el etano a fracciones más pesadas con relaciones menores H/C, el rendimiento de etileno disminuye, y la alimentación por libra de etileno producido aumenta notoriamente. La **Tabla N° 3.3** muestra rendimientos para él.

TABLA N° 3.3

RENDIMIENTOS EN DIFERENTES MATERIAS PRIMAS

Ultimate yields from steam cracking various feedstocks ⁴⁵						
Feedstock						
Yiel, wt%	Ethane	Propane	Butane	Naphtha	Gas oil	Saudi NGL
H ₂ + CH ₄	13	25	24	26	18	23
Ethylene	80	45	37	30	25	50
Prpylene	2,4	15	18	13	14	12
Butadiene	1,4	2	2	4,5	5	2,5
Mixed butenes	1,6	1	6,4	8	6	3,5
C ₂ ⁺	1,6	9	12,6	18,5	32	9

Fuente : Revista Hydrocarbon Processing

Alimentaciones gaseosas :

La principal materia prima gaseosa para producir etileno es el etano. El propano y el butano o sus mezclas, GLP, se utilizan también, pero en menor medida. Se emplean especialmente cuando se necesitan los coproductos: propileno, butadieno y butenos.

La ventaja de utilizar etano como alimentación en crackers es su alto rendimiento a etileno con mínimos subproductos.

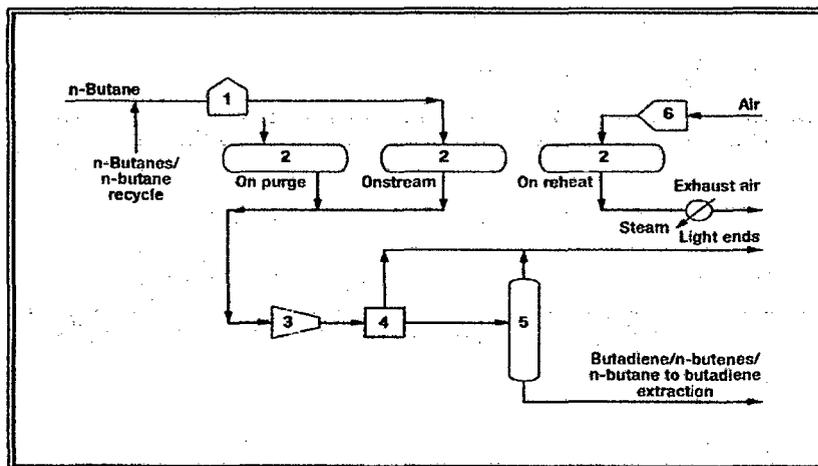
Por ejemplo, para una conversión por paso del 60%, el rendimiento final de etileno es 80% basándose en que el etano es recirculado hasta que se acaba. Las siguientes son las condiciones operativas típicas para una unidad de craqueo de etano y los productos obtenidos: El craqueo de propano es similar al del etano excepto por la temperatura del horno, que es relativamente menor.

Sin embargo, se forman más productos secundarios, y la sección de separación es más compleja. El propano da menor rendimiento de etileno, mayor de propileno y butadieno, y significativamente más gasolina de pirolisis aromática. El gas residual (principalmente H_2 y metano) es cerca de dos veces y media más que el producido cuando se utiliza etano. Aumentando la severidad de la unidad de craqueo de propano aumentan los rendimientos de etileno y gas residual y disminuye el rendimiento de propileno. El craqueo de n-butano es similar al de etano y propano, pero el rendimiento de etileno es aún menor.

Se ha notado que craqueando propano o butanos en condiciones similares de severidad se obtiene aproximadamente igual cantidad de líquidos. Las mezclas de propano y butano (GLP) se están volviendo importante como materias primas de Steam crackers para la producción de olefinas C2 – C4

3.4.2 Proceso de deshidrogenación del butano proceso Catadiene (Lummus Technology)

FIGURA N° 3.2



Fuente : Proceso Catadiene

Proceso Catadiene :

El butano obtenido de una planta de fraccionamiento, se deriva hacia una planta de deshidrogenación de butanos para la producción de butadieno. Existen varias patentes para la producción de butadieno, de las cuales la más resaltante es la patente de la empresa Lummus Technology denominado proceso CATADIENE y la patente del catalizador de la empresa Súd Chemie.

Descripción : El sistema de reacción CATADIENE consiste en paralelo reactores de lecho fijo y un sistema de regeneración de aire.

Los reactores son reciclados a través de una secuencia que consta de pasos de reacción, la regeneración y purga.

Los reactores múltiples se utilizan para que el reactor de alimentación, producto y el sistema de regeneración de aire funcionen de manera continua.

La carga de n – butano se combina con una corriente de reciclaje de una unidad de extracción de butadieno. En la **Figura N° 3.2** la alimentación total se vaporiza y se calienta hasta la temperatura de reacción en un calentador (1) y alimenta a los reactores (2). La reacción se lleva a cabo en condiciones de vacío para maximizar la conversión de n – butano y selectividad hacia el butadieno. El gas efluente del reactor se enfría rápidamente con aceite de circulación, el cual es comprimido (3) y enviado a la sección de recuperación (4), donde gases inertes, hidrogeno e hidrocarburos ligeros son separados del compresor.

El líquido condensado a partir de la sección de recuperación se envía a un despropanizador (5), donde el propano y componentes más ligeros son separados de los C₄s. El flujo de fondos, que contienen butadieno, n – butenos y n – butano, se envía a una unidad de extracción de butadieno, que recupera y recicla productos butadieno n-butenos y n – butano de nuevo a los reactores del proceso CATADIENE.

Proceso Houdry – Catadiene :

Proceso mejorado de Catadiene, básicamente depende de un catalizador mejorado de cromo/alúmina. La deshidrogenación catalítica de n–butano es un proceso de dos etapas, inicialmente va de n–butano a n-buteno y luego a butadieno. Ambos pasos son endotérmicos. Una de las principales butano proceso basado en el proceso de Houdry–

Catadiene se indica en la **Figura N° 3.3**. En el proceso de Houdry, el n-butano es deshidrogenada sobre catalizadores de cromo / alúmina.

Los reactores funcionan normalmente a los 12 – 15 cm de Hg de presión absoluta y aproximadamente 1100°F – 1260°F (600°C – 680 °C). Tres o más reactores puede ser utilizado para simular el funcionamiento continuo: mientras que el primer reactor se encuentra en línea, la segunda se regenera, y el tercero está siendo purgados antes de la regeneración.

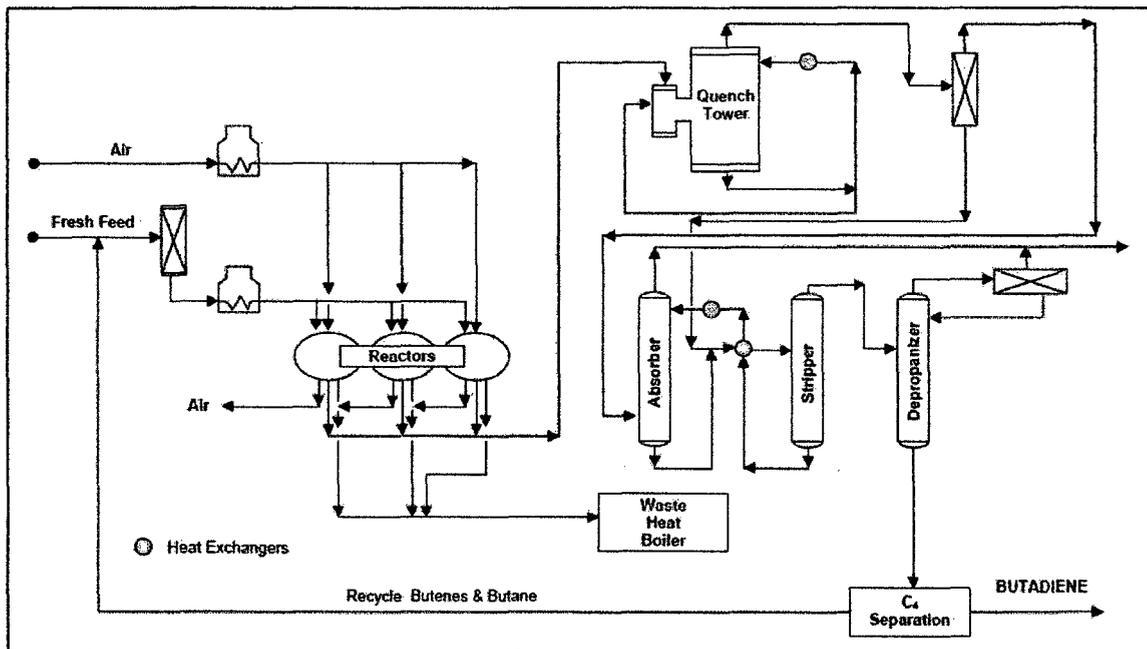
El tiempo de residencia para la alimentación en el reactor es de aproximadamente 5–15 minutos. A medida que avanza la reacción endotérmica, la temperatura del catalizador de la cama y una pequeña cantidad de coque se deposita. En el ciclo de regeneración, este coque se quema con aire precalentado, que puede suministrar prácticamente todo el calor necesario para que el reactor hasta la temperatura de reacción deseada.

El efluente del reactor se dirige directamente a una torre de enfriamiento, donde se enfría. Esta corriente es comprimido antes de alimentar a un sistema de absorción / stripper, en un concentrado de C4 se produce para alimentar a un sistema de extracción de butadieno para la recuperación de gran pureza de butadieno.

Las plantas de olefinas generalmente producen corrientes de butadieno crudo que contienen muy pocas C3 y C5 componentes, como lo demuestra el análisis que figura en la **Tabla N° 3.4**, proporciona una idea de lo mucho que la calidad de un flujo de crudo C4 puede variar de una fuente a otra. La composición de la corriente

de butadieno crudo también puede ser alterada a través de mezcla de los flujos de reciclaje de diferentes productos.

FIGURA N° 3.3



Fuente : Proceso Catadiene

TABLA N° 3.4

Component	Crude butadiene – Vol%	Example range
C3 & lighter	0,40	0,01 – 1,00
i - butane	1,00	0,50 – 18,00
n - butane	5,00	3,00 – 33,00
Butene 2 (Cis)	4,05	2,50 – 10,00
Butene 2 (Trans)	5,45	3,50 – 12,00
Butene – 1	14,88	7,00 – 17,00
i - butylene	22,50	12,00 – 27,00
1,2 - butadiene	0,16	0,10 – 2,00
1,3 - butadiene	44,00	10,00 – 75,00
C4 acetylenes	1,41	0,05 – 3,50
M acetylene	0,06	0,01 – 0,50
E acetylene	0,20	0,01 – 1,00
V acetylene	1,15	0,01 – 2,50
C5 ⁺	0,90	0,10 – 4,00
Other	0,25	
	100,00	

Fuente : Proceso Catadiene

Composición del producto a la salida del reactor.

La conversión de butano en total por el proceso de deshidrogenación es de 67%

3.4.3 Descripción de la tecnología

Utilizando el proceso de CATADIENE, butadieno puede producir a partir ya sea butano puro o un flujo de mezcla de butano / butileno.

El esquema de tratamiento para el proceso de butadieno es CATADIENE muestra en el esquema de flujo del proceso en general y consiste en los siguientes pasos :

- a) Deshidrogenación de butano para hacer butadieno
- b) La compresión del efluente del reactor
- c) La recuperación y purificación del producto

La tecnología utiliza reactores cíclicos de lecho fijo con producción continua.

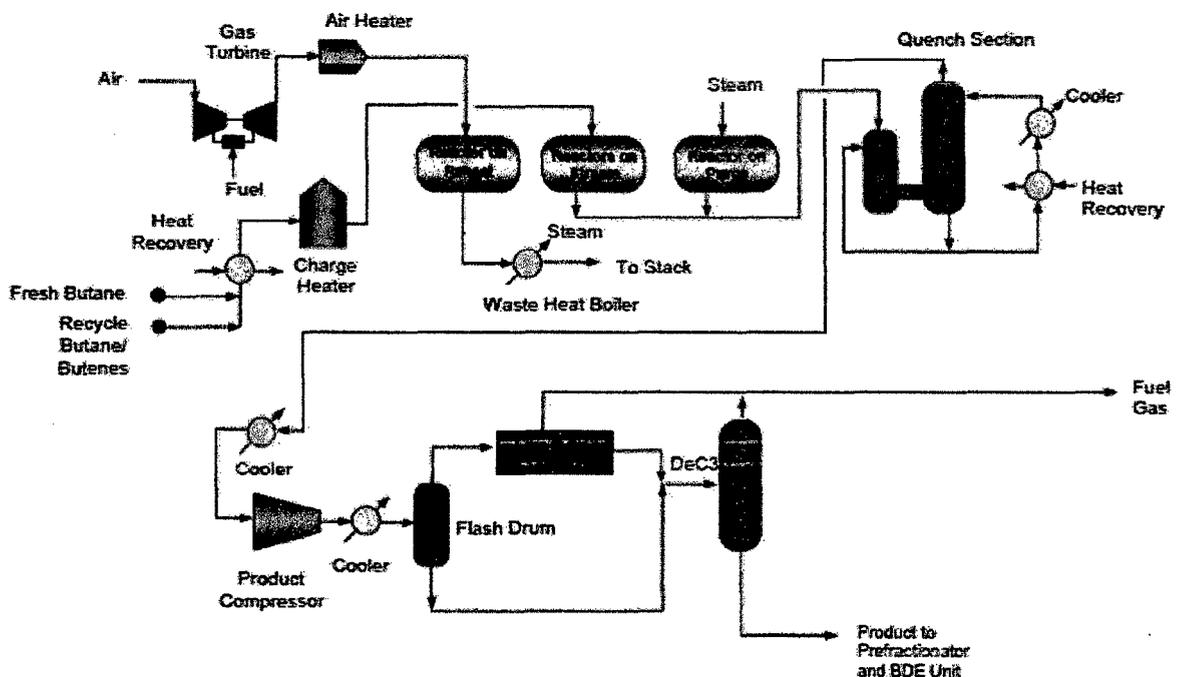
Características de la tecnología incluyen :

- a) Alta tolerancia a la alimentación C4 impuras
- b) No halogenuros (cloro)
- c) Catalizador barato y robusto
- d) No hay pérdidas de catalizador
- e) No hidrógeno de recirculación
- f) No hay vapor de agua de dilución

- g) No hay problemas de suciedad importante
- h) Tiempo mínimo necesario para alcanzar el rendimiento del diseño después de un cierre
- i) Inyección de bajo contenido en azufre (15 ppm en la alimentación del reactor)

3.5 Diseño del proceso seleccionado

FIGURA N° 3.4



Fuente : Proceso Catadiene de la ABB Lummus

3.5.1 Descripción y diagrama de proceso

Descripción general del proceso.- El proceso de CATADIENE convierte butano y n-butenos a butadieno por deshidrogenación sucesivas en una operación de un solo paso empleando un catalizador cromo – alúmina. Los n – butanos y los n – butenos no

convertidos se reciclan en la sección del reactor a fin de que butadieno es el único producto neto. Las condiciones de operación del proceso se seleccionan para optimizar la relación entre la selectividad, conversión y el consumo de energía en el rango de temperatura y presión:

TABLA N° 3.5
RANGOS DE TEMPERATURA Y PRESIÓN

T	575°C – 625°C
P	0,14 – 0,24 bar

Fuente : Propia

Reacciones secundarias producen gases de hidrocarburos ligeros en pequeñas cantidades, junto con hidrocarburos más pesados que el alimento (polímero). El más pesado de estos hidrocarburos se deposita en forma de coque en el catalizador.

Una característica clave del proceso es que el calor se absorbe en la cama del catalizador por la reacción de deshidrogenación a medida que avanza, poco a poco la reducción de la temperatura del lecho del catalizador. Esta temperatura la reducción, junto con el coque depositado en el catalizador disminuye su capacidad de producir los productos deseados. Para remover el coque y recuperar el calor necesario para el lecho del catalizador, se requiere recalentar periódicamente el catalizador con aire caliente.

El proceso se lleva a cabo en un tren de reactores de lecho fijo que operan sobre una base cíclica y en una secuencia definida para permitir un flujo continuo ininterrumpido de las corrientes de los principales. En un ciclo completo, los vapores de hidrocarburos

se deshidrogenada y el reactor se purga de vapor y soplado con aire para calentar el catalizador y quemar frente a la pequeña cantidad de coque que se deposita en el ciclo de la reacción. Estos pasos son seguidos por una evacuación y la reducción y luego otro ciclo se inicia.

El sistema está adecuadamente entrelazado para garantizar la seguridad de las válvulas en secuencia y evitar la mezcla de aire y de gases de hidrocarburos.

Sección de reacción:

En la sección de reacción, el butano se convierte en butadieno al pasar a través de un lecho de catalizador. Alimentación fresca de butano es combinado con butano reciclado proveniente de la unidad de extracción de butadieno aguas abajo. La alimentación total es vaporizada por intercambio de calor con una corriente de enfriamiento de circulación de aceite. Aguas arriba de este intercambiador, una pequeña cantidad de un agente de sulfuración se añadido a la alimentación para neutralizar los metales en el oxidante y alterna la reducción de la atmósfera de los reactores. El total de alimento es llevado a temperatura de reacción en los calentadores de carga y enviados a los reactores.

El craqueo de hidrocarburos no selectivo es minimizado mediante la inyección de gas combustible durante la fase de recalentamiento del ciclo para mantener la salida del calentador temperatura lo más baja posible. Efluentes calientes de los reactores de flujo a una torre de pre-enfriamiento y la torre de enfriamiento principal, donde el vapor

es enfriado por el contacto directo con una corriente de enfriamiento de circulación de aceite enfriante (quench oil)

Compuestos poliméricos en el efluente del reactor son absorbidos por el aceite enfriante. Se inyecta vapor y la corriente se vaporiza parcialmente. La porción de vapor devuelve al sistema y el líquido pesado se rechaza.

Recalentar el catalizador se lleva a cabo a casi un poco más de la atmosférica de presión. El aire recalentado se suministra normalmente por una turbina de gas o aire compresor y se calienta a la temperatura requerida en un conducto quemador de fuego directo antes de pasar por los reactores. El aire recalentado sirve para restaurar el perfil de temperatura de la cama a su condición inicial de entrada en la operación y la actividad del catalizador, además de quemar el coque del catalizador. El aire recalentado sale de los reactores y se utiliza para generar de vapor en una caldera de calor residual.

Cuando el recalentamiento de un reactor se ha completado, el reactor vuelve a ser evacuado antes del próximo período en funcionamiento. Antes de la introducción de alimentación de butano, el gas de salida rico en hidrógeno se introduce en el reactor durante un corto tiempo para eliminar el oxígeno absorbido por el lecho del catalizador.

Esta medida de reducción disminuye la pérdida de alimento por la combustión y restaura el cromo en el catalizador de su estado activo.

Control automático del proceso

Los resultados son el ciclo de flujo continuo ininterrumpido de hidrocarburos y el aire a través del sistema del reactor. Las corrientes de proceso a los reactores individuales son controladas por accionamiento hidráulico válvulas. Un dispositivo de ciclos de reloj central controla el funcionamiento de estas válvulas. El temporizador de ciclo envía impulsos eléctricos de control en una secuencia programada y en intervalos de espacio precisamente.

Algunos de estos impulsos controlan el movimiento de las válvulas, mientras que otros se utilizan para probar las condiciones del reactor y las posiciones de la válvula. La mezcla de las corrientes de aire y de hidrocarburos se ve impedida por electricidad de los operadores tanto de la válvula de bloqueo y las operaciones de la válvula con la llave las condiciones del reactor.

Las válvulas de accionamiento hidráulico son de un diseño especial, que permite operaciones frecuentes con poco mantenimiento. Una válvula de cierre acoplado con el actuador de la válvula principal, admite un sello de gas inerte cuando la válvula principal está en la posición cerrada. El gas de sellado evita que se mezclen las corrientes de proceso sin que exista ninguna fuga de entre la cuña y el asiento. El gas inerte como N_2 o vapor se utiliza para el sellado de la válvula. Las válvulas del reactor principal también están equipadas con finales de carrera sellados que proporcionar los contactos necesarios para el control de las válvulas, las pruebas de la posición, la válvula de bloqueo y la válvula indicación de posición en la sala de control.

Compresión de la sección

En esta sección, el gas enfriado efluente de la torre de enfriamiento fluye hacia el tren de compresores de productos donde se comprime en varias etapas sucesivas a una presión adecuada para el funcionamiento de la recuperación de la sección. Para cada etapa, una relación de compresión es seleccionada para optimizar el rendimiento de los compresores de gas y mantener la temperatura baja para minimizar la formación de polímeros.

El agua que se condensa después de cada etapa de compresión se separa en la etapa intermedia de tambores. Además, una solución de nitrito de sodio se distribuye en el tambor de la etapa final como una aspiración de oxígeno limpiador para ayudar en la prevención de polímero aguas abajo de gas planta de la sección. La descarga del compresor de vapor se enfría y el resultado vapor-liquido se separa en un tambor de expansión súbita.

La recuperación de la sección

La sección de recuperación elimina los gases inertes e hidrocarburos ligeros a partir del reactor comprimido de efluentes. El vapor del tambor de expansión súbita es seca y se envía al sistema de recuperación de la temperatura baja en butanos se recuperan por el frío y la condensación. Estos son butanos combinados con el líquido de tambor de expansión súbita y se envía al despropanizador.

El despropanizador elimina C₃ y más ligero hidrocarburos de los butanos y el material más pesado. El C₄ y componentes más pesados son enviados a las instalaciones de aguas abajo, donde 1,3 – butadieno se recupera (por lo general por extracción con disolventes) y normal butano y n – butenos se reciclan a los reactores CATADIENE.

Balance total de materia

El balance de materiales que sigue es típico de los resultados medios de la unidad y se basa en la producción de 125 000 MTA de 1,3 – butadieno.

TABLA N° 3.6
BALANCE DE MATERIA

Butano de alimentación (97,8 W%)	213,500 MTA
producto 1,3 – butadiene	125,000 MTA
Ligeros	68,750 MTA
C₅⁺ y coque	19,750 MTA

Fuente : Propia

Los gases ligeros producidos por el proceso CATADIENE son utilizados dentro de la unidad como combustible. Sin embargo, contienen importantes cantidades de hidrógeno, así como los componentes C₂ y C₃, que podría ser recuperado para usos de mayor valor económico.

3.6 Determinación del costo de la producción

3.6.1 Utilidad consumo

La estimación de las necesidades globales de servicios públicos normales sólo para el Unidad CATADIENE para el procesamiento de un peso de 97,8 W% de butano fresco a producir 125.000 MTA de 1,3 – butadieno se resumen en la **Tabla N° 3.7**

TABLA N° 3.7
CONSUMO ENERGÉTICO

	Total por tonelada de producto
Potencia	140 kWh
Caldera de agua de alimentación (BFW)	1,3 TM
Agua de refrigeración ⁽¹⁾	525 m ³
Consumo neto de gas ⁽²⁾	4,7 MWh

Fuente : Propia

Notas :

- 1) Basado en 10° C el aumento de temperatura.
- 2) Corrientes Salida de gas y C₅⁺ de la unidad de CATADIENE se consumen como combustible en la unidad CATADIENE.

Consumo de catalizador y químicos

Requisitos del catalizador

Los reactores de deshidrogenación contienen un catalizador mezcla de cromo–alúmina y el grano inerte. La vida del catalizador esperado es de 2,5 años. La material inerte se recupera y se reutiliza cuando se cambia el catalizador.

Costo anual

El costo anual de catalizador y materiales inertes cargado en los reactores (granos inertes y las bolas de alúmina), basado en la producción de 125 000 T/año de butadieno es de aproximadamente \$ 19 por tonelada métrica de producción de butadieno.

Requisitos químicos

Un agente de sulfuración se agrega a la alimentación total del reactor para neutralizar los metales en la atmósfera, se alterna entre oxidantes y reductores en los reactores. Si el alimento tiene que ser fresco y si es reciclado que no contenga azufre, además de la tasa máxima es de 15 ppm.

Consideraciones ambientales

Emisiones a la atmósfera

Hay dos fuentes de gas residual de proceso de la CATADIENE unidad: el recalentamiento de efluentes y la expulsión de evacuación de efluentes. Si es necesario, el recalentamiento de efluentes puede ser enviado a una incineradora térmica o catalítica para convertir las trazas de hidrocarburos y el carbón monóxido presente en dióxido de carbono y agua. Reacción catalítica que también se aplica para la reducción de NOx.

El gas de combustión es descargado a la atmósfera después de haber sido enfriado en el calor residual de recuperación. Los efluentes de expulsión se descargan a la atmósfera a través del calor residual de recuperación.

Disposición del catalizador gastado

El catalizador Catadiene opera en reactores de lecho fijo que no hay pérdidas de desgaste o rotura. El catalizador no es peligroso y solo las precauciones normales son necesarias cuando la descarga para evitar las pérdidas y la inhalación de polvo. Las pruebas en CATADIENE comerciales las plantas han demostrado que no hay polvo catalizador detectable en las emisiones de la planta.

Los ingredientes principales de catalizador de deshidrogenación CATADIENE son de aluminio y óxido de cromo. Una vez que el catalizador se gasta, sus ingredientes pueden ser utilizados como materia prima para la industria metalúrgica y aplicaciones refractarias. Las aplicaciones incluyen la producción de hierro cromo y otras aleaciones para la industria de aceros especiales, como aditivo o un acondicionador de escorias, y como ingrediente en la producción de refractarios. Catalizadores similares se han utilizado en la industria de la fundición de aluminio para asegurarse de que las aleaciones de aluminio cromo.

CAPÍTULO IV

LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DE PLANTA

4.1 Localización de la planta

TABLA N° 4.1

Puntaje	Calificación
90 – 100	Optima
70 – 80	Muy buena
50 – 60	Buena
30 – 40	Regular
10 – 20	Deficiente

Fuente : Propia

TABLA N° 4.2

Factores de Localización	Localidad Lima	Localidad Pisco	Localidad Cuzco
Mercado	55	55	15
Materia Prima	X	95	X
Energía	55	75	55
Agua	55	55	35
Mano de Obra	55	55	35
Transporte	35	75	15
Terreno	35	75	35
Medio Ambiente	15	55	10
Facilidades – Transporte	15	95	10
PUNTAJE	320	635	210

Fuente : Propia

La planta de producción de butadieno se realizará en la ciudad de Pisco, en la ciudad de San Andrés considerado potencial Polo Petroquímico. Se eligió esta zona de acuerdo a los siguientes criterios considerados en la presente tesis :

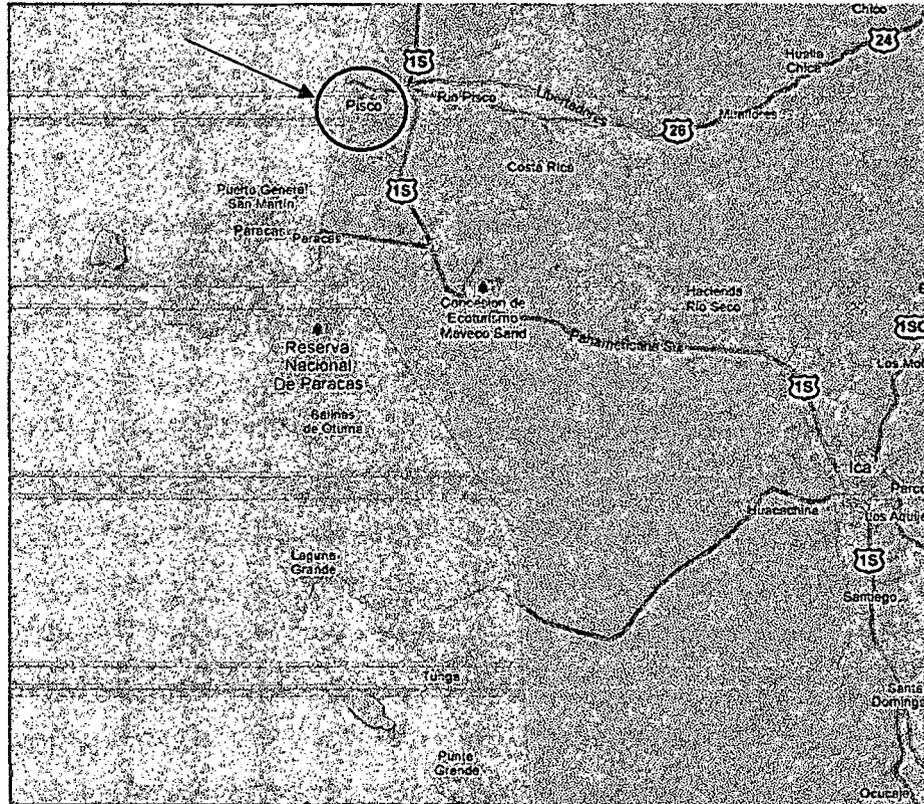
- a) La planta de butadieno estará muy cerca de la planta de fraccionamiento de Pisco reduciendo costos por transporte de materia prima, además de la cercanía al mar, para la exportación de productos terminados de esta forma incrementar el mercado comercial.
- b) Los mercados potenciales de butadieno en el Perú son Lima y Arequipa, de acuerdo al estudio de mercado realizado en el presente informe, Pisco es la región óptima para distribuir tanto a los mercados de Lima y región sur del País.
- c) La aceptación social es un punto muchas veces no es identificado y genera problemas. Es importante que la localización de la empresa o negocio no perturbe o genere conflictos con personas, entidades o grupos sociales que obliguen a la empresa a asumir costos adicionales, basado en este principio la planta de butadienos será construido en la zona denominada Polo Petroquímico, región considerada apta para la construcción de este tipo de industrias.

Por lo general, las plantas petroquímicas se construyen cercanas a los proveedores de materia prima, en este caso nuestro proveedor mayoritario es la Planta de Fraccionamiento de Pisco, además Pisco es considerado como zona para el desarrollo de un polo petroquímico.

La planta estaría ubicada en la ciudad de Pisco, distrito de Paracas, aproximadamente a 250 Km al sur de Lima, muy cercano a la planta de fraccionamiento de Pisco.

La planta de Butadieno estaría ubicada entre la planta de Pisco y la Reserva Nacional de Paracas, preservando las distancias exigidas por las normas de seguridad.

FIGURA N° 4.1



Fuente : Google maps

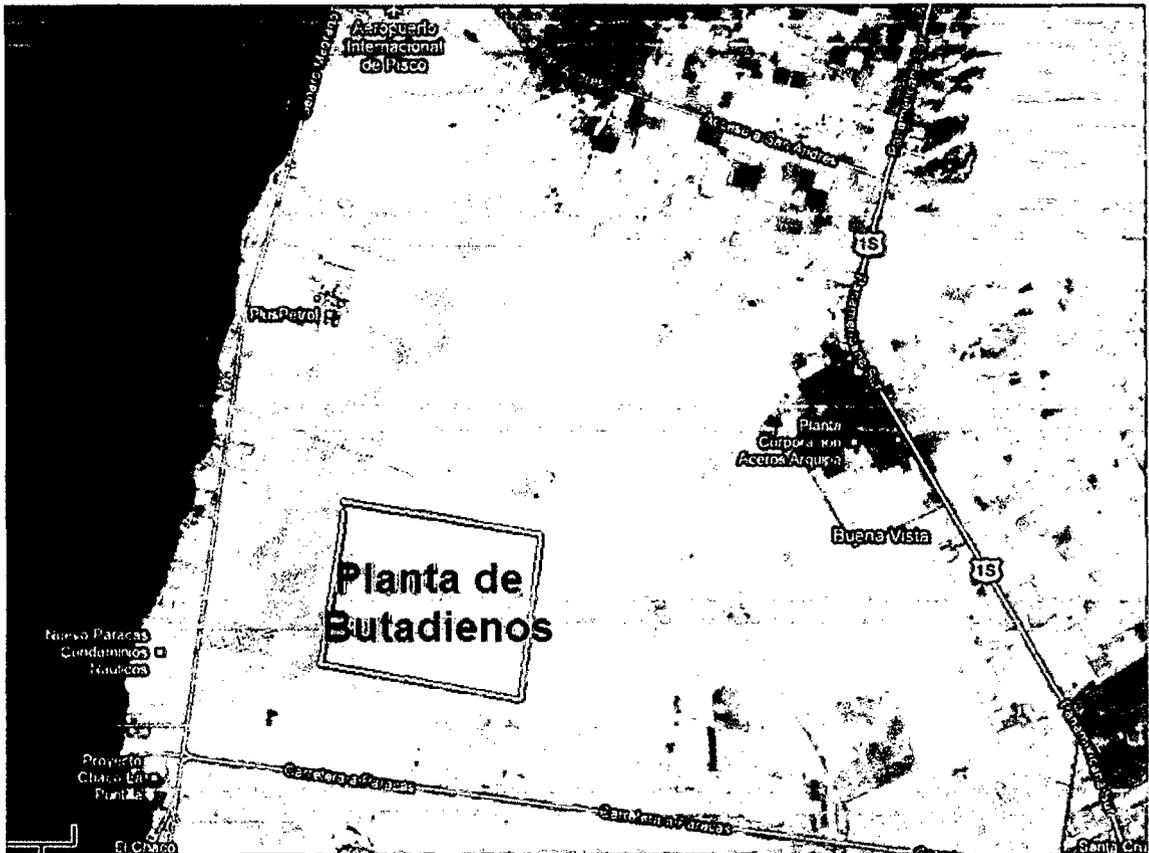
La planta de butadieno requiere un área aproximado de 45 hectáreas, de acuerdo a experiencia de construcción de otras plantas con el mismo proceso.

La cercanía al mar también es otro factor beneficioso para el proyecto pues se puede desarrollar exportación del producto hacia mercados del exterior así como importar materia prima para incrementar la producción de butadienos.

La planta no afectará a las zonas de crecimiento rural puesto que se ubicará en una zona desértica.

FIGURA N° 4.2

UBICACIÓN DEL PROYECTO



Fuente : Google maps

4.2 Tamaño de la planta

Sea en el caso de una planta de butadieno o cualquier otro producto como etanol, polietileno, cemento, se debe considerar, siempre, la cuestión del tamaño óptimo.

Se emplea un modelo matemático para determinar el tamaño óptimo de nuestra planta de butadieno.

El producto será X y nuestra planta será Z. Si queremos que nuestra planta sea muy grande, aspirando a tener grandes ventas, corremos el riesgo de desperdiciar capital

en su construcción e incurrir en altos costos financieros futuros, aunque en ella puedan tenerse economías de escala. Si Z se construye muy pequeña, tratando de economizar capital, se corre el riesgo futuro de producir con costo unitario (por ejemplo en dólares por tonelada de producto) elevado y también de perder potencial de ventas.

El tamaño o capacidad de una planta industrial Z se expresa en la cantidad de producto X que ella puede producir en un día de 24 horas, o en un año, o en otro periodo de tiempo determinado. En otros casos se expresa por la cantidad que puede procesar de alguno de los insumos fundamentales, como la caña de azúcar en un ingenio azucarero, o el petróleo crudo en una refinería, etc., durante un día o durante un año.

En el caso de plantas para elaborar productos que requieren mucha energía eléctrica (como ferroaleaciones, oxígeno, carburo de silicio, soda electrolítica, etc.) la capacidad de Z se expresa como la potencia eléctrica (en kilovatios o en caballos de fuerza) que va a necesitar. Si llamamos C a la capacidad o tamaño de Z, nuestro trabajo aquí consiste en construir un procedimiento matemático para calcular cuál es el valor de C que, por no ser ni demasiado grande ni demasiado pequeña, hará lo más alta posible la rentabilidad previsible de Z en el lapso que dure la vida útil de la planta.

Es obvio que C no debe ser menor que el tamaño inicial del mercado que se va a atender, ni mayor que el mercado futuro máximo que se prevea que se va a servir.

Economía de escala

Es un hecho de experiencia casi universal en la ingeniería industrial y en la economía industrial que si tenemos una planta Z que cuesta 10 millones de dólares para construirla y produce 1 000 toneladas diarias de un cierto producto X, cuando se la compare con otra planta Z' que produzca 2 000 toneladas diarias del mismo producto, ésta última se puede construir con menos de 10 millones de dólares. Y, en general, en el mercado de plantas industriales y también en el de grandes máquinas y en el de bienes de capital, se encuentra empíricamente que :

$$K_1 > K_2 \text{ pero } K_1/K_2 < C_1/C_2$$

En donde K_1 es el costo de una planta Z_1 de cierto producto, con cierta tecnología, que tiene capacidades C_1 ; y K_2 es el costo de otra planta Z_2 más pequeña del mismo producto y la misma tecnología, pero con capacidad C_2 más pequeña. Este fenómeno empírico y universal se llama el fenómeno de las economías de escala.

Esta realidad empírica queda expresada en la ley de Williams (muy conocida de muchos ingenieros y economistas industriales), según la cual, en el caso de un mismo equipo, o de una fábrica con una cierta tecnología, que se encuentra en su mercado en distintos tamaños C , el costo de una unidad, muy aproximadamente, puede expresarse mediante la ecuación empírica :

$$K = AC^\alpha \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde :

- K** : Es el costo de capital de una fábrica de X, que tenga tamaño C
- A** : Una constante propia del tipo de fábrica (o de máquina) que es Z
- C** : El tamaño o capacidad de Z
- α** : Un número fraccionario, positivo, menor que 1. Para muchísimos tipos de fábricas y de máquinas, el valor de μ es muy cercano al número $2/3 = 0,667$. Por esta razón a la (Ec. 1) se le llama con frecuencia "la ley de los dos tercios". Pero para otros tipos de estos bienes de capital puede ser un poco mayor o un poco menor. Por ejemplo, para transformadores eléctricos de potencia, el número α es muy cercano a $1/2 = 0,5$

En cada caso, los valores específicos de A y de α dependen de la naturaleza técnica de Z

El tiempo futuro de la planta

El transcurso de la vida útil de Z comenzará en una fecha o momento que llamamos $t = 0$, que será cuando comience a producir y a vender su producto. Cualquier otro momento posterior de la vida productiva de Z será $t > 0$. La duración previsible de la vida útil de Z la llamaremos T. Suele estipularse que T sea 10 años (en industrias livianas) o de 20 años (en industrias pesadas o muy intensivas en capital), o más años.

Consideremos un breve lapso de tiempo en el futuro, cuando Z esté trabajando, desde el momento "t" hasta el momento "t + dt", lapso al cual designamos como (t, dt). Luego, sea :

- a) La cantidad del producto X que se va a producir y a vender durante (t, dt) :

$$P_{(t)} \cdot dt$$

- b) Cantidad del insumo fundamental (suponiendo que sea uno solo) que se va a consumir durante (t, dt) para producir a X :

$$I_{(t)} \cdot dt$$

Si hay varios insumos muy importantes (como el coque, el cuarzo y la energía eléctrica para producir carburo de silicio), se trabajará con :}

$$\sum I_{j(t)} dt$$

Donde j es un número ordinal que indica los distintos insumos, y los $I_{j(t)}$ son sus respectivos consumos en (t, dt)

- c) Valor agregado durante (t, dt)

$$V_{(t)} dt = (p \cdot P_{(t)} - q \cdot I_{(t)}) dt$$

Siendo p el precio de venta del producto X y siendo q el precio de compra del insumo

- d) Costo del capital K que se invierta en construir la planta Z , durante el lapso (t, dt) :

$$K \cdot d \cdot dt$$

En donde d es la tasa anual (o mensual o diaria) de depreciación que sea aplicable a Z . Estamos considerando solamente el capital fijo K y suponemos que es aportado por el inversionista, sin recurrir a los bancos.

- e) Costos del personal directo que opere la planta, durante (t, dt) :

$$L \cdot s \cdot dt$$

Siendo L el número de operarios y s el salario promedio (por operario por día, o por operación – año)

- f) Costo de la renta (Canon de arrendamiento o costo de sombra) de la tierra que sea ocupada por la planta, durante (t, dt) :

$$E \cdot k \cdot dt$$

En donde E es la extensión en metros cuadrados o en hectáreas, y k es el costo por metro cuadrado-mes o por hectárea – año. Suponemos, como es lo más

frecuente en industrias de procesos y en muchas otras, que la extensión de la tierra requerida no depende de la capacidad que tenga la planta Z.

- g) Gastos llamados fijos y demás gastos que son independientes del ritmo de producción y del tamaño del proyecto, durante el lapso (t, dt) :

$$G \cdot dt$$

- h) Duración mínimos que se planea para la vida útil del proyecto: T (en años)

- i) Vida futura de la planta trabajando a menos de su capacidad: \acute{c}

- j) Vida futura de la planta trabajando con capacidad copada: T - \acute{c}

- k) Utilidad comercial que produzca Z durante el lapso futuro (t, dt) : $U_{(t)} \cdot dt$

La utilidad contable por día (o por otra unidad de tiempo), va a ser

$$U = p \cdot P - q \cdot I - d \cdot K - L \cdot s - E \cdot k - G \quad (\text{Ec.2})$$

Reunimos $L \cdot s - E \cdot k + G$ en un solo término

$$H = L \cdot s + E \cdot k + G$$

Que es independiente de P, de K, de t y de las demás variables. De este modo se escribe

$$U - p.P - q.I - d.K - H$$

El valor presente de flujos de dinero futuros y la rentabilidad

En los libros de texto sobre Álgebra financiera se demuestra que si $x(t)$ es un flujo de dinero que se va a percibir durante un lapso futuro (t, dt) , el valor presente de esa cantidad es :

$$x_{(t)} \cdot dt = x_{(t)} \cdot e^{-rt} \cdot dt$$

siendo r la tasa de capitalización en el mercado financiero que sea accesible. Y si i es la tasa de gravamen del impuesto sobre la renta, entonces el valor presente de la utilidad que da Z durante (t, dt) , es :

$$U_{(t)} \cdot e^{-rt} \cdot dt \cdot (1 - i)$$

Siendo r el costo del capital a largo plazo en el mercado de dinero.

Por lo tanto el valor presente de las utilidades que dará la planta durante su vida útil vale

$$\int_0^T U_{(t)} e^{-rt} (1-i) dt \quad (\text{Ec.3})$$

Así que la utilidad promedia por año de vida, y como proporción del capital invertido en la planta, da una rentabilidad contable de :

$$R_{(c)} = \frac{\int_0^T U_{(t)} e^{-rt} (1-i) dt}{K.T} \quad (\text{Ec.4})$$

Aunque en el mundo financiero e industrial se usan, además de ésta, otras medidas de rentabilidad, nosotros emplearemos esta porque es la que corresponde al mejor interés de los accionistas de Z.

Vamos a introducir por comodidad las funciones $N(C)$ y $D(C)$ definidas como :

$$N(C) = \int_0^T U_{(t)} e^{-rt} .dt \quad \text{y} \quad D(C) = C^x$$

De modo que :

$$R(C) = \frac{(1-i)N(c)}{T.A.D(C)}$$

4.2.1 Planta holgada y planta copada

Cuando se proyecta una planta nueva para producir un artículo, o un material, o un bien determinado X, se hace porque se sabe que hay una demanda en el mercado y, más aún, que esa demanda irá creciendo de manera continuada en el futuro. Si denominamos $M(t).dt$ a la cantidad de X que la demanda accesible a la planta Z que se proyecta, va a requerir durante el lapso (t, dt) , entonces se va a tener que :

$$M(0) < M(t) < M(T)$$

para todo t positivo y anterior a T ($0 < t < T$)

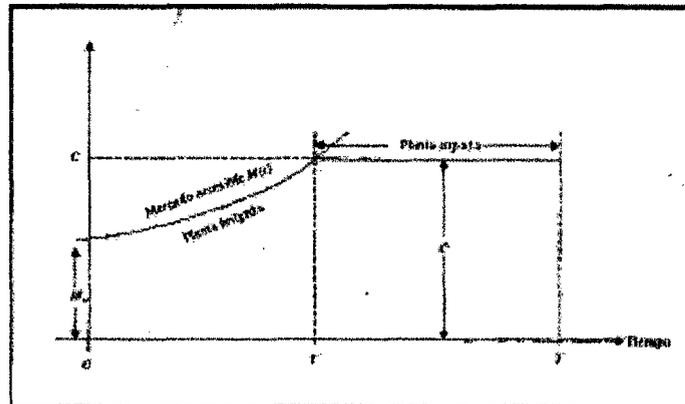
La capacidad óptima que se busca no debe ser menor que $M(0)$ porque esto significaría comenzar perdiendo mercado accesible desde el principio y durante toda la vida futura útil. Tampoco puede ser mayor que $M(T)$ porque eso significaría trabajar toda la vida ($0 < t < T$) con planta subutilizada. O sea que si C^* va a ser la capacidad óptima, tendrá que ser :

$$M_0 = M(0) < C^* < M(T) \quad (Ec. 5)$$

De este modo, la planta comenzará produciendo por debajo de su capacidad, luego alcanzará su nivel de capacidad y después sigue, hasta el fin de su vida, trabajando con capacidad copada. La edad de la planta cuando llega a coparse es T . Por lo tanto :

$$P(t) = \begin{cases} M(t) \text{ durante el lapso } 0 < t < \tau \\ C^* \text{ durante el lapso } \tau < t < T \end{cases}$$

GRÁFICO N° 4.1



Fuente: Curso Diseño de Plantas

La primera condición del tamaño óptimo.

El tamaño óptimo económico C^* será el que dé el máximo valor a la rentabilidad $R(C)$, es decir el que haga :

$$\frac{d R(C)}{d C} = 0 \quad (\text{Ec. 6})$$

y también que

$$\frac{d^2 R(C)}{d C^2} = 0 \quad (\text{Ec. 7})$$

Podría usarse otra medida de la rentabilidad para elegir el óptimo económico de la capacidad C, pero sólo consideramos a R(C).

La primera condición del óptimo

Según la expresión de la rentabilidad, la rentabilidad anual, acumulada y descontada en valor presente es :

$$R(C) = \frac{(1 - i)N(C)}{A.T.D(C)}$$

Entonces:

$$R'(C) = 0 \text{ significa que}$$

$$D(C).N'(C) = N(C).D'(C) \quad (\text{Ec. 8})$$

Pero :

$$D(C) = C^{\alpha}$$

En donde :

$$D'(C) = \alpha. C^{\alpha-1}$$

Además N(C) es :

$$N(C) = \int_0^T U_{(t)} e^{-rt} dt = \int_0^T U_{(t)} e^{-rt} dt + \int_I^T U_{(t)} e^{-rt} dt$$

Entonces utilizamos la fórmula de Leibniz

$$\frac{d}{d\lambda} \int_{a(\lambda)}^{b(\lambda)} \vartheta_{(\lambda,x)} dx = \int_{a(\lambda)}^{b(\lambda)} \frac{\partial}{\partial \lambda} \vartheta_{(\lambda,x)} dx + \vartheta_{(\lambda,b)} \frac{db(\lambda)}{d\lambda} - \vartheta_{(\lambda,a)} \frac{da(\lambda)}{d\lambda} \quad (\text{Ec. 9})$$

Tenemos que derivando $N(C)$, usando la fórmula de Leibniz, simplificando algebraicamente y sustituyendo en la (Ec. 7) en la fórmula se obtiene que $R'(C)=0$ implica que :

$$\alpha \int_0^{r(C)} U_{(t)} e^{-rt} dt = \left[\left(\frac{dU_{(t)}}{dC} \right) + (1/r)(e^{-rt(C)} - e^{-rt}) \right] \quad (\text{Ec. 10})$$

Al valor agregado por unidad de producto X llamémoslo v :

$$v = \frac{p \cdot P - q \cdot I}{P} = p - q \left(\frac{I}{P} \right)$$

Entonces la utilidad se puede escribir:

$$U_{(t)} = v \cdot P_{(t)} \quad \text{d. A. C}^u \quad H \quad (\text{Ec. 11})$$

El valor de t está dado, como es obvio por la condición :

$$M_{(\tau)} = C \quad (\text{Ec. 12})$$

De donde se obtiene que :

$$\tau = M^{-1}_{(C)} = \tau_{(C)} \quad (\text{Ec. 13})$$

Y la utilidad en ese momento valdrá :

$$U_{(\tau)} = v.C - A.d.C^\alpha - H \quad (\text{Ec. 14})$$

De manera que :

$$\frac{dU_{(\tau)}}{dC} = v - \alpha.A.d.C^{\alpha-1}$$

Entonces queda sustituyendo :

$$\alpha \int_0^{\tau(C)} U_{(\tau)} e^{-r\tau} d\tau = \left[\left(\frac{dU_{(\tau)}}{dC} \right) + (1/r)(e^{-r\tau(C)} - e^{-rT}) \right]$$

Y haciendo simplificaciones se obtiene la ecuación general que da el tamaño óptimo de planta, entonces sustituyendo en la (Ec. 10) queda :

$$\alpha \int_0^{\tau(c)} [v \cdot M_{(t)} - d \cdot A \cdot C^\alpha - H] e^{-rt} \cdot dt = [v - \alpha \cdot A \cdot d C^{\alpha-1}] (1/r) (e^{-r\tau} - e^{-rt}) \quad (\text{Ec. 15})$$

Esta última ecuación muestra que la capacidad óptima va a depender muy fundamentalmente del comportamiento de la demanda $M_{(t)}$ durante el lapso de tiempo de $t = 0$ a $t = \tau$, que es cuando la planta va a operar con alguna capacidad sobrante.

Demanda previsible con crecimiento geométrico

Una situación frecuente en la industria es que la demanda accesible que se está previendo, crezca con una tasa porcentual constante y acumulativa. Eso significa que los estudios del mercado permiten proyectarlo con la función :

$$M_{(t)} = M_0 \cdot e^{ct} \quad (\text{Ec. 16})$$

En donde c es la tasa de crecimiento acumulativa de la demanda accesible. La planta se copará cuando $t = \tau$, es decir :

$$M_0 \cdot e^{c\tau} - C$$

O sea cuando :

$$\tau = \left(\frac{1}{c} \right) \ln \left(\frac{C}{M_0} \right) \quad (\text{Ec. 17})$$

En este caso el lado izquierdo de la (Ec. 15) se convierte, después de algunas operaciones algebraicas en :

$$\alpha \int_0^T v \cdot M_0 \cdot e^{ct} \cdot e^{-rt} \cdot dt - [d \cdot A \cdot C + H](1/r)(1 - e^{-rT})$$

$$= \left\{ \frac{[\alpha \cdot v \cdot M_0]}{[c - r]} \left[\left(\frac{C}{M_0} \right)^{1 - \frac{r}{c}} - 1 \right] \right\} - \left\{ (d \cdot A \cdot C + H) \left[1 - \left(\frac{M_0}{C} \right)^{\frac{r}{c}} \right] \right\} \quad (Ec. 18)$$

El lado derecho de la ecuación toma la expresión

$$[v - \alpha \cdot A \cdot d \cdot C^{\alpha-1}](1/r) \left[(M_0/C)^{r/c} - e^{-rT} \right] \quad (Ec. 19)$$

De manera que la ecuación 6.11 se convierte en :

$$\frac{[\alpha \cdot v \cdot M_0]}{[c - r]} \left[\left(\frac{C}{M_0} \right)^{1 - \frac{r}{c}} - 1 \right] - [d \cdot A \cdot C + H] \left[1 - \left(\frac{M_0}{C} \right)^{\frac{r}{c}} \right]$$

$$= [v - \alpha \cdot A \cdot d \cdot C^{\alpha-1}] \left(\frac{1}{r} \right) \left[\left(\frac{M_0}{C} \right)^{\frac{r}{c}} - e^{-rT} \right] \quad (Ec. 20)$$

En esa ecuación los coeficientes que aparecen son datos que se obtienen de las siguientes fuentes:

- α y A** : Se obtienen con los constructores de fábricas o de equipos del tipo de Z
- p , q y v** : Proviene del mercado del producto X que se trata de fabricar, y del de sus materias primas.
- M_0 y c** : Surgen de los estudios y proyecciones del mercado de X

- r** : Viene del estudio del mercado de dinero.
- d** : Viene dado por la legislación comercial, por la legislación tributaria o por las prácticas habituales de la contabilidad.
- L** : del conocimiento de la tecnología de Z, que da el número de personas que se requerirán para operar la planta.
- s** : Del régimen de salarios y del mercado de trabajo de la región o del país de que se trate.
- E** : De la tecnología de Z, que dictará cuánta tierra se requiere.
- k** : Del mercado de tierras en la región, que dictará el canon de arrendamiento por hectárea – año.
- G** : De la contabilidad de la empresa Z y de la organización administrativa que se proyecta darle.
- H = L.s + E.k + G** : Resulta de los datos anteriores.
- T** : De la naturaleza de la planta Z y de las políticas financieras del empresario, que indicarán el horizonte de tiempo que se prevea como vida útil mínima que se exija de la planta.

De manera que en la (Ec. 12) la única incógnita es C. La ecuación se puede resolver por métodos numéricos o con un computador usando un programa como Mat – cad. La raíz $C = C^*$ que se obtenga es única, es real y positiva.

La segunda condición del óptimo

El valor de $C = C^*$ del óptimo debe cumplir también la condición de que $R''(C) < 0$, porque se escribió :

$$R_{(C)} = \frac{(1 - i)N_{(C)}}{[T.A.D_{(C)}]}$$

La condición $R''(C) < 0$ se puede expresar, después de derivar dos veces y hacer algunas simplificaciones, como :

$$\text{Sgn } R''(C^*) = \text{sgn}(D.N'' \cdot D - N.D'') = \text{sgn}(-1) \quad (\text{Ec.21})$$

Recordando las definiciones de N :

$$N_{(C)} = \int_0^T U_{(t)} \cdot e^{-rt} \cdot dt$$

Y de $D_{(C)}$

$$D_{(C)} = C \cdot \alpha$$

Derivando dos veces y después de otras simplificaciones, resulta :

$$\text{sgn } R''_{(C)} = \text{sgn} \left[A.d.C^{\alpha} \int_{\tau}^T e^{-rt} dt - \int_0^T U_{(t)} e^{-rt} dt \right] = \text{sgn}(-1) \quad (\text{Ec.22})$$

Para que el proyecto sea factible es necesario, evidentemente que esas utilidades sean mayores que estas depreciaciones. En consecuencia :

$$R''_{(C^*)} < 0$$

Y el valor C^* hace máximo el valor de $R_{(C)}$, efectivamente.

La rentabilidad óptima

La rentabilidad óptima se calculará como :

$$R_{(C^*)} = \left(\frac{1-i}{A \cdot T} \right) \frac{\int_0^x U_{(t)} e^{-rt} dt + U_{(x)} \int_x^T e^{-rt} dt}{C^{*u}} \quad (\text{Ec. 23})$$

Es práctica universal de los banqueros y de los industriales la de exigir que esta rentabilidad sea mayor que el costo del dinero "r" en el mercado financiero.

En aquellas situaciones en que comparan dos proyectos Z_1 y Z_2 , el más recomendable será el que tenga mayor $R_{(C^*)}$. Por ejemplo, Z_1 será más recomendable que Z_2 si y sólo si :

$$R_{(C^*)1} > R_{(C^*)2}$$

Lo mismo vale cuando se están comparando dos tecnologías para un mismo proyecto Z , o dos sitios de ubicación del proyecto.

Procedimiento de cálculo para la planta de butadieno

Calculamos los parámetros para hallar tanto el valor agregado como la rentabilidad.

TABLA N° 4.3

PRECIOS ESTIMADOS 2009-2030

Producción estimada		Precios estimados Butadieno		Precios estimados Butano	
año	Ton/año	año	\$/ton	año	\$/ton
2009	---	2009	690	2009	500
2010	---	2010	1 325	2010	680
2011	60 000	2011	2 500	2011	850
2012	60 000	2012	2 700	2012	1 000
2013	60 000	2013	2 800	2013	1 220
2014	60 000	2014	3 000	2014	1 330
2015	60 000	2015	2 800	2015	1 450
2016	75 000	2016	3 100	2016	1 520
2017	75 000	2017	3 200	2017	1 600
2018	75 000	2018	3 300	2018	1 680
2019	75 000	2019	3 300	2019	1 750
2020	75 000	2020	3 300	2020	1 800
2021	125 000	2021	3 400	2021	1 860
2022	125 000	2022	3 450	2022	1 920
2023	125 000	2023	3 500	2023	1 950
2024	125 000	2024	3 550	2024	1 980
2025	125 000	2025	3 600	2025	2 000
2026	125 000	2026	3 700	2026	2 040
2027	125 000	2027	3 800	2027	2 080
2028	125 000	2028	3 900	2028	2 100
2029	125 000	2029	4 150	2029	2 120
2030	125 000	2030	4 200	2030	2 180

Fuente : Propia

Entonces fácilmente podemos hallar las correlaciones para estas estadísticas :

Producción : $P(t)$

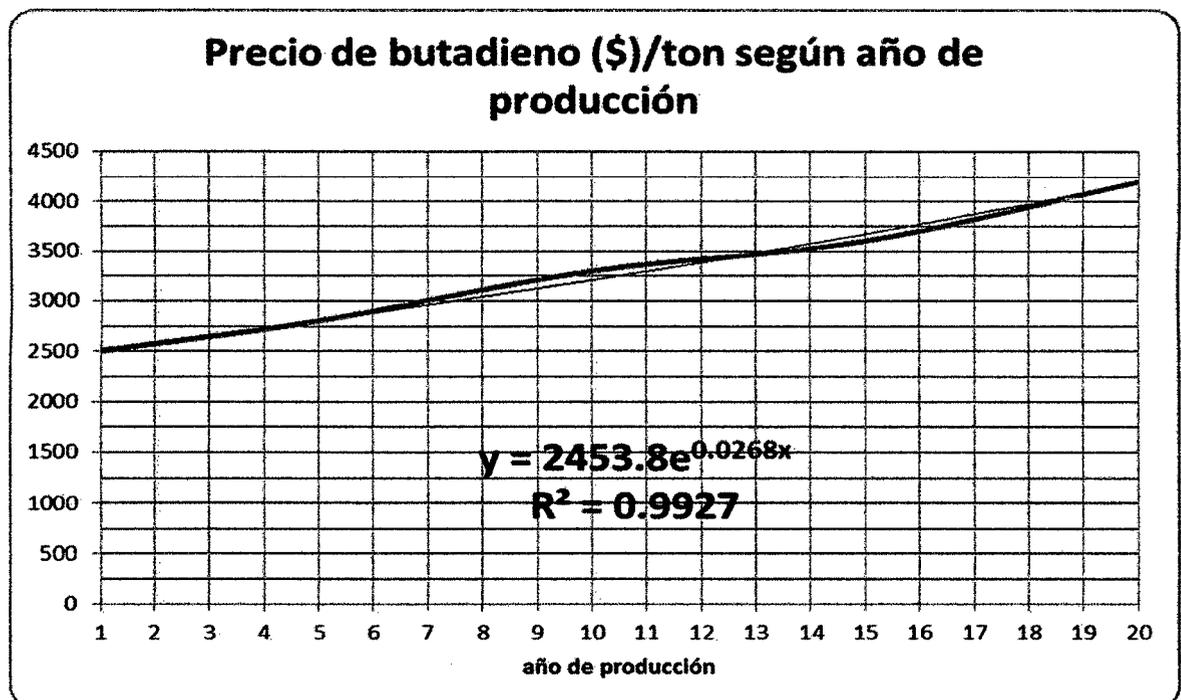
$$P(t) = 60000 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \quad \text{cuando } t: [0,6[$$

$$P(t) = 75000 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \quad \text{cuando } t: [6,11[$$

$$P(t) = 125000 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \quad \text{cuando } t: [11,20]$$

Precio butadieno : $p = p(t)$

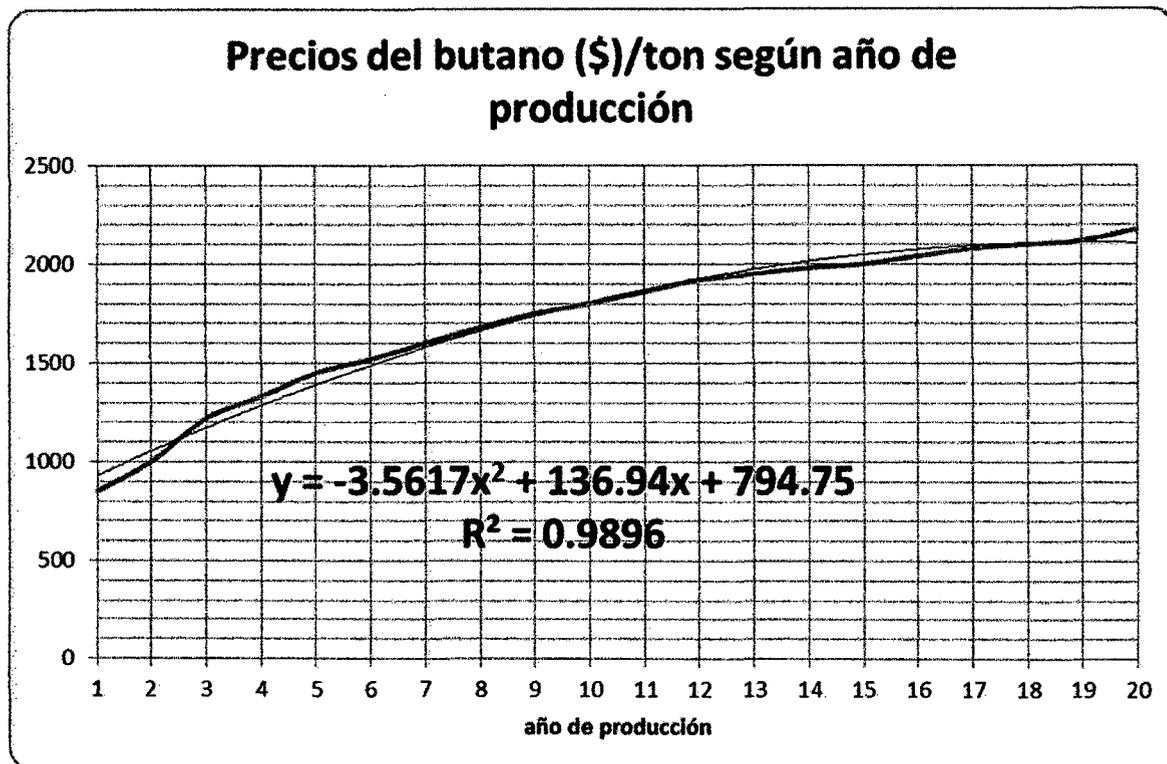
GRÁFICO N° 4.2



Fuente : Propia

Precio butano : $q = q(t)$

GRÁFICO N° 4.3



Fuente : Propia

Luego tenemos el consumo del Insumo principal según el año de producción:

TABLA N° 4.4

Consumo de butano estimado							
Año	Tonelada		Año	Tonelada		Año	Tonelada
2009	---		2017	125 000		2025	208 333,33
2010	---		2018	125 000		2026	208 333,33
2011	100 000		2019	125 000		2027	208 333,33
2012	100 000		2020	125 000		2028	208 333,33
2013	100 000		2021	208 333,33		2029	208 333,33
2014	100 000		2022	208 333,33		2030	208 333,33
2015	100 000		2023	208 333,33			
2016	125 000		2024	208 333,33			

$$I(t) = 100000 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \quad \text{cuando } t: [0,6[$$

$$I(t) = 125000 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \quad \text{cuando } t: [6,11[$$

$$I(t) = 209000 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \quad \text{cuando } t: [11;20]$$

Fuente : Propia

Entonces, teniendo estos parámetros, podemos hallar el valor agregado :

$$V(t) = (P(t)P(t) - q(t)I(t))$$

Para $t: [0,6[$

$$V(t) = [2453,8e^{0,0268(t)}(60000)] - [(-3,5617t^2 + 136,94t + 794,75)100000]$$

Para $t: [6,11[$

$$V(t) = [2453,8e^{0,0268(t)}(75000)] - [(-3,5617t^2 + 136,94t + 794,75)125000]$$

Para $t: [11,20]$

$$V(t) = [2453,8e^{0,0268(t)}(125000)] - [(-3,5617t^2 + 136,94t + 794,75)209000]$$

Luego : Hallamos valor agregado durante los 20 años de nuestra planta

$$\int_0^6 V_{(t)} dt + \int_6^{11} V_{(t)} dt + \int_{11}^{20} V_{(t)} dt = \int_0^{20} V_{(t)} dt$$

$$\int_0^6 V_{(t)} dt = \int_0^6 [2453,8e^{0,0268(t)} (60000)] dt - [(-3,5617t^2 + 136,94t + 794,75)100000] dt$$

$$\int_0^6 V_{(t)} dt = 958355699,4 - 697697760 = 260657939,4 \$$$

Lo mismo para los otros sumandos :

$$\int_6^{11} V_{(t)} dt = 97710087,77 \$$$

$$\int_{11}^{20} V_{(t)} dt = 359587752,9 \$$$

Entonces nos queda :

$$\int_0^{20} V_{(t)} dt = 260657939,4 \$ + 97710087,77 \$ + 359587752,9 \$ = 717955779,7 \$$$

Luego, debemos hallar el costo aproximado de construcción y el factor de depreciación anual :

Costo de planta : K

Nos ponemos en el peor de los casos, es decir, en el que la planta sale lo más cara posible, y según datos de la web, una planta de 100 000 ton/año de butadieno está costando entre 100 millones y 200 millones de dólares. Nosotros elegiremos el monto de 300 millones de dólares

$$K = 300000000\$$$

Tasa de depreciación anual : d

Para una planta procesadora de derivados de petróleo, la tasa de depreciación anual es 7% o 0,07%

$$d = \frac{0,07}{\text{año}}$$

Número de operarios y sueldo : L y s

Asumimos un número de operarios para nuestra planta de 500 trabajadores con un sueldo promedio de 2 000 \$ / mes o 28 000 \$ / año, incluyendo dos gratificaciones (julio y diciembre)

$$L = 500 \text{ trabajadores} \quad s = \frac{28000\$}{\text{trabajador} * \text{año}}$$

Extensión de planta en m^2 : E

Consideramos un tamaño considerable, debido a que se tiene pensado una futura expansión en la capacidad de procesamiento de la materia prima. El dato para el ISBL

de una planta de 125 000 ton/año es de 30 000 m² (Proceso CATADIENE de la ABB lummus), entonces asumiendo un tamaño total (OSBL), podemos inferir un poco más del doble. Debemos recordar que este dato lo necesitamos para poder realizar el cálculo que nos dará el impuesto a la renta con respecto al área arrendada.

$$E = 70000m^2$$

Costo por hectárea por año : k

Buscando en la web sobre el arrendamiento de terrenos industriales, se encontró un dato interesante que nos indica el monto a pagar (incluyendo el impuesto por el terreno) por metro cuadrado, dato que se encuentra en este link : <http://lima.evisos.com.pe/alquilo-terreno-industrial-cercado-y-aplanado-para-deposito-id-130453>. El monto es por 30 000 m², pero como nuestro en el "ejemplo" el costo es para depósito, inferimos que para plantas industriales el costo es mucho mayor, por lo que multiplicaremos el costo del "ejemplo" por un factor que asumimos considerable :

10

$$k = \frac{5\$}{mes * m^2} = \frac{60\$}{año * m^2}$$

Gastos fijos: G

Para hallar este parámetro, nos guiaremos del informe de Gestión 2010 de la Refinería La Pampilla (REPSOL S.A.), disponible en la página web, en el que se indica en la

página 49 la utilidad del año 2010. Entonces, como estamos suponiendo que nuestra planta costará 300 000 000 \$, y asumiendo que queremos recuperar la inversión en 5 años, nuestra utilidad anual debería ser como mínimo 300 000 000 \$ / 5 al año = 60 000 000 \$ al año.

Después de haber analizado esto, en la misma página 49, vemos los montos de los gastos fijos ("Gastos de administración" + "Gastos financieros" + "Otros"), los cuales al sumarlos representan el 93% de la utilidad neta.

Entonces, teniendo esta referencia, asumiremos un 90% de la utilidad neta por año de nuestra planta de butadieno como el monto de gastos fijos por año:

$$G = \text{Utilidad asumida} * 0,9 = 60000000(0,9) = \frac{54000000\$ \text{ fijos}}{\text{año}}$$

Luego, creamos un parámetro "H" :

$$H \left(\frac{\$}{\text{año}} \right) - L.s + E.k + G - (500.28000 + 70000.60 + 54000000) - \frac{72200000\$}{\text{año}}$$

Tomamos en cuenta la consideración de que nuestros operarios, los sueldos, el arrendamiento y los gastos fijos serán constantes a lo largo del tiempo.

Entonces, después de haber hallado casi todos los parámetros, vemos que la expresión de utilidad es :

$$U = p.P - q.I - d.K - H$$

Y como se tiene "d", "K" y "H".

$$U = p.P - q.I - 0,07(300000000) - 72200000 = p.P - q.I - 93200000$$

Como anteriormente se observó que :

$$V(t) = (p(t)P(t) - q(t)I(t))$$

Entonces :

$$H(t) = V(t) - 93200000 \frac{\$}{\text{año}}$$

Hallamos las expresiones de $U(t)$ para el dominio establecido de la variable "tiempo":

Para $t: [0,6[$

$$U(t) = [2453,8e^{0,0268(t)}(60000)] - [(-3,5617t^2 + 136,94t + 794,75)100000] - 93200000$$

Para $t: [6,11[$

$$U(t) = [2453,8e^{0,0268(t)}(75000)] - [(-3,5617t^2 + 136,94t + 794,75)125000] - 93200000$$

Para $t: [11,20]$

$$U_{(t)} = [2453,8e^{0,3268(t)}(125000)] - [(-3,5617t^2 + 136,94t + 794,75)209000] - 93200000$$

Entonces :

De la expresión de "RENTABILIDAD" (Ec.4) mostrada en la parte teórica, tenemos que:

$$R_{(c)} = \frac{\int_0^T U_{(t)} e^{-rt} (1-i) dt}{K \cdot T} \quad (\text{Ec.4})$$

$i = \text{tasa de gravamen de impuesto a la renta} = 30\% = 0,3$

$r = \text{tasa de capitalización en el mercado financiero} = 20\% = 0,2$

$K = \text{Costo de planta} = 300000000$

$$R_{(c)} = \frac{\int_0^T U_{(t)} e^{-0,2(t)} (1 - 0,3) dt}{300000000 \cdot T}$$

Según el dominio :

Para $t: [0,6]$

$$R_{(c)} = \frac{\int_0^6 (V_{(t)} - 93200000) e^{-0,2(t)} (0,7) dt}{300000000 \cdot T}$$

Para $t: [6,11]$

$$R_{(c)} = \frac{\int_6^{11} (V_{(t)} - 93200000) e^{-0.2(t)} (0,7) dt}{300000000.T}$$

Para $t: [11,20]$

$$R_{(c)} = \frac{\int_{11}^{20} (V_{(t)} - 93200000) e^{-0.2(t)} (0,7) dt}{300000000.T}$$

Hallamos la rentabilidad para los veinte años de nuestra planta para $t: [0,20]$

$$R_{(c)} = \frac{\int_0^6 \{ [2453,8e^{0,0268(t)}(60000)] - [(-3,5617t^2 + 136,94t + 794,75)100000] - 93200000 \} e^{-0.2(t)} (0,7) dt}{300000000.T} + \frac{\int_6^{11} \{ [2453,8e^{0,0263(t)}(75000)] - [(-3,5617t^2 + 136,94t + 794,75)125000] - 93200000 \} e^{-0.2(t)} (0,7) dt}{300000000.T} + \frac{\int_{11}^{20} \{ [2453,8e^{0,0263(t)}(125000)] - [(-3,5617t^2 + 136,94t + 794,75)209000] - 93200000 \} e^{-0.2(t)} (0,7) dt}{300000000.T}$$

Integrando y sumando se halla el valor

Haciendo la expresión de la rentabilidad en Excel se halla la gráfica de tendencia; pero nos saldremos un poco del esquema y ampliaremos el rango para más de 20 años, simplemente con el objetivo de ver la tendencia. Pues no importa que el rango posea valores negativos, lo que importa es la tendencia.

TABLA N° 4.5

RENTABILIDAD DEL PROYECTO

t en años	Rentabilidad
0	- 0,002968817
0,25	- 0,003091646
0,5	- 0,003190031
0,75	- 0,003266322
1	- 0,003322688
1,25	- 0,003361124
1,5	- 0,003383469
1,75	- 0,003391414
2	- 0,003386513
2,25	- 0,003370193
2,5	- 0,003343762
2,75	- 0,003308421
3	- 0,003265267
3,25	- 0,003215306
3,5	- 0,003159454
3,75	- 0,003098549
4	- 0,003033352
4,25	- 0,002964558
4,5	- 0,002892796
4,75	- 0,002818637
5	- 0,002742598
5,25	- 0,002665145
5,5	- 0,002586699
5,75	- 0,002507638
6	- 0,002428301

t en años	Rentabilidad
6,25	- 0,002157423
6,5	- 0,002096638
6,75	- 0,00203467
7	- 0,001971873
7,25	- 0,001908566
7,5	- 0,001845035
7,75	- 0,001781532
8	- 0,001718285
8,25	- 0,001655493
8,5	- 0,001593333
8,75	- 0,00153196
9	- 0,001471509
9,25	- 0,001412096
9,5	- 0,001353823
9,75	- 0,001296775
10	- 0,001241022

TABLA N° 4.6

RENTABILIDAD DEL PROYECTO

t en años	Rentabilidad
10,25	- 0,001186626
10,5	- 0,001133633
10,75	- 0,001082082
11	- 0,001032
11,25	- 0,000890437
11,5	- 0,000848576
11,75	- 0,000807435
12	- 0,000767105
12,25	- 0,00072766
12,5	- 0,000689164
12,75	- 0,000651669
13	- 0,000615218
13,25	- 0,000579845
13,5	- 0,000545575
13,75	- 0,000512427
14	- 0,000480413
14,25	- 0,00044954
14,5	- 0,000419809
14,75	- 0,000391216
15	- 0,000363755
15,25	- 0,000337414

t en años	Rentabilidad
15,5	- 0,000312179
15,75	- 0,000288033
16	- 0,000264958
16,25	- 0,000242932
16,5	- 0,000221932
16,75	- 0,000201934
17	- 0,000182913
17,25	- 0,000164841
17,5	- 0,000147693
17,75	- 0,000131439
18	- 0,000116052
18,25	- 0,000101504
18,5	- 8,77653E-05
18,75	- 7,48081E-05
19	- 6,26037E-05
19,25	- 5,1124E-05
19,5	- 4,03409E-05
19,75	- 3,02268E-05
20	- 2,07545E-05
80	6,34481E - 08

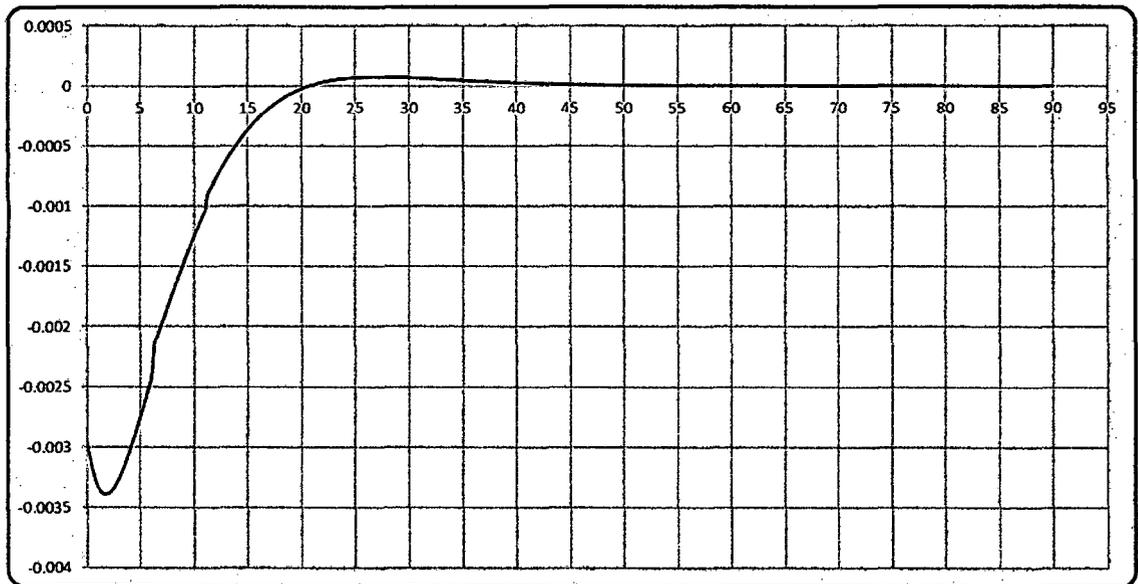
t en años	Rentabilidad
80,25	6,08565E - 08
80,5	5,83693E - 08
80,75	5,59824E - 08
81	5,36917E - 08
81,25	5,14935E - 08
81,5	4,93841E - 08
81,75	4,736E - 08
82	4,54177E - 08
82,25	4,35541E - 08
82,5	4,17659E - 08
82,75	4,00503E - 08
83	3,84042E - 08
83,25	3,68249E - 08
83,5	3,53097E - 08
83,75	3,38562E - 08
84	3,24617E - 08
84,25	3,1124E - 08
84,5	2,98408E - 08
84,75	2,86098E - 08
85	2,7429E - 08

t en años	Rentabilidad
85,25	2,62964E - 08
85,5	2,52101E - 08
85,75	2,41681E - 08
86	2,31686E - 08
86,25	2,22101E - 08
86,5	2,12908E - 08
86,75	2,04091E - 08
87	1,95635E - 08
87,25	1,87526E - 08
87,5	1,79749E - 08
87,75	1,72292E - 08
88	1,6514E - 08
88,25	1,58283E - 08
88,5	1,51707E - 08
88,75	1,45401E - 08
89	1,39356E - 08
89,25	1,33558E - 08
89,5	1,28E - 08
89,75	1,22671E - 08
90	1,17562E - 08

Fuente : Propia

Entonces graficamos la tendencia :

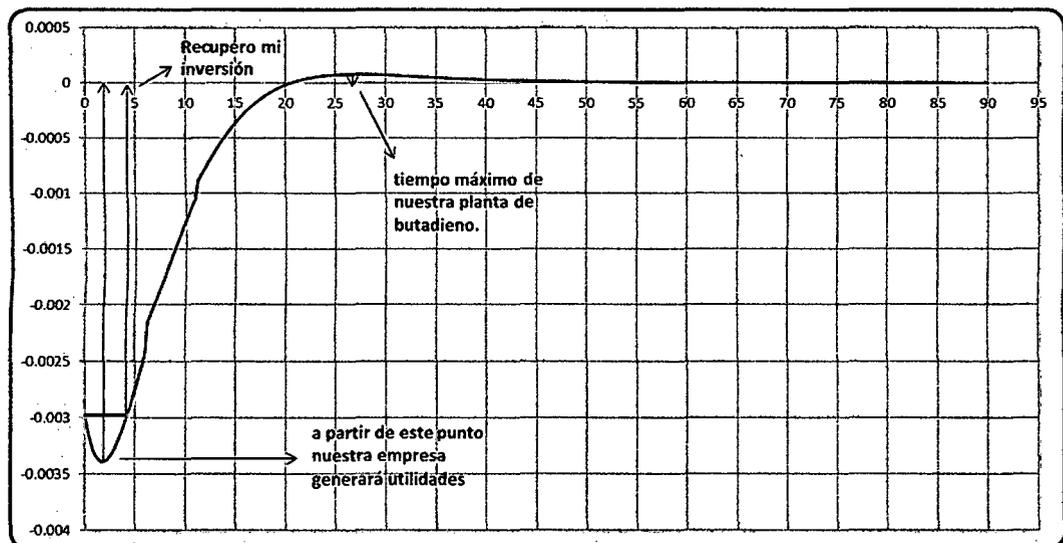
GRÁFICO N° 4.4



Fuente : Propia

Según esta gráfica, hacemos el siguiente análisis :

GRÁFICO N° 4.5



Fuente : Propia

TABLA N° 4.6

RENTABILIDAD DEL PROYECTO

t en años	Rentabilidad
10,25	- 0,001186626
10,5	- 0,001133633
10,75	- 0,001082082
11	- 0,001032
11,25	- 0,000890437
11,5	- 0,000848576
11,75	- 0,000807435
12	- 0,000767105
12,25	- 0,00072766
12,5	- 0,000689164
12,75	- 0,000651669
13	- 0,000615218
13,25	- 0,000579845
13,5	- 0,000545575
13,75	- 0,000512427
14	- 0,000480413
14,25	- 0,00044954
14,5	- 0,000419809
14,75	- 0,000391216
15	- 0,000363755
15,25	- 0,000337414

t en años	Rentabilidad
15,5	- 0,000312179
15,75	- 0,000288033
16	- 0,000264958
16,25	- 0,000242932
16,5	- 0,000221932
16,75	- 0,000201934
17	- 0,000182913
17,25	- 0,000164841
17,5	- 0,000147693
17,75	- 0,000131439
18	- 0,000116052
18,25	- 0,000101504
18,5	- 8,77653E-05
18,75	- 7,48081E-05
19	- 6,26037E-05
19,25	- 5,1124E-05
19,5	- 4,03409E-05
19,75	- 3,02268E-05
20	- 2,07545E-05
80	6,34481E - 08

t en años	Rentabilidad
80,25	6,08565E - 08
80,5	5,83693E - 08
80,75	5,59824E - 08
81	5,36917E - 08
81,25	5,14935E - 08
81,5	4,93841E - 08
81,75	4,736E - 08
82	4,54177E - 08
82,25	4,35541E - 08
82,5	4,17659E - 08
82,75	4,00503E - 08
83	3,84042E - 08
83,25	3,68249E - 08
83,5	3,53097E - 08
83,75	3,38562E - 08
84	3,24617E - 08
84,25	3,1124E - 08
84,5	2,98408E - 08
84,75	2,86098E - 08
85	2,7429E - 08

t en años	Rentabilidad
85,25	2,62964E - 08
85,5	2,52101E - 08
85,75	2,41681E - 08
86	2,31686E - 08
86,25	2,22101E - 08
86,5	2,12908E - 08
86,75	2,04091E - 08
87	1,95635E - 08
87,25	1,87526E - 08
87,5	1,79749E - 08
87,75	1,72292E - 08
88	1,6514E - 08
88,25	1,58283E - 08
88,5	1,51707E - 08
88,75	1,45401E - 08
89	1,39356E - 08
89,25	1,33558E - 08
89,5	1,28E - 08
89,75	1,22671E - 08
90	1,17562E - 08

Fuente : Propia

TABLA N° 4.5

RENTABILIDAD DEL PROYECTO

t en años	Rentabilidad
0	- 0,002968817
0,25	- 0,003091646
0,5	- 0,003190031
0,75	- 0,003266322
1	- 0,003322688
1,25	- 0,003361124
1,5	- 0,003383469
1,75	- 0,003391414
2	- 0,003386513
2,25	- 0,003370193
2,5	- 0,003343762
2,75	- 0,003308421
3	- 0,003265267
3,25	- 0,003215306
3,5	- 0,003159454
3,75	- 0,003098549
4	- 0,003033352
4,25	- 0,002964558
4,5	- 0,002892796
4,75	- 0,002818637
5	- 0,002742598
5,25	- 0,002665145
5,5	- 0,002586699
5,75	- 0,002507638
6	- 0,002428301

t en años	Rentabilidad
6,25	- 0,002157423
6,5	- 0,002096638
6,75	- 0,00203467
7	- 0,001971873
7,25	- 0,001908566
7,5	- 0,001845035
7,75	- 0,001781532
8	- 0,001718285
8,25	- 0,001655493
8,5	- 0,001593333
8,75	- 0,00153196
9	- 0,001471509
9,25	- 0,001412096
9,5	- 0,001353823
9,75	- 0,001296775
10	- 0,001241022

Rentabilidad óptima para nuestra planta en $t : 0 - 20$ años = Capacidad = 125 000 ton
en el año 20

Tamaño óptimo de planta = 125 000 ton/año

Recuperación de la inversión = 4 años.

Tiempo máximo de la planta = 27 años.

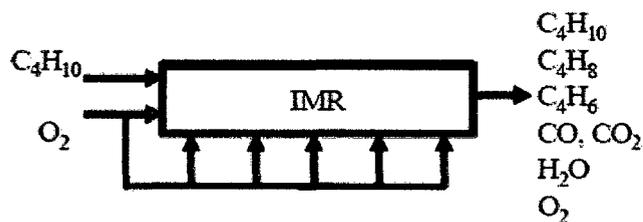
CAPÍTULO V

INGENIERÍA DEL DISEÑO DEL DETALLE

5.1 Balance de materia

Tenemos el Sistema :

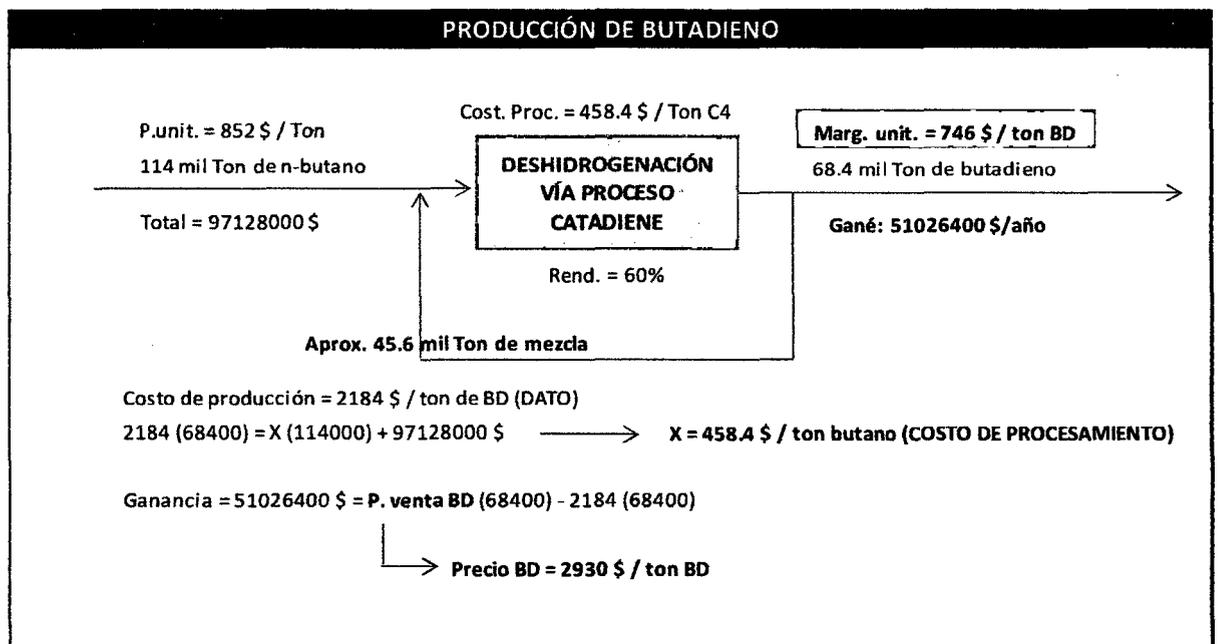
FIGURA Nº 5.1



Fuente : Propia

Balance de masa preliminar de nuestra evaluación económica :

FIGURA Nº 5.2



Fuente : Propia

5.2 Balance de energía

El modelo cinético de producción de 1,3 – butadieno será uno que maximice su producción, para lo cual elegimos el modelo de una “Deshidrogenación oxidativa de n–butano en un reactor de lecho fijo y en un reactor de membrana porosa inerte”

La deshidrogenación oxidativa (oxidative dehydrogenation = ODH) del butano produce tres isómeros del buteno (1–buteno, trans–2–buteno y cis–2–buteno) los cuales a su vez son oxidados para formar el butadieno. También se puede oxidar el butano directamente a butadieno.

Para este análisis, se considerará una mayor producción de butenos y butadieno en el reactor de lecho fijo (Fixed Bed Reactor = FBR) y en el Reactor de membrana porosa inerte (Inert Porous Membrane Reactor = IMR)

Según el estudio citado (una tesis sobre producción de butadieno de la Universidad de Witwatersrand – Johannesburg (Sudáfrica)) los rendimientos teóricos de butenos y butadieno son 0,119 y 0,800 en fracción masa de carbono respectivamente. La configuración del reactor en ambos casos, para esos rendimientos, fue la de un IMR operando a una baja presión parcial de Oxígeno en la corriente de reactantes y productos.

Se encontró, también, que 99,7% y 83% de los rendimientos máximos teóricos de butenos y butadienos, respectivamente, pueden ser alcanzados en un IMR con una

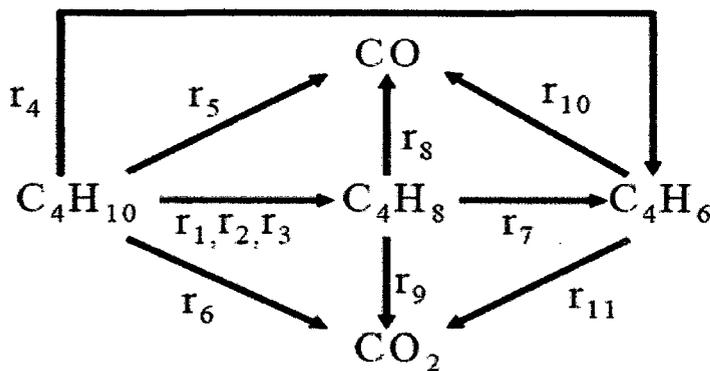
presión parcial de Oxígeno de 0,25 kPa. El tiempo de residencia sería de 75 – 322 segundos.

Cuando se conoce la cinética de la producción, es necesario maximizar los productos más rentables para hacer económicamente viable el proceso y el proyecto en general.

En estudios anteriores sobre la cinética de deshidrogenación del butano, se encontró que en la ODH del 1-buteno hacia butadieno en un IMR, el rendimiento de butadieno aumentaba a medida que la presión parcial del oxígeno disminuía. El estudio fue realizado por Téllez et. Al. (1999) y Assabumrungrat et. Al. (2002). Se utiliza, para una maximización de butadieno, en los reactores FBR e IMR, un catalizador de V/MgO que contiene un 24% en masa de V2O5

La red de reacciones de la cinética del ODH sería :

FIGURA N° 5.3



Fuente : Propia

En esta red, los tres isómeros (1-buteno, trans-2-buteno y cis-2-buteno) fueron agrupados como C_4H_8 para las reacciones 7, 8 y 9

En el estudio citado, el modelo matemático para simular esta ODH del butano posee condiciones isotérmicas y presión atmosférica. El mantener una presión atmosférica en el reactor implica variar el tamaño del lecho de catalizador para, así, poder mantener los rendimientos deseados de butenos y butadieno.

En el estudio citado se utilizó MATLAB para los cálculos. Las expresiones de velocidad de la cinética fueron tomadas del estudio de Téllez et. Al (1999), las cuales tienen como variables las presiones parciales del oxígeno y de los hidrocarburos, butano, butenos y butadieno.

Resultados

Una mezcla inicial de butano y oxígeno fueron consideradas y una presión parcial de oxígeno en el rango de 0,25 – 85 kPa. La temperatura de alimentación y la temperatura isotérmica del reactor fueron asumidas, ambas, 773 K. Las concentraciones de hidrocarburo serán expresadas en fracción masa de carbono.

Consideramos tres escenarios.

El primero es alimentar butano y oxígeno, este último a una presión parcial específica inicial, hacia un FBR estabilizado y permitir que continúe la reacción hasta que uno de estos elementos se agote. El efecto de la presión parcial del oxígeno en la corriente de

alimentación con respecto a los rendimientos de butenos (caso 1) y butadieno (caso 2) se estudiaron en el análisis citado.

En el segundo escenario, se utiliza un IMR estabilizado, la presión parcial del oxígeno se especifica y se mantiene constante mediante la adición de oxígeno fresco a lo largo de la longitud del IMR. De la misma manera, se estudiaron los efectos de la presión parcial de oxígeno sobre los rendimientos de los isómeros y butadieno.

En un tercer escenario, se consideraron dos IMR largos en serie incorporando al proceso un by – pass y un mezclado.

El efecto del tiempo de residencia con respecto a los rendimientos de isómeros y butadieno se examinó. En todas las etapas, la reacción permite llegar a un equilibrio en la etapa en la que o bien el oxígeno o bien el butano se agota.

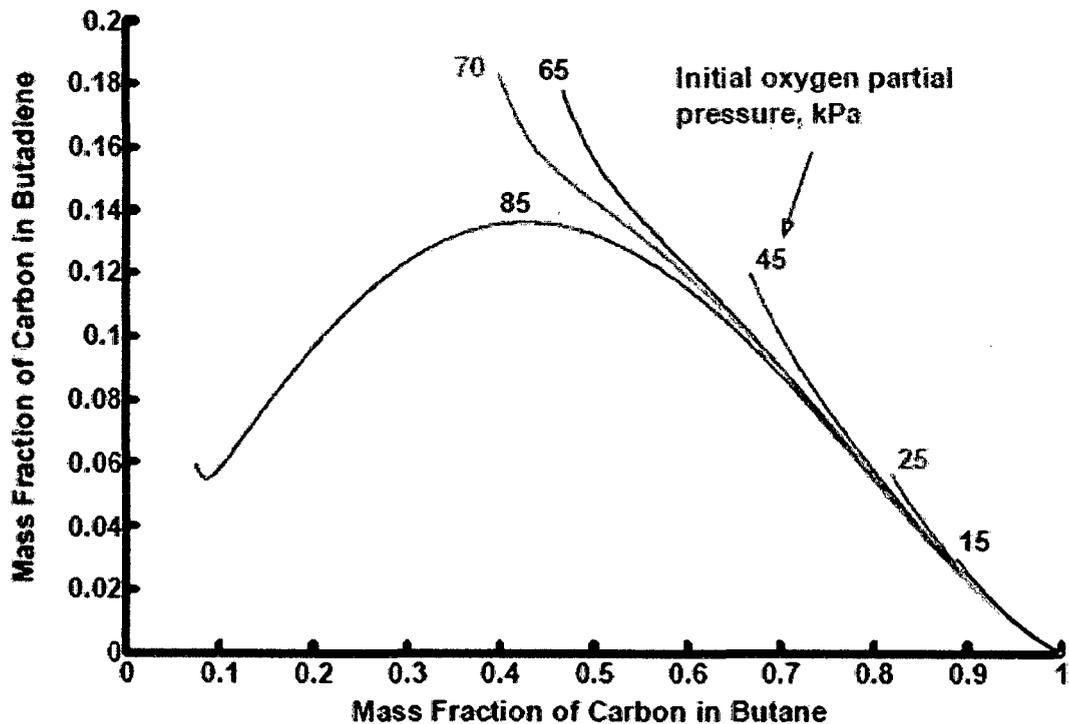
Si consideramos una oxidación más severa, se tienen subproductos como el CO y CO₂, mas estos no se consideran en el análisis cinético.

Para efectos de practicidad consideramos el escenario N° 2 como óptimo, en el que se consume el oxígeno en un FBR para la producción de butadieno, mas explicaremos un poco del escenario 1 para, así, poder hacer comparaciones.

Escenario N° 1 : Agotamiento de oxígeno en un FBR – Producción de butadieno

Empezamos el análisis mostrando el efecto de la presión parcial del oxígeno

GRÁFICO N° 5.1



Fuente : Propia

En el Gráfico N° 5.1 se muestra los perfiles del butano y butadieno a varias presiones parciales de oxígeno en el FBR

A una presión parcial inicial de oxígeno de 85 kPa, la reacción procede hasta que el oxígeno se consume. Cuando esto ocurre, las concentraciones de butano y butadieno residuales son 0,075 y 0,059 respectivamente.

En el gráfico anterior, el “pliegue” o “nudo” en el final de la curva del perfil de concentración para 85 kPa se debe a la muy baja concentración de oxígeno en la etapa del proceso ODH, resultando en una oxidación preferencial del butano hacia butadieno mediante “r4” en vez de una oxidación del buteno mediante “r1”, “r2” y “r3”, es decir, la oxidación es más selectiva para el butano.

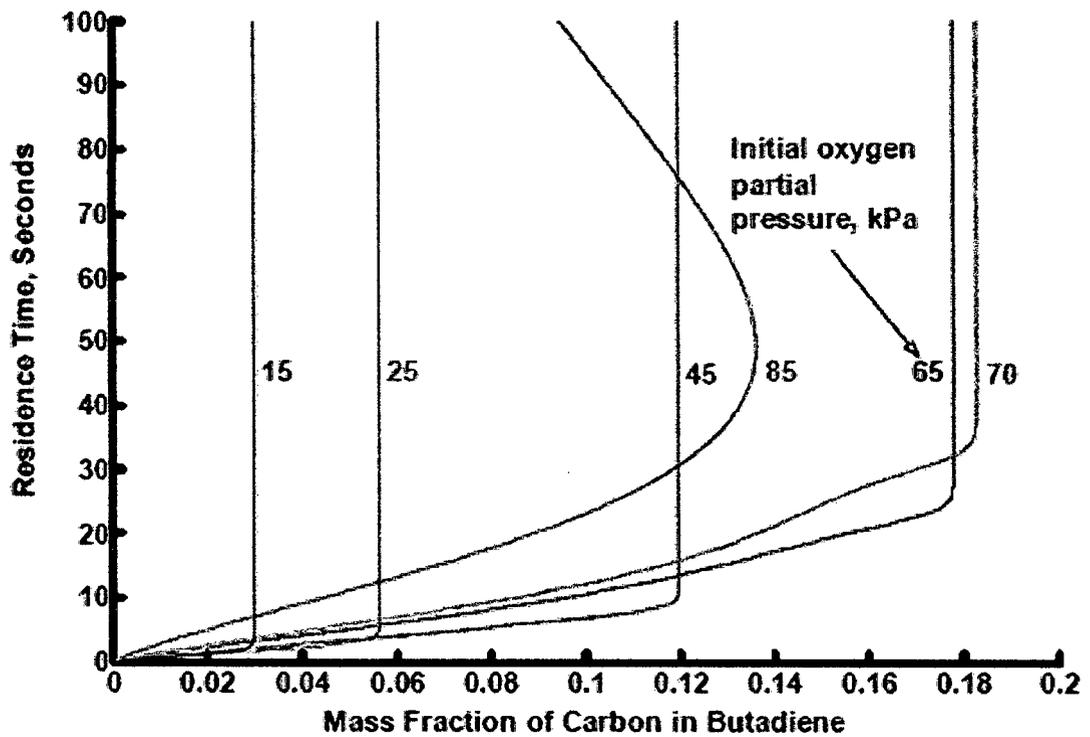
Si la presión parcial inicial del oxígeno se incrementase a 87 kPa, todo el butano, buteno y butadieno se oxidan y habría oxígeno residual presente al completarse la reacción. Entonces nos damos cuenta de que si la presión fuera esa, el suministro de butano sería el factor limitante.

A presiones parciales de oxígeno menores de 85 kPa, la reacción culmina con el agotamiento del oxígeno.

El máximo rendimiento de butadieno para un FBR es 0,183, y esto ocurre a una presión parcial del oxígeno de 70 kPa. El butano residual poseería una concentración de 0,399, y el tiempo de residencia sería de 41 segundos.

El siguiente gráfico nos muestra que los tiempos de reacción no deben exceder los 49 segundos para poder alcanzar el máximo rendimiento de butadieno para todas las presiones parciales de oxígeno mayores de 85 kPa, lo cual nos indica que la reacción ODH es una reacción rápida.

GRÁFICO N° 5.2



Fuente : Propia

En el Gráfico 5.2 nos muestra los tiempos de residencia para el butadieno a varias presiones parciales de oxígeno en el FBR

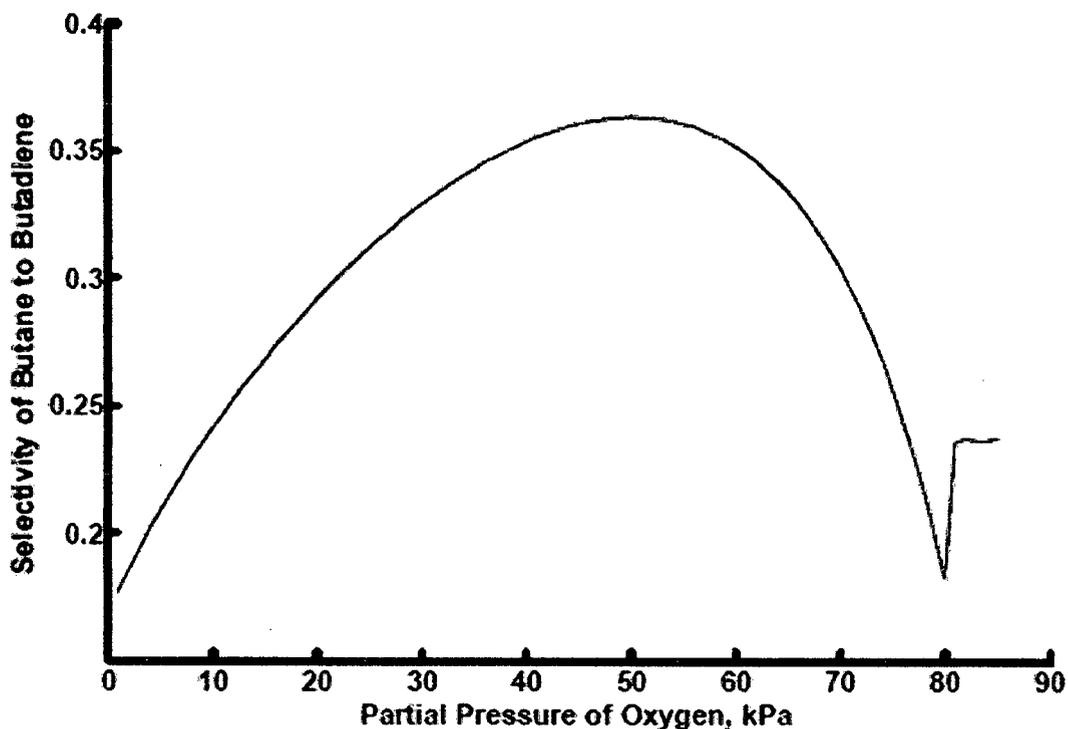
La selectividad (S) del butano hacia butadieno se define como :

$$S_{Butane} = \frac{C_{Butadiene}}{(C_{Butane}^0 - C_{Butane})}$$

Podemos usar el Gráfico N° 5.2 mostrada de este escenario para examinar la selectividad del butano hacia butadieno. La máxima selectividad está dada por la línea

de máxima pendiente desde el punto de alimentación (butano puro) debido a la concavidad de los perfiles en ese gráfico, esto ocurrirá cuando la línea es tangente a la curva o, cuando no existe un punto tangente, en el punto final del perfil examinado.

GRÁFICO N° 5.3



Fuente : Propia

En el Gráfico N° 5.3 se muestra la selectividad del butano hacia butadieno en un FBR como función de la presión parcial inicial del oxígeno, para condiciones de un rendimiento máximo de butadieno.

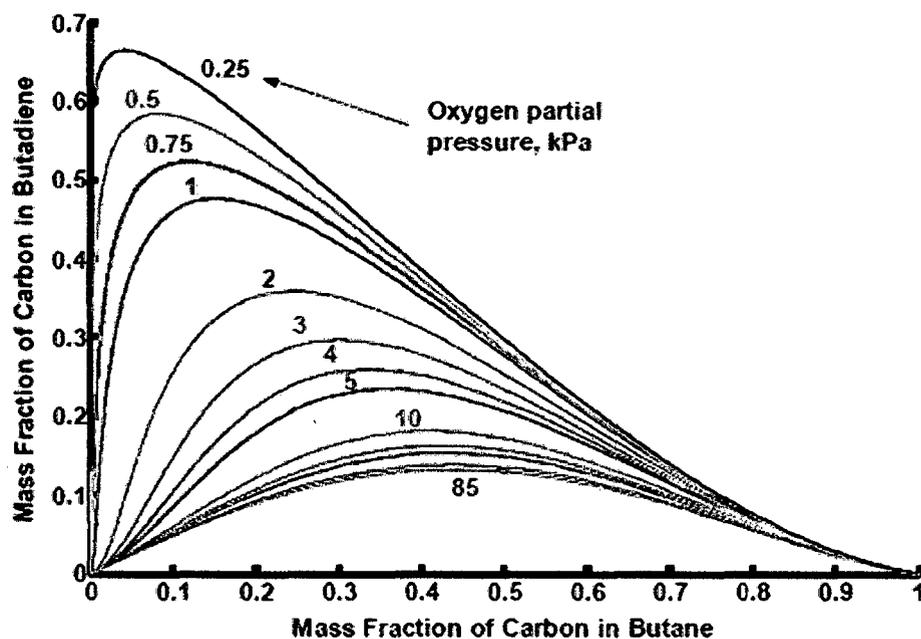
La discontinuidad mostrada en la presión parcial inicial de 80 kPa se explica mediante el primer gráfico del escenario. A presiones parciales de oxígeno de 85 á 81 kPa, la concentración final de butadieno es menor que la concentración máxima de butadieno. Por debajo de 81 kPa, la concentración máxima y mínima de butadieno son idénticas.

Así como la selectividad en este último gráfico se calcula para un máximo rendimiento de butadieno, ocurre una variación para una presión parcial de oxígeno de 80 kPa.

Este último gráfico nos indica que las selectividades del butano para un máximo de butadieno varían en un orden de 100% a través del rango de presiones parciales. A 85 kPa y 1 kPa, las selectividades son 0,24 y 0,18 respectivamente, con una selectividad máxima de 0,36 para una presión parcial de oxígeno de 50 kPa.

Escenario N° 2 : Reposición de oxígeno en un IMR – Producción de butadieno

GRÁFICO N° 5.4



Fuente : Propia

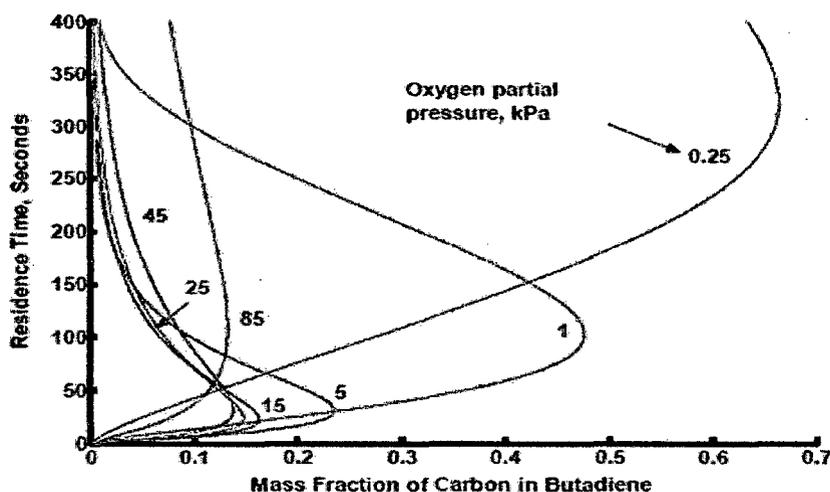
Este Gráfico N° 5.4 se muestra los perfiles de butano y butadieno a una presión parcial de oxígeno constante, en el rango de 85 kPa a 0,25 kPa en un IMR.

Nos damos cuenta de que se muestra el efecto de la adición de oxígeno a lo largo del reactor para mantener la presión constante en la corriente de reactantes y en la corriente de productos.

Se nota que el máximo rendimiento de butadieno se incrementa con la reducción de presión parcial de oxígeno de 85 kPa a 0,25 kPa. A una presión de 0,25 kPa, el máximo rendimiento de butadieno es 0,665 con una adecuada concentración de butano de 0,042 El tiempo de residencia asociado sería de 322 segundos según el siguiente gráfico.

También debemos notar que cada perfil mostrado en el gráfico anterior muestra una sección cóncava. Estas regiones cóncavas pueden ser removidas mediante un mezclado adecuado (a lo largo de una línea directa desde el punto de alimentación que es tangencial al perfil), involucrando al reactante fresco (butano) y los productos de reacción. La máxima selectividad del butano se encuentra en el punto tangencial al perfil relevante.

GRÁFICO Nº 5.5



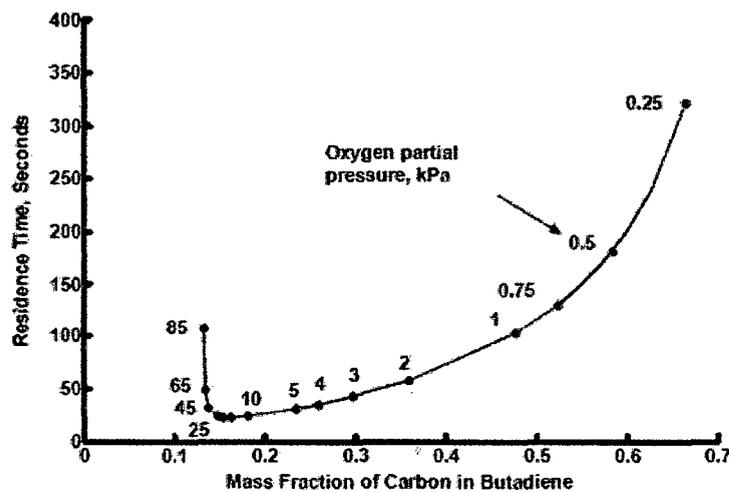
Fuente : Propia

El **Gráfico N° 5.5** muestra los tiempos de residencia para el butadieno a una presión parcial de oxígeno constante.

El análisis de este gráfico nos muestra que el tiempo de residencia para un máximo rendimiento de butadieno decrece desde 108 segundos a un mínimo de 23 segundos a través del rango de presión parcial de oxígeno (85 kPa – 15 kPa)

Si la presión es menor de 15 kPa, el tiempo de residencia para el máximo rendimiento de butadieno aumenta. Para presiones parciales menores a 1 kPa, el tiempo de residencia para el máximo rendimiento de butadieno incrementa de forma drástica. Estos resultados se muestran a continuación.

GRÁFICO N° 5.6

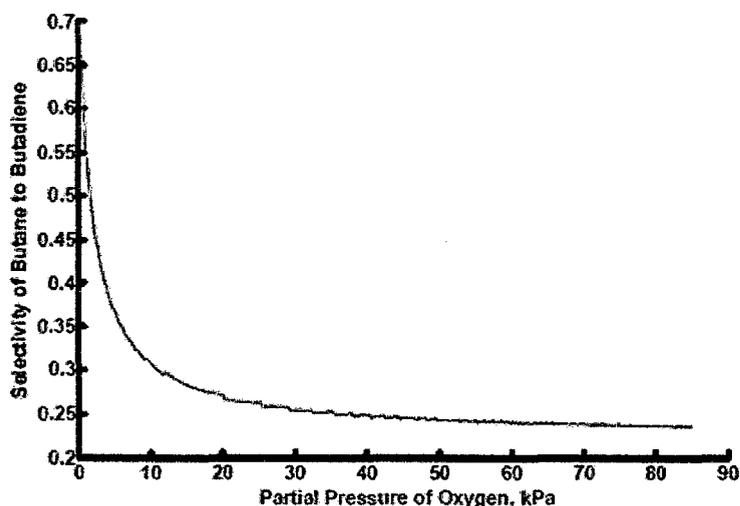


Fuente : Propia

El **Gráfico N° 5.6** es una síntesis del penúltimo y nos muestra que el tiempo de residencia asociado con el máximo rendimiento de butadieno cae a un mínimo y luego aumenta. A medida que la presión parcial de oxígeno disminuye de 0,25 kPa, el

rendimiento máximo de butadieno en un IMR tiende asintóticamente a un valor de 0.8. De todos modos, para alcanzar este valor, los tiempos de residencia tendrían que aumentar dramáticamente.

GRÁFICO N° 5.7



Fuente : Propia

El Gráfico N° 5.7 muestra la selectividad del butano hacia butadieno en un IMR como una función de la presión parcial de oxígeno para unas condiciones de máximo rendimiento de butadieno.

- * Aquí nos damos cuenta del efecto de la presión parcial del oxígeno en la selectividad del butano para un máximo rendimiento de butadieno. Se ve una amplia variación de selectividades a lo largo del rango de presiones parciales desde 0,24 (a 85 kPa) hasta 0,70 (a 0,25 kPa)

Entonces para culminar el análisis de la producción de butadieno, se analiza las circunstancias en las cuales los rendimientos máximos en un FBR y en un IMR son equivalentes.

Analizando los dos casos antes mostrados, vemos que a una alta presión parcial de oxígeno se obtiene mayor rendimiento de butadieno por medio de un FBR que de un IMR, y que a bajas presiones parciales la conversión es aplicable.

El valor crítico de la presión parcial de oxígeno es 50 kPa. A esta presión (o mayores), el máximo rendimiento de butadieno es mayor en un FBR que en el IMR. Por debajo de 50 kPa los rendimientos máximos de butadieno son mayores en el IMR.

La diferencia porcentual más grande entre los rendimientos máximos de butenos es 36% y ocurre a una presión parcial de oxígeno de 70 kPa.

TABLA N° 5.1

Table 3.4 shows the respective values at oxygen partial pressures close to 50 kPa.

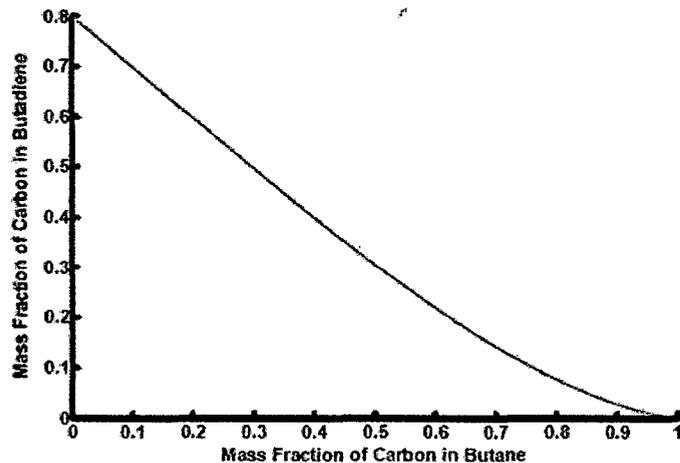
Oxygen Partial Pressure, kPa	IMR			FBR		
	Maximum Butadiene Value	Associated Butane Value	Residence Time, Seconds	Maximum Butadiene Value	Associated Butane Value	Residence Time, Seconds
48	0.138	0.440	33	0.130	0.643	14
49	0.137	0.438	34	0.133	0.634	15
50	0.137	0.436	35	0.136	0.625	16
51	0.137	0.440	35	0.140	0.616	16
52	0.137	0.438	36	0.143	0.606	18
53	0.137	0.436	37	0.146	0.597	18

Table 3.4. Comparison of maximum yields of butadiene from an IMR and a FBR at different oxygen partial pressures.

Fuente : Manual del ingeniero químico

La pregunta sobre qué rendimiento de butadieno se puede alcanzar a una muy baja presión parcial de oxígeno y un reactor de gran tamaño fue respondido al definir una muy baja presión parcial de 0,000001 kPa, y los resultados se muestran a continuación.

GRÁFICO N° 5.8



Fuente : Propia

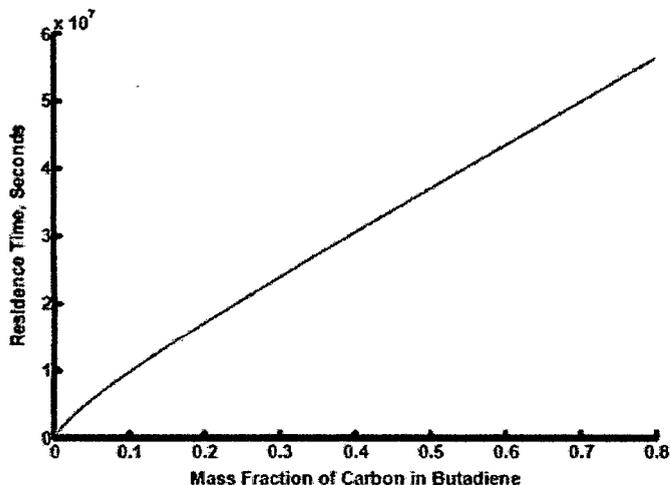
Perfiles del butano y butadieno a presiones muy bajas en un IMR muy grande.

El rendimiento máximo a presión muy baja es de 0,800. En este punto, el butano inicial ha sido totalmente agotado.

El perfil butano–butadieno de este gráfico es cóncavo a lo largo de toda la curva y la máxima selectividad está dada por la pendiente desde el punto de alimentación (1, 0) hasta el punto de contacto tangencial con el perfil (0,8; 0)

El **Gráfico N° 5.8** nos muestra que el tiempo de residencia a muy baja presión para la oxidación total del butano es de $5,6 * 10^7$ segundos.

GRÁFICO N° 5.9

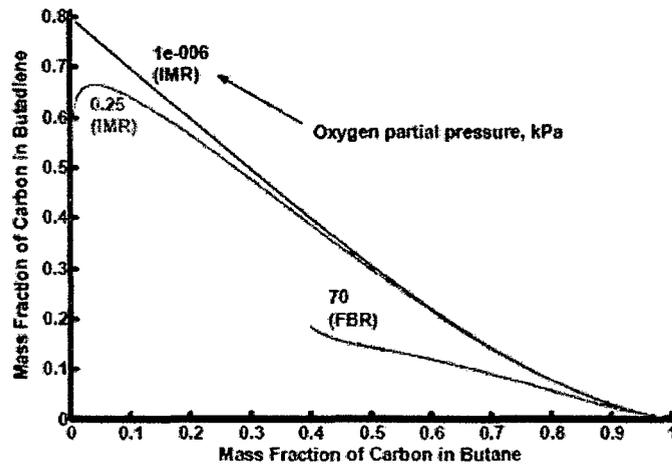


Fuente : Propia

Como se nota, para un IMR a presión constante de 0,25 kPa, el máximo rendimiento de butadieno es 0,665 con un tiempo de residencia de 322 segundos (condición en la cual el butano residual está por 0,042) Esto representa un desempeño de 83% relativo al rendimiento máximo teórico de butadieno de 0,800

En el caso anterior, para un FBR, una presión inicial de 70 kPa, en el que el oxígeno no es restituido, el rendimiento máximo es 0,183, y esto significaría un desempeño de 23% relativo al máximo rendimiento teórico de 0,800, y en donde el butano residual es de 0,399

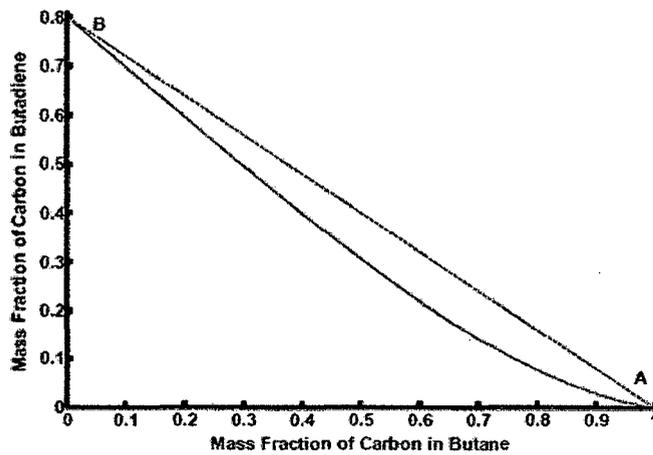
GRÁFICO N° 5.10



Fuente : Propia

GRÁFICO N° 5.11

Perfiles butano-butadieno a presiones distintas para IMR y FBR.



Fuente : Propia

El Gráfico N° 5.10 en donde se muestra una línea directa desde la alimentación hacia el punto de tangencia, nos indica que con un buen mezclado nos permitiría extender el área debajo del perfil butano – butadieno y así representar un sistema óptimo.

Rendimientos de butadieno

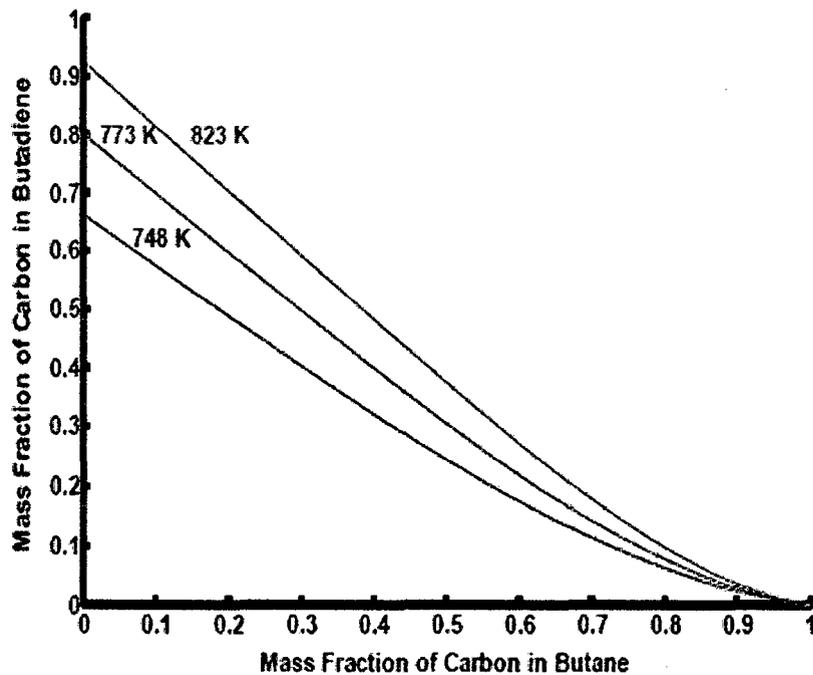
TABLA N° 5.2

Source	Maximum Butadiene	Associated butane yield	Residence time, seconds	% of máximo Theoretical yield	Oxygen partial pressure, kPa	Reactor configuration
Figure 3.18	0,665	0,042	322	83%	0,25	IMR
Figure 3.18	0,534	0,112	138	67%	0,40	IMR
Figure 3.6	0,183	0,399	41	23%	40,0	FBR

Fuente : Propia

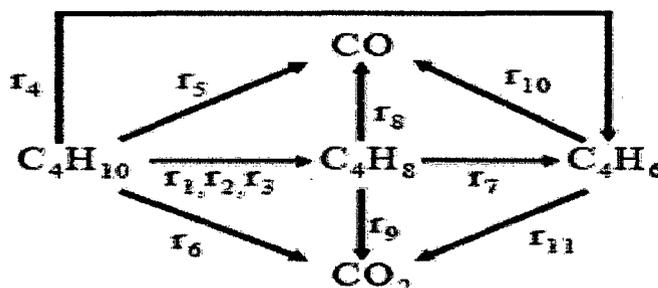
De la Tabla N° 5.2 se concluye que para un IMR con un tiempo de residencia de 322 segundos a presión parcial de oxígeno de 0,25 kPa (isoterma de 773 K) tenemos un máximo rendimiento de butadieno de 0,665 fracción masa de carbono, el cual es 83% del máximo teórico (0,800)

GRÁFICO N° 5.12



Fuente : Propia

FIGURA N° 5.4



Fuente : Tesis Attainable Region of ODH of Butane

TABLA N° 5.3

Reaction	Rate expresión
Oxidation of n - butane	
(1) $C_4H_{10} + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow 1 - C_4H_8 + H_2O$	$\gamma_1 = k_1 * P_{C_4H_{10}} * \theta_0$
(2) $C_4H_{10} + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow \text{Trans-2-C}_4H_8 + H_2O$	$\gamma_2 = k_2 * P_{C_4H_{10}} * \theta_0$
(3) $C_4H_{10} + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow \text{Cis-2-C}_4H_8 + H_2O$	$\gamma_3 = k_3 * P_{C_4H_{10}} * \theta_0$
(4) $C_4H_{10} + O_2 \longrightarrow C_4H_6 + 2H_2O$	$\gamma_4 = k_4 * P_{C_4H_{10}} * \theta_0$
(5) $C_4H_{10} + \frac{9}{2}O_2 \longrightarrow 4CO + 5H_2O$	$\gamma_5 = k_5 * P_{C_4H_{10}} * \lambda_0$
(6) $C_4H_{10} + \frac{13}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 + 5H_2O$	$\gamma_6 = k_6 * P_{C_4H_{10}} * \lambda_0$
Oxidation of 1 - butane	
(7) $1-C_4H_8 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow C_4H_6 + H_2O$	$\gamma_7 = k_7 * P_{C_4H_8} * \theta_0$
(8) $1-C_4H_8 + 4O_2 \longrightarrow 4CO + 4H_2O$	$\gamma_8 = k_8 * P_{C_4H_8} * \lambda_0$
(9) $1-C_4H_8 + 6O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 4H_2O$	$\gamma_9 = k_9 * P_{C_4H_8} * \lambda_0$
Oxidation of butadiene	
(10) $C_4H_6 + \frac{7}{2}O_2 \longrightarrow 4CO + 3H_2O$	$\gamma_{10} = k_{10} * P_{C_4H_6} * \lambda_0$
(11) $C_4H_6 + \frac{11}{2}O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 3H_2O$	$\gamma_{11} = k_{11} * P_{C_4H_6} * \lambda_0$
Oxidation and reduction of catalyst sites	
(12) $O_2 + 2X \longrightarrow 2X_0$	$\gamma_{12} = k_{12} * P_{O_2} * (1 - \theta_0)$
(13) $O_2 + 2Z \longrightarrow 2Z_0$	$\gamma_{13} = k_{13} * P_{O_2} * (1 - \lambda_0)$

Fuente : Tesis Attainable Region of ODH of Butane

Donde θ_0 y λ_0 se refieren a la oxidación de los sitios catalíticos y se definen :

Selective oxidation catalyst sites

$$\theta_0 = 2k_{12} * p_{oxygen} / (2k_{12} * p_{oxygen} + (k_1 + k_2 + k_3 + 2 * k_4) * p_{butane} + k_7 * p_{butenes})$$

Non-selective oxidation catalyst sites

$$\lambda_0 = 2k_{13} * p_{oxygen} / (2k_{13} * p_{oxygen} + (9k_5 + 3k_6) * p_{butane} + (8k_8 + 2k_9) * p_{butenes} + (7k_{10} + 11k_{11}) * p_{butadiene})$$

X and **Z** refer to the reduced active sites of the catalyst.

X₀ and **Z₀** refer to the oxidised active sites of the catalyst.

p_i is the partial pressure of the subscripted species, *i*, atm.

Data cinética

TABLA N° 5.4

Reaction	Rate constant. K _{io} , mol/Kg.sec	Activity coefficient, E _{ai} , kJ/mol
$C_4H_{10} + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow 1 C_4H_8 + H_2O$	$62,33 \times 10^{-3}$	144,9
$C_4H_{10} + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow \text{Trans-2-C}_4H_8 + H_2O$	$32,83 \times 10^{-3}$	142,7
$C_4H_{10} + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow \text{Cis-2-C}_4H_8 + H_2O$	$39,67 \times 10^{-3}$	139,1
$C_4H_{10} + O_2 \longrightarrow C_4H_6 + 2H_2O$	$30,83 \times 10^{-3}$	148,5
$C_4H_{10} + \frac{9}{2}O_2 \longrightarrow 4CO + 5H_2O$	$9,17 \times 10^{-3}$	175,5
$C_4H_{10} + \frac{13}{2}O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 5H_2O$	$25,83 \times 10^{-3}$	138,4
$C_4H_8 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow C_4H_6 + H_2O$	$685,0 \times 10^{-3}$	164,7
$C_4H_{10} + 4O_2 \longrightarrow 4CO + 4H_2O$	$32,33 \times 10^{-3}$	146,2

Fuente: Tesis Attainable Region of ODH of Butane

TABLA N° 5.5

Reaction	Rate constant. K_{i0} , mol/Kg.sec	Activity coefficient, E_{λ_i} , kJ/mol
$C_4H_8 + 6O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 4H_2O$	$115,67 \times 10^{-3}$	107,2
$C_4H_6 + 7/2O_2 \longrightarrow 4CO + 3H_2O$	$118,17 \times 10^{-3}$	146,6
$C_4H_6 + 11/2O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 3H_2O$	435×10^{-3}	102,0
$O_2 + 2X \longrightarrow 2X_0$	$2\,995 \times 10^{-3}$	114,5
$O_2 + 2Z \longrightarrow 2Z_0$	$3\,255 \times 10^{-3}$	5,5

Fuente : Tesis Attainable Region of ODH of Butane

The rate constant, $k_i = k_{i0} \exp^{-(E_{ai}/R)(1/T - 1/T_0)}$

Where $T_0 = 773K$.

Luego, las expresiones son :

n-Butane

$$r_1 = - ((k_1 + k_2 + k_3 + k_4) \cdot \theta_0 + (k_5 + k_6) \cdot \lambda_0) \cdot p_{butane}$$

Oxygen

$$a_1 = ((k_1 + k_2 + k_3 + k_4) \cdot \theta_0 + (9k_5 + 13k_6) \cdot \lambda_0) \cdot 0.5 \cdot p_{butane}$$

$$a_2 = (k_7 \cdot \theta_0 + 8k_8 \cdot \lambda_0) \cdot 0.5 \cdot p_{butenes} + 12 \cdot 0.5 \cdot k_9 \cdot p_{butenes} \cdot \lambda_0$$

$$a_3 = (7 \cdot k_{10} + 11 \cdot k_{11}) \cdot 0.5 \cdot \lambda_0 \cdot p_{butadiene}$$

$$r_2 = - (a_1 + a_2 + a_3)$$

1-Butene

$$r_3 = (k_1 \cdot p_{butane} - k_7 \cdot p_{1-butene}) \cdot \theta_0 - (k_8 + k_9) \cdot p_{1-butene} \cdot \lambda_0$$

Trans-2-Butene

$$r_4 = (k_2 * p_{butane} - k_7 * p_{trans-2-butene}) * \theta_0 - (k_8 + k_9) * p_{trans-2-butene} * \lambda_0$$

Cis-2-Butene

$$r_5 = (k_3 * p_{butane} - k_7 * p_{cis-2-butene}) * \theta_0 - (k_8 + k_9) * p_{cis-2-butene} * \lambda_0$$

Butadiene

$$r_6 = (k_4 * p_{butane} + k_7 * p_{butenes}) * \theta_0 - (k_{10} + k_{11}) * p_{butadiene} * \lambda_0$$

Carbon Monoxide

$$r_7 = 4(k_5 * p_{butane} * \lambda_0 + k_8 * p_{butenes} * \lambda_0 + k_{10} * p_{butadiene} * \lambda_0)$$

Carbon Dioxide

$$r_8 = 4(k_6 * p_{butane} * \lambda_0 + k_9 * p_{butenes} * \lambda_0 + k_{11} * p_{butadiene} * \lambda_0)$$

Water

$$r_9 = (k_1 + k_2 + k_3 + 2k_4) * p_{butane} * \theta_0 + 5(k_5 + k_6) * p_{butane} * \lambda_0 + (k_7 * p_{butenes} * \theta_0 + 4(k_8 + k_9) * p_{butenes} * \lambda_0 + 3(k_{10} + k_{11}) * p_{butadiene} * \lambda_0)$$

5.3 Balance de energía

En la deshidrogenación oxidativa del n-butano y los subsecuentes productos, son posibles 11 reacciones químicas. En general, estas once reacciones describen la deshidrogenación del n-butano a isómeros del buteno y a CO y CO₂, la ODH del 1-

buteno a butadieno y a CO y CO₂ y la ODH del butadieno a CO y CO₂. El agua es un producto adicional en estas reacciones.

Para el balance de Energía se eligieron las temperaturas de 748K, 773K y 823K debido a que el estudio referencia de nuestro informe así lo presenta.

La entalpía de reacción y la capacidad calorífica se calculan mediante :

$$\Delta H_T = \Delta H_{298} + \int_{298}^T \Delta C_p dT \text{ en donde } \Delta C_p = \sum v_i C_{pi}$$

$$C_{pi} = A + BT + CT^2 + DT^3$$

La energía de formación de Gibbs a una temperatura T, ΔG^0 , es :

$$\Delta G^0 = \Delta H_0^0 + (\Delta G_0^0 - \Delta H_0^0) - AT_0(\ln - + 1) - \frac{BT_0^2}{2}(2 - 2 + 1) - \frac{CT_0^3}{6}(3 - 3 + 2) - \frac{DT_0^4}{12}(4 - 4 + 3)$$

$$\text{en donde } - \frac{T}{T_0}$$

TABLA N° 5.6

Especie	$\Delta H^{\circ}298,$ KJ/mol	$\Delta G^{\circ}298,$ KJ/mol	A	B	C	D
N-C ₄ H ₁₀	- 126,2	- 16,1	9,49E + 00	3,31E - 01	- 1,11E - 04	- 2,82E - 09
O ₂	0	0	2,81E + 01	- 3,68E - 06	1,75E - 05	- 1,07E - 08
1-C ₄ H ₈	- 0,126	71,34	- 2,99E + 00	3,53E - 01	- 1,99E - 04	4,46E - 08
Trans-2-C ₄ H ₈	- 11,18	63,01	1,83E + 01	2,56E - 01	- 7,01E - 05	- 8,99E - 09
Cis-2-C ₄ H ₈	- 6,99	65,9	4,40E + 01	2,95E - 01	- 1,02E - 04	- 6,16E - 10
C ₄ H ₆	110,2	150,8	- 1,69E + 00	3,42E - 01	- 2,34E - 04	6,34E - 08
CO	- 110,6	- 137,4	3,09E + 01	- 1,29E - 02	2,79E - 05	- 1,27E - 08
CO ₂	- 393,8	- 394,6	1,98E + 01	7,34E - 02	- 5,60E - 05	1,72E - 08
H ₂ O	- 242	- 228,8	3,24E + 01	1,92E - 03	1,06E - 05	- 3,60E - 09

Fuente : Constantes de los componentes productos de las reacciones primarias y secundarias. Entalpías y Energías de Gibbs de formación y capacidades caloríficas isobáricas de gases. Reid (1987)

A continuación veremos la **Tabla N° 5.7** con todos los valores de energías a las temperaturas designadas y con todas las reacciones.

TABLA N° 5.7

Oxidación del Butadieno					
Reacción : C₄H₆ + 3,5 O₂ → 4 CO + 3 H₂O					
Temperatura	ΔH°	ΔG°	K	X	Categoría
298K	- 1278,6	- 1386,8	1,205E + 243	1	A
748K	- 1279,3	- 1553	2,805E + 108	1	A
773K	- 1280	- 1562,1	3,613E + 105	1	A
823K	- 1281,4	- 1580,3	1,997E + 100	1	A
Reacción : C₄H₆ + 5,5 O₂ → 4 CO₂ + 3 H₂O					
298K	- 2411,4	- 2415,6	Infinito	1	A
748K	- 2413,8	- 2421,9	1,344E + 169	1	A
773K	- 2414,2	- 2422,2	4,748E + 163	1	A
823K	- 2415,1	- 2422,7	5,802E + 153	1	A

Oxidación del n-butano					
Reacción : $C_4H_{10} + 0,5 O_2 \rightarrow 1-C_4H_8 + H_2O$					
Temperatura	ΔH^0	ΔG^0	K	X	Categoría
298K	- 115,93	- 141,36	6,000E + 24	1	A
748K	- 115,2	- 180,72	4,170E + 12	1	A
773K	- 115,31	- 182,91	2,290E + 12	1	A
823K	- 115,56	- 187,28	7,690E + 11	1	A
Reacción : $C_4H_{10} + 0,5 O_2 \rightarrow \text{Trans-2-C}_4H_8 + H_2O$					
298K	- 126,98	- 149,69	1,730E + 26	1	A
748K	- 126,69	- 184,92	8,240E + 12	1	A
773K	- 126,83	- 186,86	4,230E + 12	1	A
823K	- 127,14	- 190,73	1,270E + 12	1	A
Reacción : $C_4H_{10} + 0,5 O_2 \rightarrow \text{Cis-2-C}_4H_8 + H_2O$					
298K	- 122,79	- 146,8	5,390E + 25	1	A
748K	- 124,89	- 182,41	5,470E + 12	1	A
773K	- 125,11	- 184,33	2,850E + 12	1	A
823K	- 125,56	- 188,16	8,730E + 11	1	A
Reacción : $C_4H_{10} + O_2 \rightarrow C_4H_6 + 2 H_2O$					
298K	- 247,6	- 290,7	9,000E + 50	1	A
748K	- 242,99	- 359,42	1,260E + 25	1	A
773K	- 243,04	- 363,31	3,550E + 24	1	A
823K	- 243,22	- 371,08	3,560E + 23	1	A
Reacción : $C_4H_{10} + 4,5 O_2 \rightarrow 4 CO + 5 H_2O$					
298K	- 1526,2	- 1677,5	1,085E + 294	1	A
748K	- 1522,3	- 1912,4	3,522E + 193	1	A
773K	- 1523	- 1925,4	1,282E + 130	1	A
823K	- 1524,6	- 1951,4	7,116E + 123	1	A
Reacción : $C_4H_{10} + 6,5 O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5 H_2O$					
298K	- 2659	- 2706,3	Inf.	1	A
748K	- 2656,8	- 2781,4	1,688E + 194	1	A
773K	- 2657,3	- 2785,5	1,685E + 188	1	A
823K	- 2658,4	- 2793,8	2,068 + 177	1	A

Oxidación del 1-buteno					
Reacción : $C_4H_8 + 0,5 O_2 \rightarrow 1-C_4H_6 + H_2O$					
Temperatura	ΔH^0	ΔG^0	K	X	Categoría
298K	- 131,67	- 149,34	1,502E + 26	1	A
748K	- 127,79	- 178,7	3,010E + 12	1	A
773K	- 127,74	- 180,4	1,549E + 12	1	A
823K	- 127,66	- 183,81	4,633E + 11	1	A
Reacción : $C_4H_8 + 4 O_2 \rightarrow 4 CO + H_2O$					
298K	1410,3	- 1536,1	1,810E + 269	1	A
748K	- 1407,1	- 1731,7	8,445E + 120	1	A
773K	- 1407,7	- 1742,5	5,597E + 117	1	A
823K	- 1409,1	- 1746,1	9,250E + 111	1	A
Reacción : $C_4H_8 + 6 O_2 \rightarrow 4 CO + 4 H_2O$					
298K	- 2543,1	- 2564,9	Infinito	1	A
748K	- 2541,6	- 2600,6	4,047E + 181	1	A
773K	- 2542	- 2602,6	7,355E + 175	1	A
823K	- 2542,8	- 2606,5	2,688E + 165	1	A

Fuente : Propia

A continuación vemos los criterios para la CATEGORÍA según el equilibrio químico :

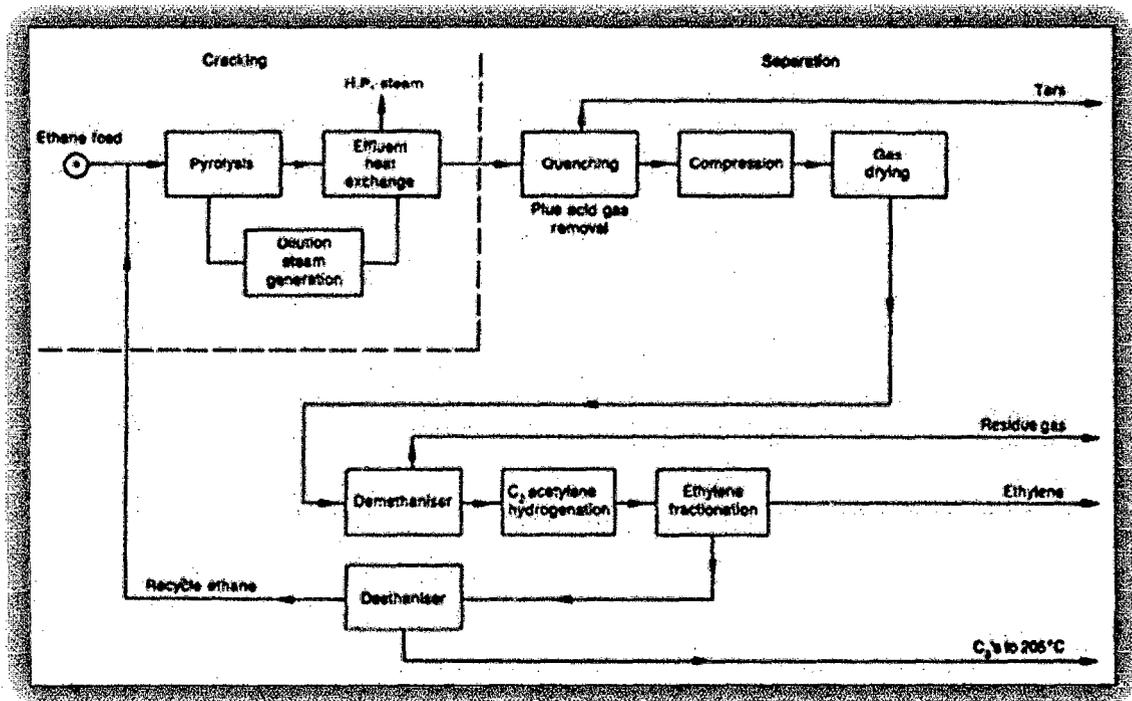
TABLA N° 5.8

Categoría	ΔG^0 , KJ	K	Composición de la mezcla en equilibrio
A	- 50	6,00E + 08	Reactantes insignificantes
B	- 10	57	Productos dominantes
C	- 5	7,5	
D	0	1	
E	5	0,13	
F	10	0,02	Reactantes dominantes
G	50	1,70E - 09	Productos insignificantes

Fuente : Propia

5.4 Diagrama de bloques

FIGURA N° 5.5



Fuente : Proceso Catadiene

En los anexos se encuentran los planos de la planta butadieno.

5.5 Diagrama de flujo codificado

Planos de ingeniería : PFD

El plano de Ingeniería PFD describe detalladamente el proceso de producción de butadieno, como los flujos del proceso, equipos, válvulas y condiciones de operación en cada equipo.

El PFD contiene todos los equipos del proceso además de añadirle un código de

identificación y una descripción del servicio prestado a cada equipo, los componentes internos principales que lo distinguen también se debe indicar, por ejemplo : Demister, lechos catalíticos, filtros, las secciones de relleno, separadores, serpentines de calefacción, el fraccionamiento, la absorción y las bandejas de extracción, etc.

Para la elaboración del PFD se ha seguido la norma ISO 10628:1997 específica Normas generales que debemos seguir para preparar un Diagrama de Flujo. A continuación mostramos algunas abreviaturas usadas:

Abreviaturas :

FC	:	Flow Controller
LC	:	Level Controller
PC	:	Pressure Controller
TC	:	Temperature Controller
NNF	:	Normally No Flow
PFD	:	Process Flow Diagram
BEDD	:	Basic Engineering Design Data

En los anexos se encuentran los planos de la planta butadieno.

5.6 Planos de ingeniería : P&ID

El plano de Ingeniería P&ID describe detalladamente las tuberías, válvulas e instrumentos del sistema, sea de monitoreo o de control; también representa todos los

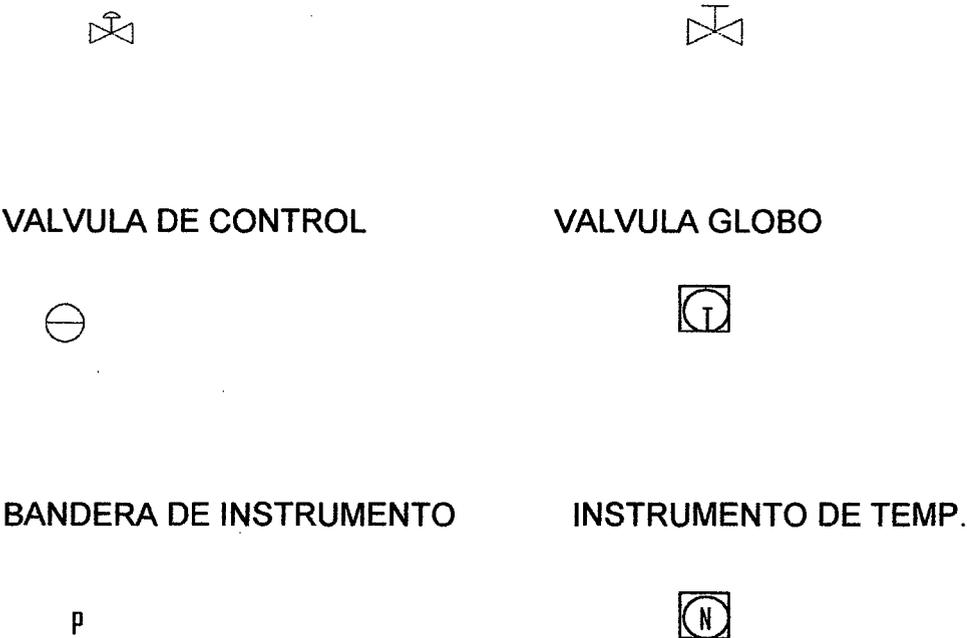
lazos de control para llevar un adecuado manejo del control de procesos, también describe todos los sistemas de seguridad para minimizar riesgos en la operación de los equipos.

Para la elaboración del P&ID se ha revisado las normas estándares planteadas por la Asociación Americana de Instrumentos ISA, y recomendaciones planteadas en los manuales de Diseño de la empresa ABB lummus.

En el presente P&ID vamos a describir básicamente los instrumentos de monitoreo y de control, algunos lazos de control, ideas preliminares para desarrollar un P&ID más detallado al momento de desarrollar la ingeniería de Detalle del proyecto.

La simbología usada en este P&ID es la siguiente :

FIGURA N° 5.6





INSTRUMENTO DE PRESIÓN

INSTRUMENTO DE NIVEL



INSTRUMENTO DE FLUJO

Fuente : Curso de Diseño de Plantas

5.7 Plan maestro

Layout de la planta

La distribución de planta es un concepto relacionado con la disposición de las máquinas, los departamentos, las estaciones de trabajo, las áreas de almacenamiento, los pasillos y los espacios comunes dentro de una instalación productiva propuesta o existente. La finalidad fundamental de la distribución en planta consiste en organizar estos elementos de manera que se asegure la fluidez del flujo de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema productivo.

Características de una adecuada Distribución de Planta :

- a) Minimizar los costes de manipulación de materiales.

- b)** Utilizar el espacio eficientemente.
- c)** Utilizar la mano de obra eficientemente.
- d)** Eliminar los cuellos de botella.
- e)** Facilitar la comunicación y la interacción entre los propios trabajadores, con los supervisores y con los clientes.
- f)** Reducir la duración del ciclo de fabricación o del tiempo de servicio al cliente.
- g)** Eliminar los movimientos inútiles o redundantes.
- h)** Facilitar la entrada, salida y ubicación de los materiales, productos o personas.
- i)** Incorporar medidas de seguridad.
- j)** Promover las actividades de mantenimiento necesarias.
- k)** Proporcionar un control visual de las operaciones o actividades.
- l)** Proporcionar la flexibilidad necesaria para adaptarse a las condiciones cambiantes.

Parámetros para la elección de una adecuada Distribución de Planta :

El tipo de distribución elegida vendrá determinado por :

- a)** La elección del proceso.
- b)** La cantidad y variedad de bienes o servicios a elaborar.
- c)** El grado de interacción con el consumidor.
- d)** La cantidad y tipo de maquinaria.
- e)** El nivel de automatización.
- f)** El papel de los trabajadores.
- g)** La disponibilidad de espacio.

- h) La estabilidad del sistema y los objetivos que éste persigue.
- i) Las decisiones de distribución en planta pueden afectar significativamente la eficiencia con que los operarios desempeñan sus tareas, la velocidad a la que se pueden elaborar los productos, la dificultad de automatizar el sistema, y la capacidad de respuesta del sistema productivo ante los cambios en el diseño de los productos, en la gama de productos elaborada o en el volumen de la demanda.

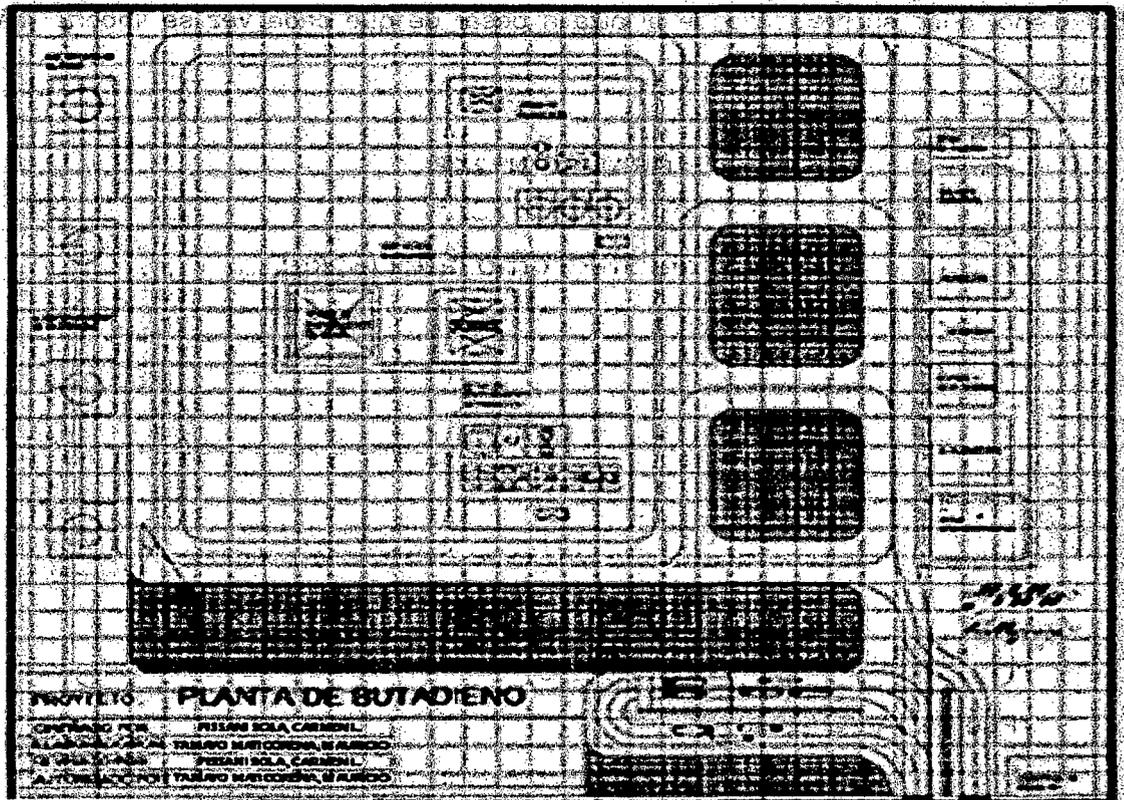
Descripción del layout para la planta de butadieno :

- 1) **Esfera 1** : almacenamiento Butano
- 2) **Esfera 2** : almacenamiento butano
- 3) **Esfera 1** : almacenamiento Butadieno
- 4) **Esfera 2** : almacenamiento Butadieno
- 5) **Horno 1** : aire
- 6) Drum de carga fresca
- 7) **Horno 2** : Carga fresca
- 8) Reactor 1
- 9) Reactor 2
- 10) Reactor 3
- 11) WasteHeat Boiler
- 12) Torre enfriamiento de agua
- 13) Caldero 1
- 14) Torre Quench
- 15) Separador Liquido gas
- 16) Intercambiador de calor 1

- 17) Absorbedor**
- 18) Intercambiador de calor 2**
- 19) Intercambiador de calor 3**
- 20) Stripper**
- 21) Depropanizador**
- 22) Separador Liquido – Gas**
- 23) Separador C4**
- 24) Zona administrativa**
- 25) Alojamiento**
- 26) Tópico y vestidores**
- 27) Comedor**
- 28) Almacén**
- 29) Sala de control**
- 30) Zona de fuerza**
- 31) Isla de despacho**
- 32) Camión de butadieno**
- 33) Estacionamiento**

En el Anexo adjuntamos el Layout de la planta.

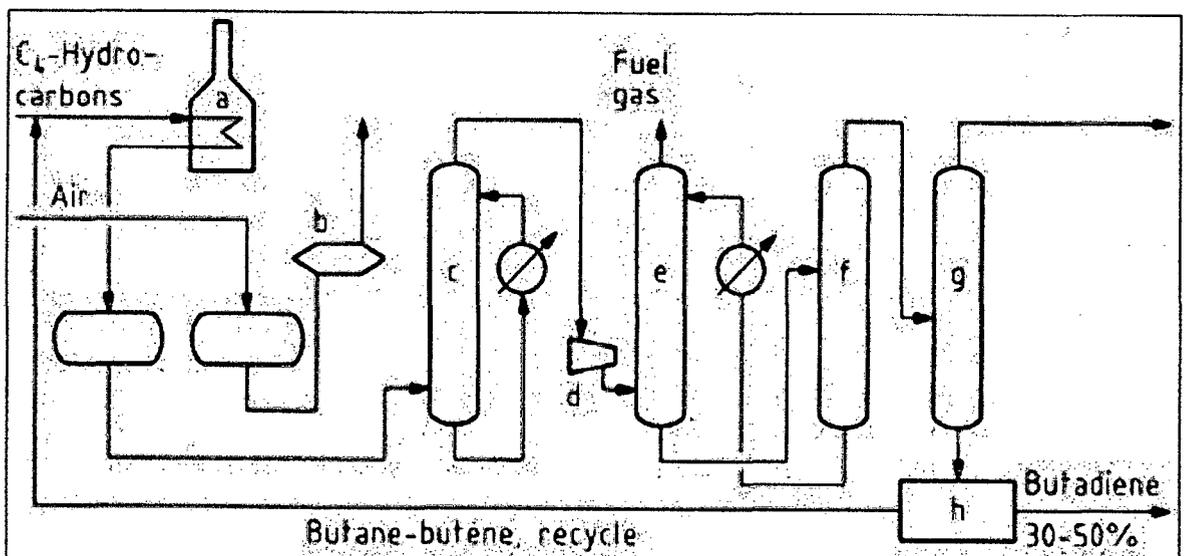
FIGURA N° 5.7



Fuente : Propia

5.8 Diseño de Equipos Principales

FIGURA N° 5.8



Fuente : Proceso Catadiene

a) Reactor.- Oxido de aluminio mezclado aproximadamente 20% de óxido de cromo es el llamado catalizador de esta operación. n-Butano es sometida a deshidrogenación en mezcla con n-Butenos a 600°C – 700°C y 10 – 25 kPa. El uso de altas temperaturas en el reactor resulta la formación de subproductos como hidrocarburos C1 – C3, hidrogeno y depósitos de carbón sobre el catalizador. La concentración de butadieno a la salida del reactor es 15% – 18%. Después de 15 minutos de operación el reactor entra a regeneración del catalizador.

1) Un reactor químico es un equipo en cuyo interior tiene lugar una reacción química, estando éste diseñado para maximizar la conversión y selectividad de la misma con el menor coste posible. Si la reacción química es catalizada por una enzima purificada o por el organismo que la contiene, hablamos de bioreactores.

Existen varias formas de clasificarlos :

- Según el modo de operación :

- Reactores discontinuos : son aquellos que trabajan por cargas, es decir se introduce una alimentación, y se espera un tiempo dado, que viene determinado por la cinética de la reacción, tras el cual se saca el producto.
- Reactores continuos : son todos aquellos que trabajan de forma continua.

- Según las fases que albergan :

- Reactores homogéneos : tienen una única fase, líquida o gas.
- Reactores heterogéneos : tienen varias fases, gas-sólido, líquido-sólido, gas-líquido, líquido-líquido, gas-líquido-sólido.

Dentro de la idealidad pueden suponerse tres tipos de reactores homogéneos :

- Reactores discontinuos : trabajan en estado no estacionario y el más sencillo sería un tanque agitado.
- Reactores continuos tipo tanque agitado (CSTR) : estos reactores trabajan en estado estacionario, es decir que sus propiedades no varían con el tiempo. Este modelo ideal supone que la reacción alcanza la máxima conversión en el instante en que la alimentación entra al tanque.

Es decir, que en cualquier punto de este equipo las concentraciones son iguales a las de la corriente de salida.

- Reactores en flujo pistón (PFR) : estos reactores trabajan en estado estacionario. Es decir, las propiedades en un punto determinado del reactor son constantes con el tiempo. Este modelo supone un flujo ideal de pistón, y la conversión es función de la posición.

En muchas situaciones estos modelos ideales son válidos para casos reales, en caso contrario se habrán de introducir en los balances de materia, energía y presión términos que reflejen la desviación de la idealidad. Si por ejemplo la

variación de las propiedades se debe a fenómenos de transporte de materia o calor se pueden introducir las leyes de Fick o Fourier respectivamente.

- b) Waste – heat boiler.**- Un Waste – heat boiler es un tipo especial de caldero que genera vapor por la remoción de calor de un proceso que de otro modo habría sido pérdida de energía.

Calderas de calor residual, capaces de ofrecer reducciones significativas en gastos de combustible y energía, así como reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Pueden ser calderas pirotubulares horizontales o verticales o calderas de tubos de agua. Que sería diseñado para adaptarse a las aplicaciones individuales que van a través de los gases de los hornos, incineradores, turbinas de gas y tubos de escape diesel.

El requisito primordial es que los gases de escape deben contener suficiente calor utilizable para producir vapor o agua caliente en la condición requerida.

Estas calderas de calor residual pueden ser diseñados para las fuentes de calor radiante o bien por convección. En algunos casos, pueden surgir problemas debido a la fuente de calor residual, y se tendrá en cuenta esto, con ejemplos que el contenido de plástico en los residuos que se queman en incineradores, de aplazamiento de algún tipo de hornos causando depósitos fuertemente unidos de carbono a partir de petróleo pesado.

Algunos pueden ser tratados por el mantenimiento de la salida de gas de las temperaturas a un nivel predeterminado para evitar que se alcance el punto de rocío y otros por el soplado del hollín. Hay un interés cada vez mayor en las plantas de generación de energía in situ, que incluyen: la cogeneración (producción combinada de calor y electricidad) las instalaciones que incorporan las tecnologías de recuperación de residuos de calor como las plantas de regeneración, así que también se incluyen los residuos de tecnologías de recuperación de calor como los enfriadores de absorción que genera agua fría para aire acondicionado.

- c) **Columna Quench.**- En el enfriamiento de líquidos, el quench es la rápida refrigeración de la gases para obtener ciertas propiedades . Evita que los procesos de baja temperatura, tales como la fase transformaciones, que se produzcan sólo por proporcionar una estrecha ventana de tiempo en el que la reacción es a la vez termodinámicamente favorable y accesible cinéticamente.
- d) **Compresor.**- Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Al igual que las bombas, los compresores también desplazan fluidos, pero a diferencia de las primeras que son máquinas hidráulicas, éstos son máquinas térmicas, porque su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable

de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos compresibles, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable.

Los compresores son ampliamente utilizados en la actualidad en campos de la ingeniería y hacen posible nuestro modo de vida por razones como :

- 1) Son parte importantísima de muchos sistemas de refrigeración y se encuentran en cada refrigerador casero, y en infinidad de sistemas de aire acondicionado.
- 2) Se encuentran en sistemas de generación de energía eléctrica, tal como lo es el Ciclo Brayton.
- 3) Se encuentran en el interior muchos "motores de avión", como lo son los turborreactores y hacen posible su funcionamiento.
- 4) se pueden comprimir gases para la red de alimentación de sistemas neumáticos, los cuales mueven fábricas completas.

e) Absorbedores.- Los absorbedores son equipos donde se realiza la absorción de un gas en un líquido de lavado. Por dicha acción a veces se conocen como lavadores, pero hay que distinguir la función de éstos cuando actúan como equipos de colección de partículas presentes en los gases residuales.

Los absorbedores de gas son utilizados extensamente en la industria para la separación y purificación de corrientes de gas, como dispositivos de recuperación de producto y como dispositivos de control de la contaminación. Este capítulo se

enfoca en la aplicación de la absorción para el control de la contaminación en corrientes de gas con concentraciones típicas de contaminantes en el rango de 250 á 10 000 ppmv. Los absorbedores de gas son más ampliamente utilizados para remover contaminantes inorgánicos solubles en agua, de corrientes de aire.

La absorción es un proceso donde uno o más componentes solubles de una mezcla de gases están disueltos en un líquido (v.g., un solvente). El proceso de absorción puede categorizarse como físico o químico. La absorción física ocurre cuando el compuesto absorbido se disuelve en el solvente, la absorción química ocurre cuando el compuesto absorbido y el solvente reaccionan. Líquidos comúnmente usados como solventes incluyen al agua, aceites minerales, aceites de hidrocarburos volátiles y soluciones acuosas.

La absorción es la operación de transferencia de masa en la cual, uno o más componentes solubles de una mezcla de gases se disuelven en un líquido que tiene baja volatilidad bajo las condiciones del proceso. El contaminante se difunde desde el gas hacia el líquido cuando el líquido contiene menos que la concentración de equilibrio del componente gaseoso. La diferencia entre la concentración real y la concentración al equilibrio, proporciona la fuerza impulsora para la absorción.

Un absorbedor de gas diseñado apropiadamente, proporcionará contacto completo entre el gas y el solvente, para facilitar la difusión del(os) contaminante(s). Funcionará mejor que un absorbedor diseñado pobremente. La razón de la transferencia de masa entre las dos fases depende mayormente del área de

superficie expuesta y del tiempo de contacto. Otros factores que gobiernan la razón de absorción, tales como la solubilidad del gas en el solvente particular y el grado de la reacción química, son características de los constituyentes involucrados y son relativamente independientes del equipo utilizado.

- f) Stripper.-** Se usan con el fin de hacerle una remoción adicional de líquido que no se pudo retirar en procesos anteriores.

En una instalación industrial, el Agotador es una columna pequeña en la cual, mediante la inyección de vapor de agua, se despoja" de sus fracciones más ligeras a los cortes laterales de la columna de fraccionamiento.

- g) Columna C3.-** El despropanizador remueve C3 e hidrocarburos ligeros de la mezcla de butanos y material pesado. Los C4's y demás componentes pesados son enviados aguas abajo donde el 1,3-butadieno es recuperado (típicamente por extracción con solvente) y n-butanos y n-butenos son reciclados a hacia los reactores CATADIENE.

La despropanizador de una unidad de recuperación de ligeros es una columna de destilación que separa una mezcla de propano y butanos (butano normal e Isobutano) en dos corrientes líquidas :

- 1) Por cabeza, como destilado, se va a obtener el propano producto final.
- 2) Por el fondo de la columna se va a obtener el butano producto final. Esta corriente es una mezcla de los isómeros butano normal e isobutano.

h) Columna de separación C4.- Separación de C4 y butadienos, los C4 separados son enviados a la combinación con carga fresca de butano, el butadieno por otro lado ya es el producto final.

El tiempo de Retención. Es el tiempo en donde el líquido y el gas alcanzan el equilibrio con la presión del separador, se le conoce también como el tiempo promedio que una molécula de líquido es retenida en el tanque asumiendo flujo tapón. Éste tiempo de retención está entre 30 segundos y 3 minutos. Cuando hay presencia de burbujeo este tiempo cuadriplica el requerido.

Hay tipos de Separadores bifásicos y son los horizontales, verticales y esféricos, los cuales nos interesa para el propósito de la tesis los dos primeros.

Separador horizontal.- El fluido entra al separador y choca con el deflector interno causando la separación, a esto se le llama la separación inicial del líquido vapor, la fuerza de gravedad causa que el líquido se vaya hacia el fondo y el gas vaya hacia el domo del recipiente. La recolección de líquido en el fondo provee un tiempo de retención del cual ayuda a que los gases y líquidos encuentren el equilibrio a una presión.

Separador vertical bifásico.- Tiene la misma descripción que el separador horizontal, pero éste se utiliza cuando en la producción de hidrocarburos líquidos hay una cantidad mayor de gas que de aceite.

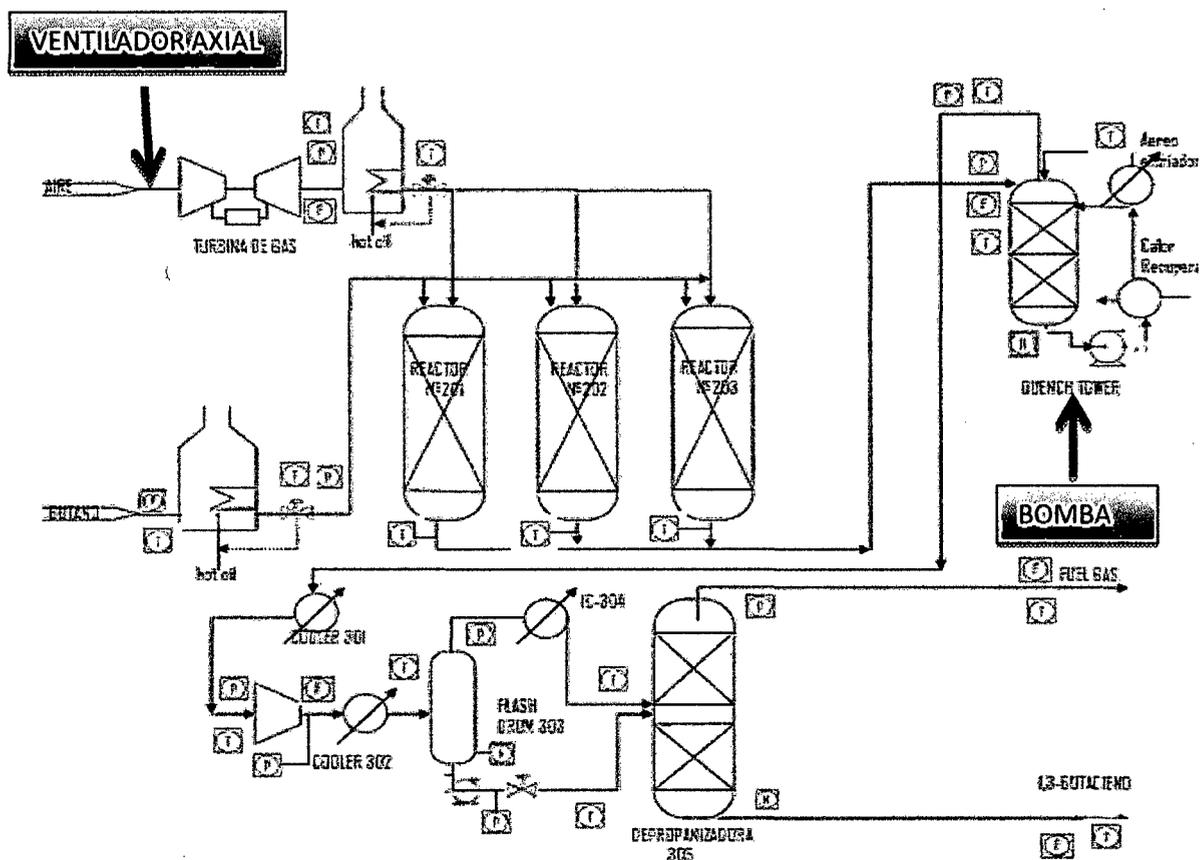
Separador esférico bifásico.- Éstos operan de la misma manera, pero no se utilizan mucho, porque su capacidad para líquido está limitada y su diseño y fabricación son muy difíciles para un campo de separación de aceite.

Catalizador del proceso Catadiene

Los reactores de deshidrogenación contienen una mezcla de catalizador cromia-álumina y de gránulos inertes. La vida esperada del catalizador es de 2,5 años. El material inerte es recuperado y reusado cuando el catalizador es cambiado.

5.9 Diseño de equipos de uso genérico

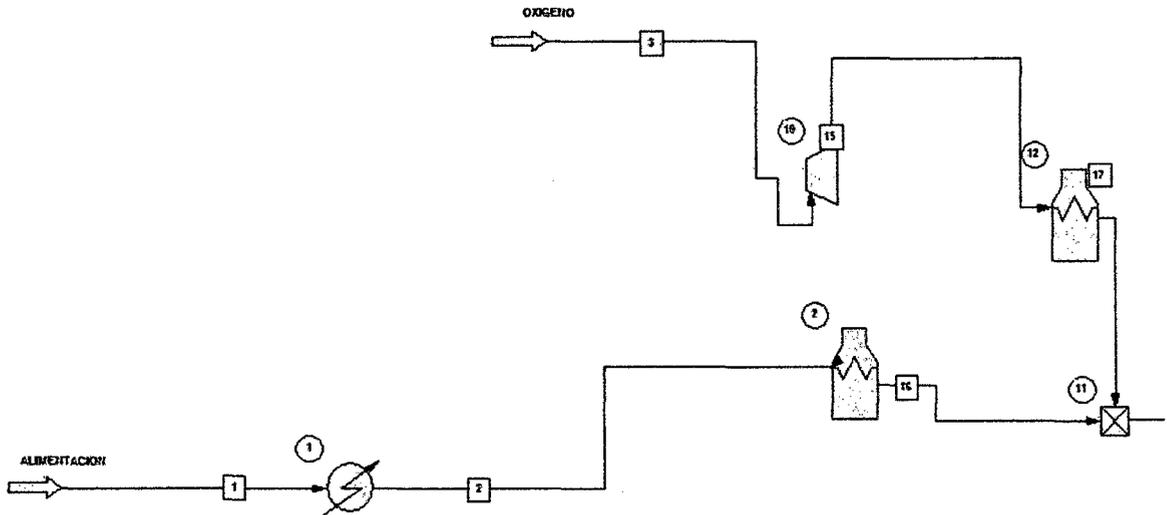
FIGURA N° 5.9



Fuente : Propia

Ventilador axial

FIGURA N° 5.10
SIMULACIÓN POR CHEMCAD



Stream No.	1
Stream Name	ALIMENTACION
Temp C	25.0000*
Pres bar	1.0000*
Enth kJ/h	-2.5258E+007
Vapor mole frac.	1.0000
Total kmol/h	200.7238
Total kg/h	11666.6695
Total std L m3/h	19.9635
Total std V m3/h	4498.95
Flowrates in kg/h	
N-Butane	11666.6695
1,3-Butadiene	0.0000
Water	0.0000
Oxygen	0.0000
Acetonitrile	0.0000

Fuente : Propia

Para la corriente de entrada de Aire obtenemos el caudal y la presión de la simulación del Proceso de producción de butadieno en el software Chemcad

$$Q = 4498,95 \text{ m}^3/\text{h} = 1,2497 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 1 \text{ atm} = 10,33 \text{ mca} = 10330 \text{ mmca}$$

Teniendo la Ecuación de diseño, calculamos la Potencia

$$P = \frac{Q \cdot H}{E \cdot 75}$$

Donde :

$$E = 0,3$$

$$P = \frac{1,2497 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 10330 \text{ mmca}}{0,3 \cdot 75}$$

$$P = 573,75 \text{ Hp}$$

Pero de la ecuación de la Presión total, podemos obtener la velocidad de entrada del aire

$$H = \frac{m \cdot v^2}{g} \qquad 10330 = \frac{0,8 \cdot v^2}{9,81}$$

$$v = 355,91 \text{ m}^2/\text{s}$$

Reemplazando en la ecuación de velocidad en función del caudal y el área hallaremos el diámetro de la tubería

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Despejando

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,2497}{3,1416 \cdot 355,91}}$$

$$D = 0,06686 \text{ m}$$

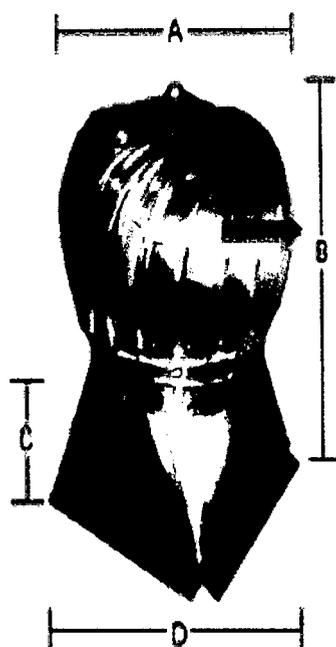
Obteniendo así nuestra línea de tubería de 0,06686 m de diámetro a la entrada del aire con una velocidad de 355,91 m²/s con un caudal de entrada de 4498,95 m³/h.

Buscando en catálogos :



Esta empresa tiene fabricaciones en 55% aluminio, 44% zinc y 1% silicio, la aleación de estos proporcionan reflectividad térmica, resistencia de anticorrosiva atmosférica por rocío de sal en medio marino severo y por las altas temperaturas. Esta resistencia es de dos o tres veces superior a la lámina galvanizada y con nuestros datos obtenidos en el diseño comparamos y obtenemos el modelo para la compra y cálculo de los costes.

TABLA N° 5.9



MODELO	DIÁMETRO IN	DIÁMETRO CM	A CM	B CM	C CM	D CM	PERÍMETRO	M3/MIN	M3/HR	RENOVACIONES DE AIRE POR HORA
ATM-40	40	102	107	140	116	102	347	277	16620	20
ATM-36	36	91	95	132	102	91	323	220	13200	20
ATM-34	34	86	94	125	101	91	320	194	11640	20
ATM-30	30	76	93	117	85	76	269	100	6000	20
ATM-24	24	61	91	107	69	61	220	100	6000	20
ATM-20	20	51	80	73	56	61	184	87	5220	10
ATM-18	18	46	72	66	53	46	168	60	3600	10
ATM-16	16	41	64	60	48	46	152	50	3000	10
ATM-15	15	36	55	54	46	41	144	44	2640	10
ATM-14	14	35	45	51	43	36	136	40	2400	10
ATM-12	12	30	35	43	38	30	120	33	1980	10

Fuente : Catálogos Evisa

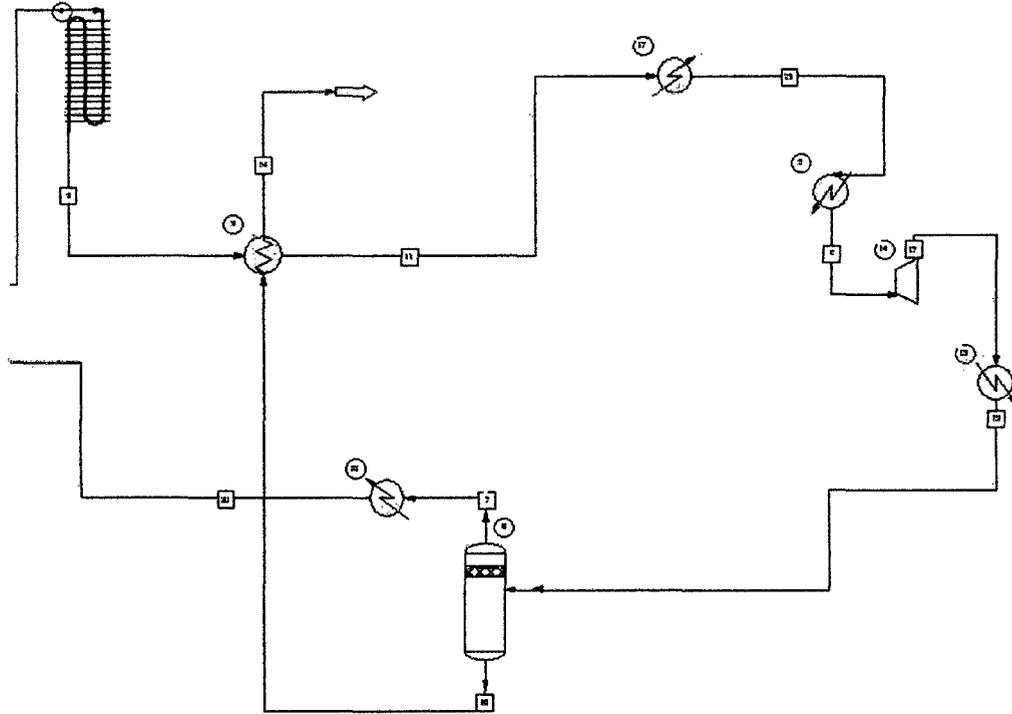
Línea de tubería

Obteniendo así nuestra línea de tubería de 0,06686 m de diámetro a la entrada del aire con una velocidad de 355,91 m²/s con un caudal de entrada de 4 498,95/h.

Diseño de la bomba

FIGURA N° 5.11

SIMULACIÓN POR CHEMCAD



Stream No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Name	C4+C4*											
-- Overall --												
Molar flow kmol/h	200.7238	200.7238	156.2549	356.9787	560.5520	560.5520	237.4809	237.4809	560.5520	323.0711	560.5520	37.4810
Mass flow kg/h	11668.6695	11668.6695	5000.0000	18666.6667	18195.6737	18195.6737	12375.5449	12375.5449	18195.6737	5820.1296	18195.6737	1238.6384
Temp C	25.0000	100.0000	25.0000	617.7844	620.0000	75.0000	-15.0000	-15.0000	350.0000	-15.0000	250.0000	-6.5163
Pres bar	1.0000	0.2000	1.0000	0.2000	0.2000	0.2000	5.0000	5.0000	30.0000	0.2000	5.0000	30.0000
Vapor mole fraction	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.04663	1.000	0.0000	1.000	1.000
Enth kJ/h	-2.5250E+007	-2.3594E+007	-1487.8	-2.7377E+006	-4.9930E+007	-7.3399E+007	2.3277E+006	-2.1855E+006	-6.2850E+007	-8.3380E+007	-8.7047E+007	-18819
Actual vol m3/h	4836.8780	31041.7661	3669.3471	132201.6848	208009.1222	80936.0241	851.5468	26.7599	145139.4555	5.8213	121611.0887	26.1292
Std liq m3/h	19.9635	19.9635	4.4346	24.3981	25.2849	25.2849	19.4648	19.4648	25.2849	5.8201	25.2849	1.1683
Std vap @ C m3/h	4498.9523	4498.9523	3502.2415	8001.1940	12564.0140	12564.0140	5322.8119	5322.8119	12564.0140	7241.2017	12564.0140	840.0651
Stream No	13	14	15	16	17	18	19	20	23	25		
Name	C4+C4*											
-- Overall --												
Molar flow kmol/h	199.9999	323.0711	156.2549	200.7238	560.5520	156.2549	560.5520	237.4809	560.5520	237.4809		
Mass flow kg/h	11136.8365	5820.1296	5000.0000	11668.6695	18195.6737	5000.0000	18195.6737	12375.5449	18195.6737	12375.5449		
Temp C	136.4010	152.8165	-57.3112	620.0000	388.2059	609.3000	-15.0000	50.0000	150.0000	138.3794		
Pres bar	32.0000	5.0000	0.2000	0.2000	5.0000	0.2000	5.0000	5.0000	0.2000	30.0000		
Vapor mole fraction	0.0000	0.005699	1.000	1.000	1.000	1.000	0.4236	1.000	1.000	1.000		
Enth kJ/h	2.6578E+006	-8.9189E+007	-3.7620E+005	-5.5995E+006	-6.4741E+007	2.8618E+006	-9.1052E+007	3.5943E+006	-7.0642E+007	4.9913E+006		
Actual vol m3/h	29.2909	18.9750	14010.5235	74513.2191	5353.1384	56712.8883	857.3821	1170.2587	98466.1211	199.0762		
Std liq m3/h	18.2065	5.8201	4.4346	19.9635	25.2849	4.4346	25.2849	19.4648	25.2849	19.4648		
Std vap @ C m3/h	4482.7192	7241.2017	3502.2415	4498.9523	12564.0140	3502.2415	12564.0140	5322.8119	12564.0140	5322.8119		

Fuente : Propia

Para la corriente nueve donde obtenemos la salida de la torre Quench y entrada al intercambiador de calor el caudal y la presión lo hallamos en la simulación del Proceso de producción de butadieno en el software Chemcad

$$Q = 145\,139,455 \text{ m}^3/\text{h} = 40,31 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 0,2 \text{ atm} = 2,0664 \text{ mca}$$

$$\rho = \frac{650 \text{ Kg}}{\text{m}^3} g = \frac{9,81 \text{ m}^2}{\text{s}}$$

Teniendo la Ecuación de diseño, calculamos la Potencia :

$$P = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta}$$

Dónde :

$$P = \frac{\frac{40,31 \text{ m}^3}{\text{S}} = 2,0664 \text{ mca} = \frac{650 \text{ Kg}}{\text{m}^3} = \frac{9,81 \text{ m}^2 \text{ Kg}}{\text{S}}}{1\,000 \cdot 0,9} = 590,25 \text{ W}$$

$$P = 590,25 \text{ W}$$

Entonces la potencia de instalación sería :

$$P_{\text{inst}} = \alpha \cdot P = 1,5 \cdot 590,25 = 885,378 \text{ W}$$

$$P_{inst} = 885,378 \text{ W}$$

El costo de la instalación de la bomba sería :

$$C = 1500 * P_{inst}^{0,6} = \$ 87 976,839$$

$$C = \$ 87 976,839$$

Reemplazando en la ecuación de velocidad en función del caudal y el área hallaremos el diámetro de la tubería :

$$V = 0,408 \frac{Q}{Di^2} = \frac{0,408 * 639029,668 \text{ gpm}}{Di^2}$$

Para succión :

$$V = 2 \text{ ft/s} \longrightarrow Di = 11,417 \text{ pulg}$$

Para descarga :

$$V = 7 \text{ ft/s} \longrightarrow Di = 6,102 \text{ pulg}$$

CAPÍTULO VI

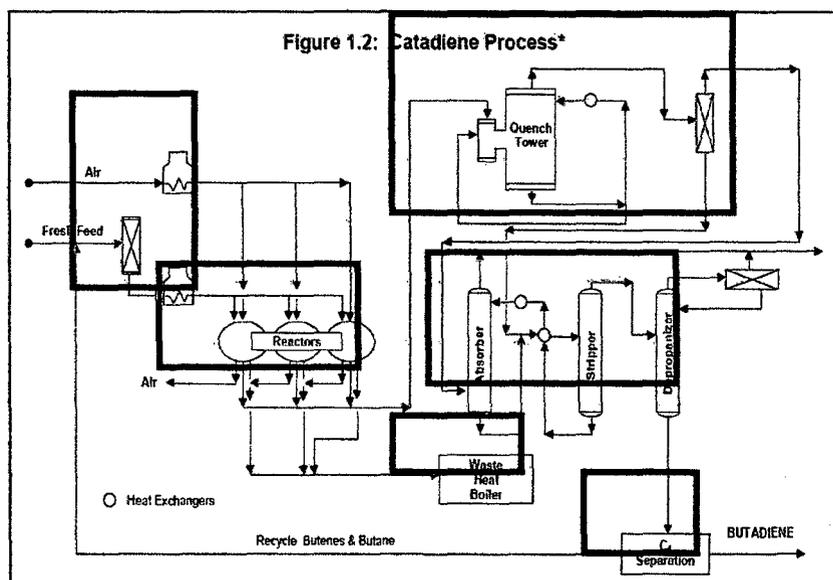
DISPOSICIÓN DE PLANTA Y SIMULACIÓN

6.1 Simulación del proceso

Para determinar los rendimientos de los productos y las condiciones de operación en cada uno de los equipos se realiza la simulación de la planta de butadieno, Usando el paquete de simulación CHEMCAD, mediante la termodinámica de Peng Robinson, se determina los flujos de los productos que se puede obtener a partir de 100 000 TM/año de butadieno.

De acuerdo al diagrama de flujo del proceso, se ha determinado cuatro etapas propias del proceso, se define de la siguiente manera :

FIGURA N° 6.1



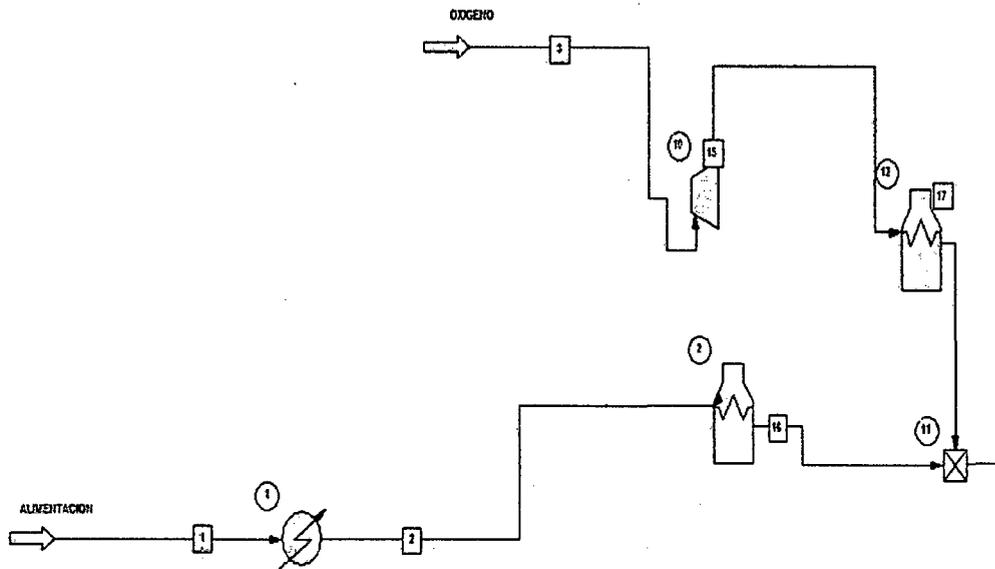
Fuente : Proceso Catadiene

Las zonas sombreadas corresponden a las siguientes etapas :

- Etapa 1** : Calentamiento de la Carga.
- Etapa 2** : Zona de Reactores.
- Etapa 3** : Zona del Quench Enfriamiento rápido.
- Etapa 4** : Zona de Recuperación de gases.
- Etapa 5** : Zona de recuperación de Butadieno.

Simulación en los hornos de calentamiento :

FIGURA N° 6.2



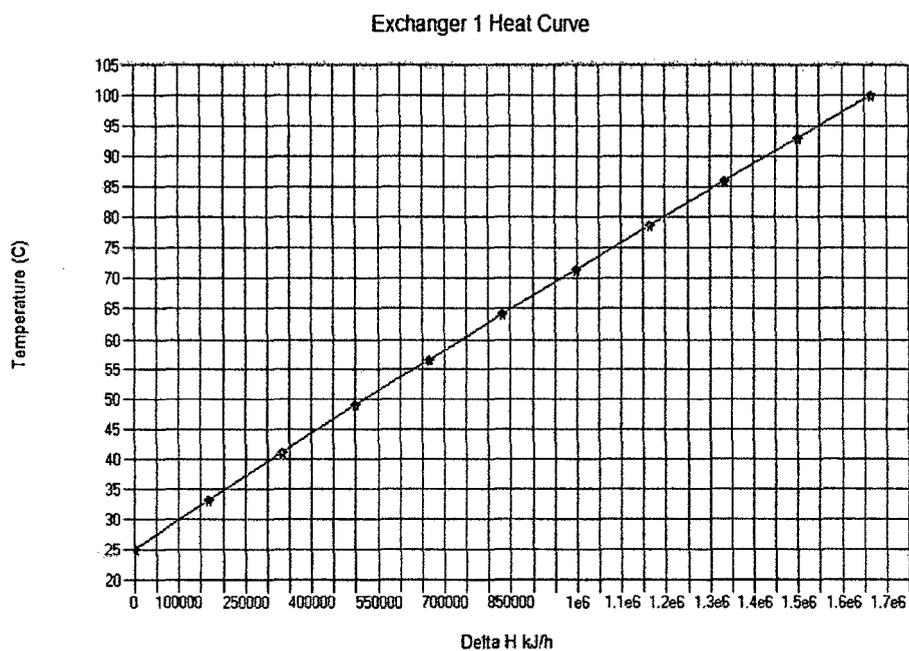
Fuente : Propia

a) Alimentación : 100 000 TM/A = 11 666,67 Kg/h (T = 25°C, P = 1 bar)

Stream No.	1
Stream Name	ALIMENTACION
Temp C	25.0000*
Pres bar	1.0000*
Enth kJ/h	-2.5258E+007
Vapor mole frac.	1.0000
Total kmol/h	200.7238
Total kg/h	11666.6695
Total std L m3/h	19.9635
Total std V m3/h	4498.95
Flowrates in kg/h	
N-Butane	11666.6695
1,3-Butadiene	0.0000
Water	0.0000
Oxygen	0.0000
Acetonitrile	0.0000

b) Intercambiador 1

GRÁFICO N° 6.1



* ALIMENTACION

Fuente : Propia

c) Horno1

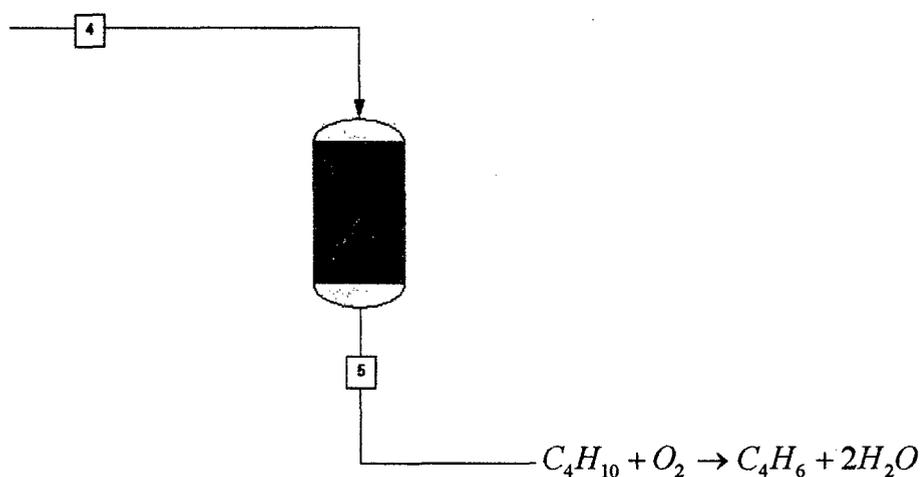
Stream No.	2	16
Name		
-- Overall --		
Molar flow kmol/h	200.7238	200.7238
Mass flow kg/h	11666.6695	11666.6695
Temp C	100.0000	620.0000
Pres bar	0.2000	0.2000
Vapor mole fraction	1.000	1.000
Enth kJ/h	-2.3594E+007	-5.5995E+006
Tc C	152.0100	152.0100
Pc bar	37.9969	37.9969
Std. sp gr. wtr = 1	0.584	0.584
Std. sp gr. air = 1	2.007	2.007
Degree API	110.6287	110.6287
Average mol wt	58.1230	58.1230
Actual dens kg/m3	0.3758	0.1566
Actual vol m3/h	31041.7661	74513.2191
Std liq m3/h	19.9635	19.9635
Std vap 0 C m3/h	4498.9523	4498.9523
-- Vapor only --		
Molar flow kmol/h	200.7238	200.7238
Mass flow kg/h	11666.6695	11666.6695
Average mol wt	58.1230	58.1230
Actual dens kg/m3	0.3758	0.1566
Actual vol m3/h	31041.7661	74513.2191
Std liq m3/h	19.9635	19.9635
Std vap 0 C m3/h	4498.9523	4498.9523
Cp kcal/kmol-C	28.3454	51.3442
Z factor	0.9971	0.9999
Visc cP	0.009399	0.01980
Th cond kcal/h-m-C	0.0212	0.1074

d) Horno 2 : (Oxígeno)

Stream No.	15	17
Name		
-- Overall --		
Molar flow kmol/h	156.2549	156.2549
Mass flow kg/h	5000.0000	5000.0000
Temp C	-57.3112	600.0000
Pres bar	0.2000	0.2000
Vapor mole fraction	1.000	1.000
Enth kJ/h	-3.7620E+005	2.8618E+006
Tc C	-118.5700	-118.5700
Pc bar	50.7638	50.7638
Std. sp gr. wtr = 1	1.128	1.128
Std. sp gr. air = 1	1.105	1.105
Degree API	-6.0011	-6.0011
Average mol wt	31.9990	31.9990
Actual dens kg/m3	0.3569	0.0882
Actual vol m3/h	14010.5235	56712.8883
Std liq m3/h	4.4346	4.4346
Std vap 0 C m3/h	3502.2415	3502.2415
-- Vapor only --		
Molar flow kmol/h	156.2549	156.2549
Mass flow kg/h	5000.0000	5000.0000
Average mol wt	31.9990	31.9990
Actual dens kg/m3	0.3569	0.0882
Actual vol m3/h	14010.5235	56712.8883
Std liq m3/h	4.4346	4.4346
Std vap 0 C m3/h	3502.2415	3502.2415
Cp kcal/kmol-C	6.9624	8.1677
Z factor	0.9994	1.0000
Visc cP	0.01564	0.04469
Th cond kcal/h-m-C	0.0166	0.0567

Simulación de los reactores :

FIGURA N° 6.3



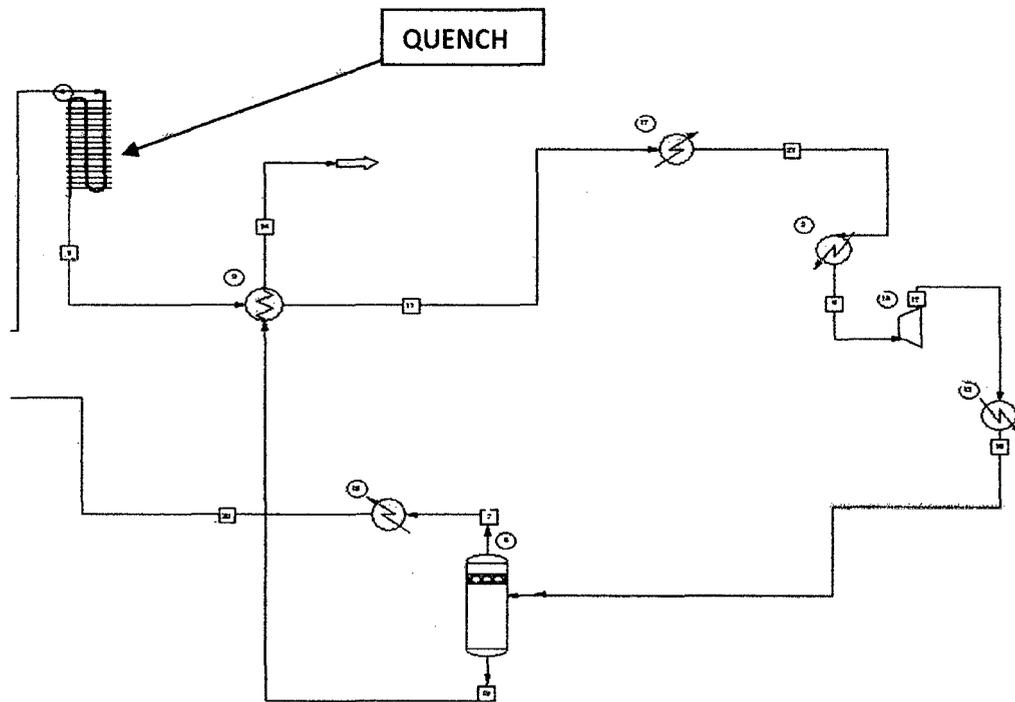
Fuente : Propia

Rendimiento : 0,6

Stream No.	4	5
Stream Name		
Temp C	617.7844	620.0000
Pres bar	0.2000	0.2000
Enth kJ/h	-2.7377E+006	-4.9930E+007
Vapor mole frac.	1.0000	1.0000
Total kmol/h	356.9787	560.5520
Total kg/h	16666.6687	18195.6737
Total std L m3/h	24.3981	25.2849
Total std V m3/h	8001.19	12564.01
Flowrates in kg/h		
N-Butane	11666.6695	4666.6974
1,3-Butadiene	0.0000	6561.4701
Water	0.0000	5821.4457
Oxygen	5000.0000	1146.0613
Dimethylformamid	0.0000	0.0000
Acetonitrile	0.0000	0.0000

Simulación de la zona Quench :

FIGURA N° 6.4



Fuente : Propia

TABLA N° 6.1

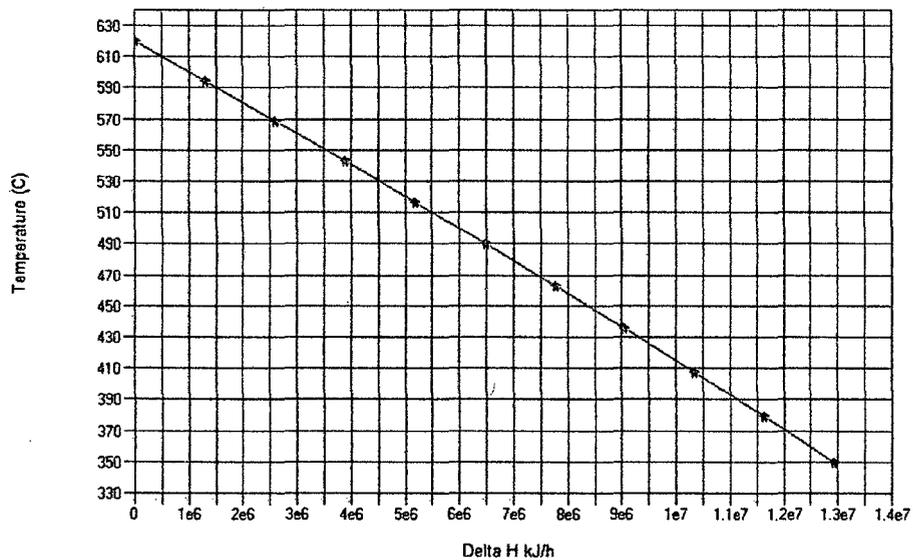
DE CANTIDAD DE ENERGIA SUMINISTRADA EN EL QUENCH

Stream 5

NP	Temp C	Pres bar	Del H kJ/h	Vapor kg/h	Liquid kg/h	Vap mole frac.	Vap mass frac.
1	620.0	0.2	0.000	18196	0	1.0000	1.0000
2	594.8	0.2	1.29E+006	18196	0	1.0000	1.0000
3	569.2	0.2	2.59E+006	18196	0	1.0000	1.0000
4	543.4	0.2	3.88E+006	18196	0	1.0000	1.0000
5	517.1	0.2	5.17E+006	18196	0	1.0000	1.0000
6	490.5	0.2	6.46E+006	18196	0	1.0000	1.0000
7	463.4	0.2	7.76E+006	18196	0	1.0000	1.0000
8	435.9	0.2	9.05E+006	18196	0	1.0000	1.0000
9	407.8	0.2	1.03E+007	18196	0	1.0000	1.0000
10	379.2	0.2	1.16E+007	18196	0	1.0000	1.0000
11	350.0	0.2	1.29E+007	18196	0	1.0000	1.0000

GRÁFICO N° 6.2

Exchanger 4 Heat Curve

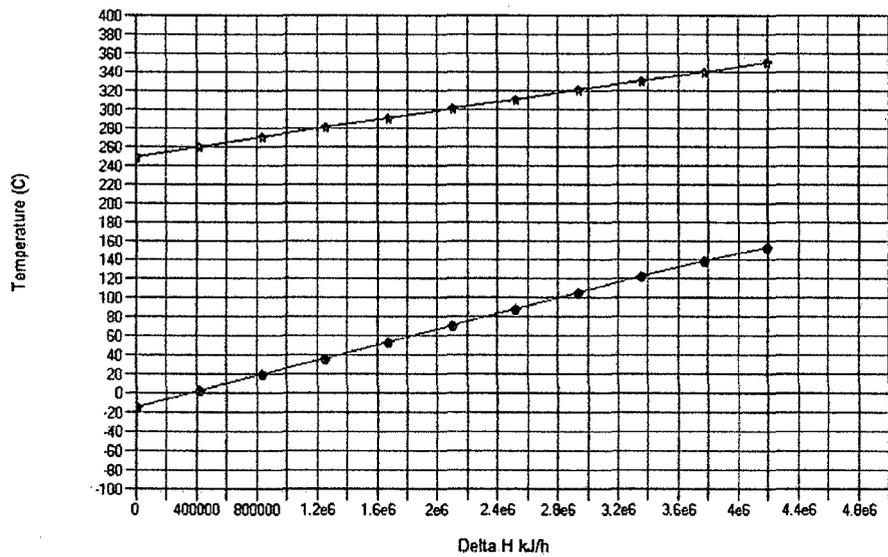


Fuente : Propia

Intercambiador de doble paso

GRÁFICO N° 6.3

Exchanger 9 Heat Curve

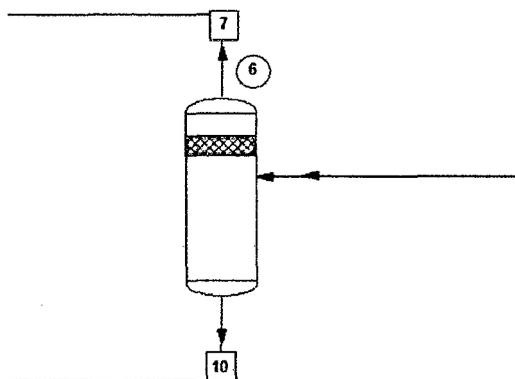


Fuente : Propia

Simulación de la zona de recuperación de gases :

a) En el tanque Flash

FIGURA N° 6.5

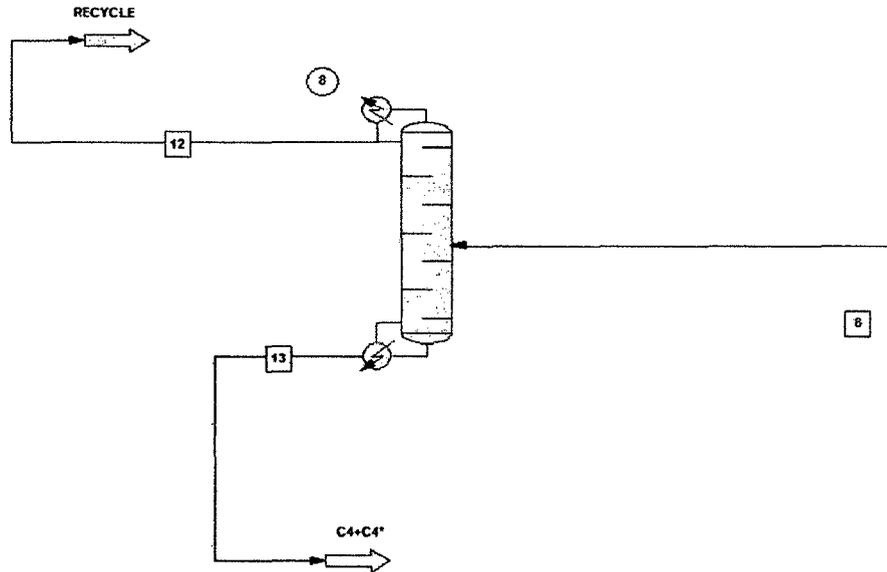


Fuente : Propia

-- Vapor only --		
Molar flow kmol/h	237.4809	237.4809
Mass flow kg/h	12375.5449	12375.5449
Average mol wt	52.1118	52.1118
Actual dens kg/m ³	14.5330	14.5330
Actual vol m ³ /h	851.5468	851.5468
Std liq m ³ /h	19.4648	19.4648
Std vap 0 C m ³ /h	5322.8119	5322.8119
Cp kcal/kmol-C	18.4896	18.4896
Z factor	0.8354	0.8354
Visc cP	0.008221	0.008221
Th cond kcal/h-m-C	0.0117	0.0117
-- Liquid only --		
Molar flow kmol/h	323.0711	323.0711
Mass flow kg/h	5820.1296	5820.1296
Average mol wt	18.0150	18.0150
Actual dens kg/m ³	999.7922	999.7922
Actual vol m ³ /h	5.8213	5.8213
Std liq m ³ /h	5.8201	5.8201
Std vap 0 C m ³ /h	7241.2017	7241.2017
Cp kcal/kmol-C	18.0095	18.0095
Z factor	0.0048	0.0048
Visc cP	2.724	2.724
Th cond kcal/h-m-C	0.4642	0.4642
Surf. tens. N/m	0.0790	0.0790

b) Torre estabilizadora

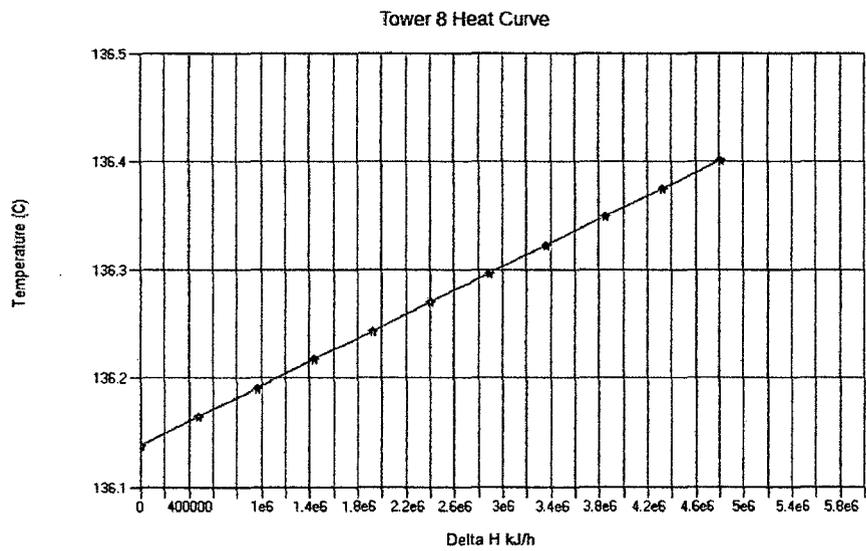
FIGURA N° 6.6



Fuente : Propia

c) Energía entregada por el Reboiler

GRÁFICO N° 6.4



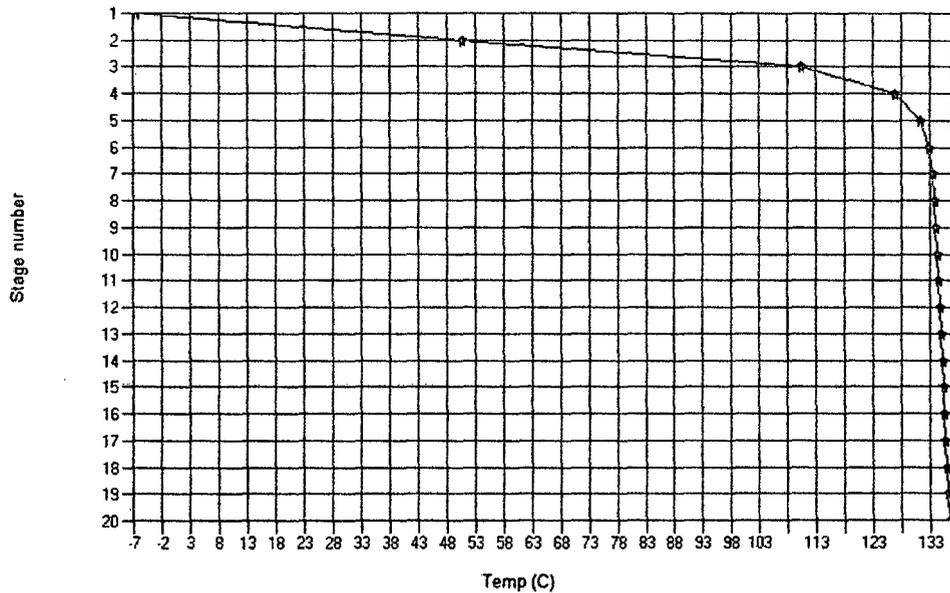
★ Reboiler

Fuente : Propia

d) Perfil de temperatura de la estabilizadora

GRÁFICO N° 6.5

Tray Temperature Profile, Unit 8



↑ Temperature

Fuente : Propia

e) Composición de líquido y vapor en cada uno de los platos

Stg	Temp C	Pres bar	Liquid kg/h	Vapor kg/h
1	-6.5	30.00	12351.33	
2	50.7	30.11	16197.07	1214.40
3	110.3	30.21	26582.00	5060.15
4	126.8	30.32	33816.35	15445.06
5	131.3	30.42	36834.90	22679.42
6	132.7	30.53	38020.72	25697.97
7	133.4	30.63	38567.00	26883.79
8	133.7	30.74	38853.88	27430.07
9	133.9	30.84	39114.79	27716.96
10	134.2	30.95	39342.06	27977.87
11	134.4	31.05	39568.51	28205.14
12	134.6	31.16	39792.07	28431.59
13	134.8	31.26	40022.52	28655.15
14	135.0	31.37	40260.00	28885.60
15	135.2	31.47	40506.88	29123.07
16	135.4	31.58	40765.58	29369.96
17	135.7	31.68	41039.35	29628.66
18	135.9	31.79	41333.34	29902.42
19	136.1	31.89	41653.64	30196.42
20	136.4	32.00		30516.71

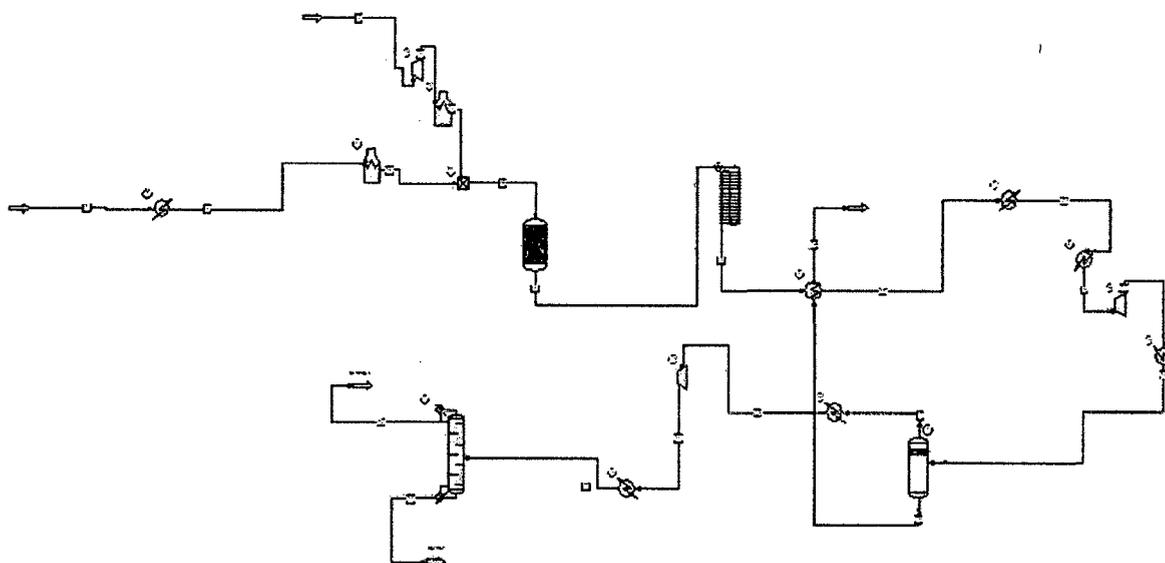
Simulación de la zona de recuperación de butadieno :

Composición del producto butano y butadieno que posteriormente se envía a estabilización, el cual la carga de butano separado será recirculado, este proceso se da mediante extracción por medio de un solvente el cual puede ser acrilonitrilo o dimetilformamida

Stream No.	13
Stream Name	C4+C4*
Temp C	136.4010
Pres bar	32.0000
Enth kJ/h	2.6579E+006
Vapor mole frac.	0.00000
Total kmol/h	200.0002
Total kg/h	11136.9277
Total std L m3/h	18.2966
Total std V m3/h	4482.73
Flowrates in kg/h	
N-Butane	4630.7537
1,3-Butadiene	6504.8548
Water	1.3188
Oxygen	0.0000
Dimethylformamid	0.0000
Acetonitrile	0.0000

Simulación de la planta de butadieno :

FIGURA N° 6.7



Fuente : Propia

Resumen de las propiedades de cada corriente

TABLA N° 6.2

Stream No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Name												
-- Overall --												
Molar flow kmol/h	200.7238	200.7238	156.2549	356.9787	560.5520	560.5520	237.4809	237.4809	560.5520	323.0711	560.5520	37.4810
Mass flow kg/h	11666.6695	11666.6695	5000.0000	16666.6687	18195.6737	18195.6737	12375.5449	12375.5449	18195.6737	5820.1296	18195.6737	1238.6364
Temp C	25.0000	100.0000	25.0000	617.7844	620.0000	75.0000	-15.0000	-15.0000	350.0000	-15.0000	250.0000	-6.5163
Pres bar	1.0000	0.2000	1.0000	0.2000	0.2000	0.2000	5.0000	30.0000	0.2000	5.0000	0.2000	30.0000
Vapor mole fraction	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.04683	1.000	0.0000	1.000	1.000
Enth kJ/h	-2.5258E+007	-2.3594E+007	-1467.8	-2.7377E+006	-4.9930E+007	-7.3399E+007	2.3277E+006	-2.1655E+006	-6.2856E+007	-9.3380E+007	-6.7047E+007	-16619.
Actual vol m3/h	4836.8780	31041.7661	3869.3471	132201.8848	208089.1222	80936.9241	851.5468	26.7599	145139.4555	5.8213	121811.0887	26.1292
Std liq m3/h	19.9635	19.9635	4.4346	24.3981	25.2849	25.2849	19.4648	19.4648	25.2849	5.8201	25.2849	1.1683
Std vap 0 C m3/h	4498.9523	4498.9523	3502.2415	8001.1940	12564.0140	12564.0140	5322.8119	5322.8119	12564.0140	7241.2017	12564.0140	840.0851
Stream No.	13	14	15	16	17	18	19	20	23	25		
Name	C4+C4*											
-- Overall --												
Molar flow kmol/h	199.9995	323.0711	156.2549	200.7238	560.5520	156.2549	560.5520	237.4809	560.5520	237.4809		
Mass flow kg/h	11136.8905	5820.1296	5000.0000	11666.6695	18195.6737	5000.0000	18195.6737	12375.5449	18195.6737	12375.5449		
Temp C	136.4010	152.8165	-57.3112	620.0000	308.2090	600.0000	-15.0000	50.0000	150.0000	138.3794		
Pres bar	32.0000	5.0000	0.2000	0.2000	5.0000	0.2000	5.0000	5.0000	0.2000	30.0000		
Vapor mole fraction	0.0000	0.005699	1.000	1.000	1.000	1.000	0.4236	1.000	1.000	1.000		
Enth kJ/h	2.6578E+006	-8.9189E+007	-3.7620E+005	-5.5995E+006	-6.4741E+007	2.8618E+006	-9.1052E+007	3.5943E+006	-7.0842E+007	4.9913E+006		
Actual vol m3/h	28.2909	18.9750	14010.5235	74513.2191	5353.1384	56712.8883	857.3681	1170.2597	98466.1211	199.0762		
Std liq m3/h	18.2965	5.8201	4.4346	19.9635	25.2849	4.4346	25.2849	19.4648	25.2849	19.4648		
Std vap 0 C m3/h	4482.7192	7241.2017	3502.2415	4498.9523	12564.0140	3502.2415	12564.0140	5322.8119	12564.0140	5322.8119		

CAPÍTULO VII

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

7.1 Valorización del proceso

Bases del análisis económico

Elementos del proceso de inversión o desinversión :

Son aquellos elementos necesarios para que se lleve a cabo un proyecto.

- a) Sujeto de la inversión.-** Es la persona física o jurídica que en última instancia toma la decisión de invertir o no.

- b) Objeto de la inversión.-** Es el bien o conjunto de bienes en los que se va a materializar la inversión, tendrá importancia a la hora de definir la corriente de cobros y de pagos.

- c) Coste de la inversión.-** Se la denomina también inversión inicial, y representa el desembolso presente inicial para desarrollar un proceso de inversión, en definitiva es el dinero que necesitaremos en un primer momento para comenzar a desarrollar el proyecto.

- d) **Corriente de pagos.**- Es el conjunto de desembolsos que deberemos de realizar durante la vida útil del proyecto, en determinados momentos podrán proceder de la corriente de cobros y en otras ocasiones deberemos de recurrir a tesorería externa.
- e) **Corriente de cobros.**- Es la corriente de cobros futuros que el sujeto de la inversión espera obtener.

Los criterios de selección de inversiones estudian los flujos financieros derivados del proceso de inversión. De esta manera, analizaremos una serie de cobros y pagos a lo largo del tiempo ocasionados por dicho proyecto de inversión. A efectos prácticos consideraremos que dichos cobros y pagos tienen lugar el último día del periodo en el que se cobran o se pagan.

Variables explicativas

I_0 = Inversión inicial

Es la cantidad de dinero que el inversor desembolsa en el momento inicial para poner en marcha el proyecto, antes de que la inversión comience su actividad productiva :

P_t = Pago relacionado con el proyecto y realizado al final del periodo t .

C_t = Cobro relacionado con el proyecto y realizado al final del periodo t .

F_t = Flujo neto del periodo t . Es la diferencia entre los cobros y los pagos relacionados con el proyecto durante el periodo t .

r = Tasa de descuento utilizada para la actualización o capitalización de los flujos.

Flujo neto de caja : (fnc)

Es la suma de todos los cobros realizados menos todos los pagos efectuados durante el proyecto de inversión sin tener en cuenta el horizonte temporal de dichos flujos.

$$\text{Flujo Neto de Caja} = -I_0 - \sum_{t=1}^n Ct - \sum_{t=1}^n Pt$$

Plazo de recuperación o pay – back estático :

Es el número de años que la empresa tardaría en recuperar el importe invertido en el proyecto, sin tener en cuenta el horizonte temporal de los flujos.

Método.- Para determinar el Pay – back, debemos comparar los flujos netos acumulados, comenzando por el periodo 1, con el importe invertido inicialmente.

En el Momento en que los flujos netos acumulados superen la inversión inicial, la empresa habrá recuperado la misma y el número de periodos transcurridos será el Pay – back estático.

Criterio de selección.- Seleccionar aquellos proyectos de inversión con un menor plazo de recuperación, ya que los beneficios generados permiten recuperar más rápidamente la inversión inicial.

Periodo de recuperación o pay – back dinámico

Es el número de periodos [p] necesarios para que la suma de los flujos netos, todos ellos actualizados al momento cero, iguale el desembolso realizado en la inversión inicial.

Es el número de años que se tarda en recuperar la inversión inicial que se ha hecho en el proyecto teniendo en cuenta el diferente valor de los flujos en función de j periodo temporal en que se han generado.

$$P / \sum_{t=1}^{t=P} \frac{F_t}{(1+r)^t} = I_0$$

El Pay – back dinámico, frente al estático, presenta la ventaja de que tiene en cuenta el hecho de que no vale lo mismo una unidad monetaria en el periodo uno que en el periodo diez. Sin embargo, este criterio sigue presentando el mismo inconveniente que el Pay – back estático, en cuanto que desprecia todo aquello que ocurre después del momento en que se ha recuperado el importe invertido inicialmente.

El valor actual neto (VAN)

Es la suma de todos los cobros realizados menos todos los pagos efectuados durante el proyecto de inversión, actualizados al periodo inicial. En otras palabras, es el beneficio neto (positivo o negativo) final que nos deja la inversión tomando como

referencia el día de hoy, teniendo así en cuenta que el capital tiene un valor diferente en función del tiempo.

$$VAN = F_0 + \frac{F_1}{(1+r)^1} + \frac{F_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{F_{n-1}}{(1+r)^{n-1}} + \frac{F_n}{(1+r)^n}$$

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

Criterio de selección VAN en proyectos de inversión

Si el VAN es mayor que cero, aceptamos el proyecto de inversión porque dicho proyecto de inversión nos daría un beneficio neto positivo, es decir, la suma de flujos netos actualizados sería superior a la inversión inicial realizada. Si el VAN es cero, seríamos indiferentes entre llevar a cabo dicho proyecto o no; y si el VAN es menor que cero, desaconsejaríamos el proyecto de inversión al producir pérdidas netas una vez actualizados los flujos netos.

CUADRO N° 7.1

Criterio VAN en un proyecto de inversión	
VAN > 0	Aceptamos el proyecto
VAN = 0	Indiferentes ante el proyecto
VAN < 0	Rechazamos el proyecto

Fuente : Propia

El VAN como función de la tasa de descuento

El valor que tome el VAN del proyecto depende de la tasa de descuento (Tasa mínima de rentabilidad exigida) que utilizemos para actualizar los flujos netos. En un proyecto de inversión puro, en donde todos los flujos, a excepción de la inversión inicial, son positivos, un aumento de la tasa de descuento utilizada conlleva una disminución del VAN, es decir, cuanto mayor es la tasa mínima de rentabilidad exigida, menor es el VAN de cada proyecto.

La tasa interna de rentabilidad (TIR)

Es la rentabilidad que genera un proyecto de inversión y que por lo tanto, ha de ser comparado con la tasa mínima de rentabilidad exigida por quien lleva a cabo la inversión para determinar la aceptación o no de dicho proyecto.

Es la tasa de descuento que hace que el VAN = 0

Es la tasa de descuento que iguala el valor actualizado de los flujos de fondos futuros netos generados por el proyecto, con la inversión inicial.

Método.- Para hallar la TIR de un proyecto de inversión que dura "n" años, debemos calcular la tasa de descuento "r" de la siguiente expresión :

$$VAN = I_0 + \frac{F_1}{(1+r)^1} + \frac{F_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{F_{n-1}}{(1+r)^{n-1}} + \frac{F_n}{(1+r)^n}$$

Criterio de selección TIR en proyectos de inversión

Si la TIR es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida al proyecto, aceptamos el proyecto de inversión ya que dicho proyecto tendría un VAN positivo cuando se descuenta a la tasa mínima de rentabilidad. Si es igual a la tasa mínima de rentabilidad, el VAN es cero, y si es inferior a la tasa mínima de rentabilidad el VAN del proyecto es negativo.

Estudio de costos por equipos e instalación

De acuerdo a la Revista Chemical Engineering Cost, se ha hecho la evaluación de costos usando el programa CAPCOST, que nos da una referencia de los precios de cada equipo utilizado en la planta de butadieno.

Todos los equipos se han calculado con el índice para el año 2002, A continuación mostramos Un reporte de los costos por Equipos :

Costo de Equipos :

CUADRO N° 7.2

Compresor	Tipo de Compresor	Potencia (kilowatts)	# Repuesto	MOC		Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
C - 101	Centrifugal	2960	1	Stainless Steel		\$ 1 822 974	\$ 10 482 100

Exchangers	Tipo de Exchanger	Presión en la Coraza (barg)	Presión en los Tubos (barg)	MOC	Area (m ²)	Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
E - 101	Floating Head	1	17	Stainless Steel / Stainless Steel	900	\$ 214 796	\$ 1 344 525
E - 102	Kettle Reboiler	1	15	Stainless Steel / Carbon Steel	60	\$ 91 748	\$ 430 340
E - 103	Air Cooler		10	Carbon Steel	1000	\$ 105 014	\$ 227 880
E - 106	Air Cooler			Carbon Steel	50	\$ 179 218	\$ 807 431

Hornos	Type	Heat Duty (MJ/h)	Steam Superheat (°C)	MOC	Pressure (barg)	tm	Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
H - 101	Process Heater	25200		Stainless Steel	1		\$ 1 115 036	\$ 3 133 251
H - 102	Air Heater	30020		Alloy Steel	1		\$ 1 197 651	\$ 3 006 104

Bombas	Tipo de Bomba	Potencia (kilowatts)	# Repuestos	MOC	Discharge Pressure (barg)	Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
P – 101	Centrifugo	185	1	Carbon Steel	100	\$ 61 400	\$ 318 957
P – 102	Centrifugo	254	1	Stainless Steel	100	\$ 78 400	\$ 666 580
P – 103	Centrifugo	300	1	Stainless Steel	100	\$ 89 653	\$ 763 000

Reactores	Tipo	Volume (cubic meters)	Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
R – 101	Jacketed Agitated	10	\$ 1 760 000	\$ 1 760 000
R – 102	Jacketed Agitated	10	\$ 1 760 000	\$ 1 760 000
R – 103	Jacketed Agitated	10	\$ 1 760 000	\$ 1 760 000

Depropanizadora	Descripción de la Torre	Altura (metros)	Diametro (metros)	Tower MOC	Demister MOC	Pressure (barg)	Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
T – 101	20 Stainless Steel Valve Trays	9	1	Stainless Clad	Stainless Steel	40	\$ 88 300	\$ 1 320 000

Turbinas	Tipo de Turbinas	Potencia (kilowatts)	# Repuestos	MOC	Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
J – 101	Radial	554	1	Nickel Alloy	\$ 419 000	\$ 4 890.000

Separadores	Orientation	Altura (metros)	Diametro (metros)	MOC	Demister MOC	Pressure (barg)	Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
V - 101	Vertical	7	1	Stainless Clad	Stainless Steel	3	\$ 14 221	\$ 66 582

QUENCH	Description	BMF ₀	Actual BMF	Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
Z - 101	QUENCH	2,5		\$ 150 000	\$ 250 000

Total de Costo por Equipos: \$ 97 516,750

7.2 Estados financieros proyectados

Enfoque.- La estructura de financiamiento del proyecto resultará de su cuidadoso armado por parte de inversores diestros y sus asesores. No existen estructuras óptimas de inversión pero, en verdad, cada estructura dependerá de las necesidades y características de los inversores; por lo tanto es difícil proyectar la eventual estructura de financiamiento y los retornos resultantes sobre el capital para los inversores y entidades crediticias. Sin embargo, el retorno para los inversores se puede aún pronosticar para estructuras financieras posibles utilizando las predicciones a continuación realizadas.

En primer lugar, se analizó el caso del PMRT, para lo cual a través de una fuente confiable, se supo que la tasa de interés para el financiamiento de la primera etapa de ese proyecto fue de 5%, y de ahí inferimos una tasa de interés para nuestro financiamiento. Ello reveló los posibles rangos de supuestos financieros clave tales como ratios endeudamiento/capital, tasas del cupón y vencimientos.

Luego se calculó el flujo de fondos operativos del proyecto en base a los resultados de ingeniería y análisis de la demanda. El proyecto se considera financieramente factible si el análisis puede establecer un monto de capital base y una estructura financiera que a las tasas de interés preserven los ratios de cobertura de endeudamiento adecuados durante el período de amortización y provean un retorno adecuado sobre el capital, aún bajo escenarios pesimistas.

Para este análisis se asumió el siguiente esquema para el financiamiento del proyecto :

- a) El ratio endeudamiento/capital inicial es 60/40. El ratio varía de año en año a medida que se reembolsa la deuda;
- b) La deuda está expresada en dólares estadounidenses y la tasa de interés sobre esta deuda es del 7% real.
- c) El concesionario comienza a pagar intereses y/o principal después del tercer año de operación de la planta de butadieno : tres años de periodo de gracia.
- d) Una meta realista para el inversor en este proyecto es una tasa de retorno real del 16%.
- e) Para interesar a los bancos en el financiamiento de este proyecto, será necesario contar con ratios de cobertura de la deuda en los primeros cinco años superiores a 1,8 en el escenario del caso base y a 1,6 en el escenario pesimista.
- f) La asociación de más de una entidad financiera podrá hacer viable la tasa de interés propuesta.

7.2.1 Condiciones de un estado pesimista

Las bases para un escenario no optimista fueron consideradas para determinar la peor rentabilidad que podríamos obtener al implementar una planta de producción de butadieno, considerando los parámetros económicos, financieros e ingenieriles. No se tomaron en cuenta los factores sociales, por más que estos tengan un peso parcial muy relevante en todo el proyecto, pues nuestras condiciones son netamente técnicas. Las bases mostradas a continuación fueron realizadas para calcular tanto la proyección del VAN y el TIR, considerando como rentabilidad la condición :

Gastos Administrativos	10,0% de los Costos de Producción
Gastos de Ventas	5,0% de Ingreso por Ventas
Balance de Masa	0,66 TM de producto / TM de materia prima

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas (MTM/Año)	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0
Precio (MUS\$ de 0/TM)	2,80	2,80	2,80	2,80	3,00

FINANCIAMIENTO 60% de la Inversión en Capital Fijo

Tasa de Interés 15% / año

Plazo 3 años sin periodo de gracia.

Pagos anuales, vencidos y constantes

Reserva Legal 1,5% Utilidad neta

Utilidad retenida 5,0% Utilidad neta

Impuesto a la Renta 15,0%

Tasa de inflación anual 3,0%

Días por año 355

Factor de Servicio 90%

Capacidad Nominal 282 TM/DO

Entonces colocamos las siguientes tablas :

- a) TIR > Tasa de interés del financiamiento
- b) Valor actual Neto positivo en un mínimo de cinco años
- c) Flujo Neto de Fondos acumulado mayor al monto inicial en un mínimo de cinco años.

Haciendo los cálculos de Análisis de Riesgo de la Planta de Butadieno y se llega a la conclusión que la planta es viable bajo condiciones de mercado óptimas, por lo que establecer la planta ahora sería no rentable, pues se recuperaría la inversión en una cantidad de años mayor a cinco.

Bases

Capital Fijo excluido Terreno	595,5 MMUS\$ del año 0
Valor del Terreno	4,5 MMUS\$ del año 0
Valor de Rescate (año 5)	15,0% del Capital Fijo excluido terreno
	Inversión en Capital de Trabajo
Caja mínima	5 días de costos de producción
Materia prima	15 días de uso
Producto Terminado	20 días de ventas
Cuentas por pagar	30 días de compras
Cuentas por cobrar	15 días de ventas
Pagos adelantados	25 días del 10% de costos fijos
Costo de Materia Prima	0,80 MUS\$ de 0/TM
Costos Variables de Operación	0,30 MUS\$ de 0/TM
Costos Fijos de Producción	4,0% de la Inversión en Capital Fijo y terreno

TABLA Nº 7.1

BALANCE ECONÓMICO

Preliminar		1	2	3	4	5
Ventas	MTM/Año	65,17	65,17	65,17	65,17	65,17
	TM/DC	183,58	183,58	183,58	183,58	183,58
	TM/DO	203,98	203,98	203,98	203,98	203,98
Inventario de producto (días)	MTM/Año	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67
Incremento de inventario de productos	MTM/Año	3,67				
Programa de producción máxima (MTM/Año)		90,10	90,10	90,10	90,10	90,10
	MTM/Año	68,84	65,17	65,17	65,17	65,17
	TM/DC	193,92	183,58	183,58	183,58	183,58
	TM/DO	215,47	203,98	203,98	203,98	203,98
Definitivo		1	2	3	4	5
Ventas	MTM/Año	65,17	65,17	65,17	65,17	65,17
	TM/DC	183,58	183,58	183,58	183,58	183,58
	TM/DO	203,98	203,98	203,98	203,98	203,98
Inventario de producto (20 días)	MTM/Año	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67
Incremento de inventario de productos	MTM/Año	3,67				
Programa de producción máxima	MTM/Año	68,84	65,17	65,17	65,17	65,17
	TM/DC	193,92	183,58	183,58	183,58	183,58
	TM/DO	215,47	203,98	203,98	203,98	203,98
Uso de materia prima	MTM/Año	104,31	98,74	98,74	98,74	98,74
	TM/DC	293,82	278,15	278,15	278,15	278,15
	TM/DO	326,46	309,05	309,05	309,05	309,05
Inventario de producto (15 días)	MTM/Año	4,90	4,64	4,64	4,64	4,64
Incremento de inventario de productos	MTM/Año	4,90	- 0,26			
Programa de compra de materia prima		109,20	98,48	98,74	98,74	98,74
	MTM/Año	109,20	98,48	98,74	98,74	98,74
	TM/DC	307,61	277,41	278,15	278,15	278,15
	TM/DO	341,79	308,24	309,05	309,05	309,05
	MUS\$/DC	238,31	214,92	215,49	215,49	215,49
	MUS\$/DO	264,79	238,80	239,43	239,43	239,43

**INGRESO POR VENTAS
(US \$ DEL AÑO 0)**

		1	2	3	4	5
Ventas		65,17	65,17	65,17	65,17	65,17
Precio (MUS \$ de 0/TM)		2,91	2,91	2,91	2,91	3,12
Ingresos						
	MMUS \$/Año	189,78	189,78	189,78	189,78	203,33
	MUS \$/DC	534,59	534,59	534,59	534,59	572,77
	MUS \$/DO	593,99	593,99	593,99	593,99	636,41

**COSTOS DE PRODUCCIÓN
(US \$ DEL AÑO 0)**

		1	2	3	4	5
Materia prima						
	MTM/Año	104,31	98,74	98,74	98,74	98,74
	MUS\$/TM	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
	MMUS\$/Año	80,81	76,50	76,50	76,50	76,50
	MUS\$/DC	227,63	215,49	215,49	215,49	215,49
	MUS\$/DO	252,92	239,43	239,43	239,43	239,43
Costos variables						
	MTM/Año	68,84	65,17	65,17	65,17	65,17
	MUS\$/TM	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	MMUS\$/Año	20,08	19,01	19,01	19,01	19,01
	MUS\$/DC	56,56	53,54	53,54	53,54	53,54
	MUS\$/DO	62,84	59,49	59,49	59,49	59,49
Costos fijos						
	MMUS\$/Año	22,11	22,11	22,11	22,11	22,11
	MUS\$/DC	62,28	62,28	62,28	62,28	62,28
	MUS\$/DO	69,20	69,20	69,20	69,20	69,20
Costo de producción						
	MMUS\$/Año	122,99	117,61	117,61	117,61	117,61
	MUS\$/DC	346,46	331,31	331,31	331,31	331,31
	MUS\$/DO	384,96	368,12	368,12	368,12	368,12
	MUS\$/TM	1,787	1,805	1,805	1,805	1,805

**COSTOS DE PRODUCCIÓN
(US \$ DEL AÑO 0)**

	1	2	3	4	5
Activo circulante	20,26	2,05	2,05	2,05	20,62
Caja mínima 5 días					
MUS\$/DC	346,46	331,31	331,31	331,31	331,31
MMUS\$/Año	1,73	1,66	1,66	1,66	1,66
Materia prima 15 días					
MTM/Año	4,90	4,64	4,64	4,64	4,64
MUS\$/TM	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
MMUS\$/Año	3,79	3,59	3,59	3,59	3,59
Producto terminado 20 días					
MTM/Año	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67
MMUS\$/TM	1,79	1,80	1,80	1,80	1,80
MMUS\$/Año	6,56	6,63	6,63	6,63	6,63
Cuentas por cobrar 15 días					
MUS\$/DC	534,59	534,59	534,59	534,59	572,77
MMUS\$/Año	8,02	8,02	8,02	8,02	8,59
Pagos adelantados 25 días					
MUS\$/DC	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23
MMUS\$/Año	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Pasivo circulante	7,15	6,45	6,46	6,46	6,46
Cuentas por pagar 30 días					
MUS\$/DC	238,31	214,92	215,49	215,49	215,49
MMUS\$/Año	7,15	6,45	6,46	6,46	6,46
Capital de trabajo MMUS\$/Año					
Inversión circulante	13,11	13,60	13,58	13,58	14,16
Inversión incremental	13,11	0,49	- 0,02		- 13,58

Entonces vemos que nuestro VAN al año cinco sale un valor negativo, lo cual, en la industria petroquímica, no es un buen indicio de rentabilidad. También podemos ver que nuestro TIR sale un porcentaje negativo, es decir que en el periodo de cinco años el retorno sería de - 13,1%, lo que nos dice que estamos a - 13,1% de recuperar nuestra inversión.

VPNA	- 552,7	- 519,3	- 481,2	- 447,7	- 418,6	- 350,6
		1	1	1	1	1
Último VPNA negativo						
Primer VPNA positivo						
VP ingresos	642,9 MMUS\$					
VP inversiones	528,2 MMUS\$					

Aquí vemos el cambio del VAN a través de los cinco años.

**BALANCE GENERAL PROYECTADO – EVALUACIÓN ECONÓMICA
(MMUS \$ DEL AÑO 0)**

	0	1	2	3	4	5
Activo						
Caja banco		44,06	99,00	154,56	210,11	380,94
Inventario de MP		4,07	3,86	3,86	3,86	
Inventario de PT		7,07	7,15	7,15	7,15	
Cuentas por cobrar		0,68	0,68	0,68	0,68	
Pagos adelantados		0,18	0,18	0,18	0,18	
A. Fijo e intangible neto	656,47	545,65	434,83	324,00	213,18	
Total activo	656,47	609,71	553,68	498,93	443,16	380,94
Pasivo						
Corto plazo						
Cuentas por pagar		7,68	6,92	6,94	6,94	
Dividendos						
Patrimonio						
Aportes	656,47	656,47	656,47	656,47	656,47	656,47
Reserva legal						
Utilidad retenida						
Pérdidas		54,44	109,71	164,98	220,25	275,53
Total pasivo	656,47	718,59	773,11	828,40	883,67	932,00

SERVICIO DE LA DEUDA

MMUS\$	0	1	2	3
MONEDA CORRIENTE				
Deuda	393,9	274,9	144,0	
Amortización		119,0	130,9	144,0
Intereses		39,4	27,5	14,4
SERVICIO DE LA DEUDA		158,4	158,4	158,4
MONEDA CONSTANTE DE 0				
Amortización		115,5	123,4	131,8
Intereses		38,2	25,9	13,2
GANACIA POR INFLACIÓN				
Anual		3,5	7,5	12,2
Acumulado		3,5	11,0	23,2

ESTADO DE GANACIAS Y PÉRDIDAS – EVALUACIÓN FINANCIERA (MMUS\$ DEL AÑO 0)

	1	2	3	4	5
Ingresos	205,33	205,33	205,33	205,33	205,33
Gastos de producción	125,43	126,83	126,83	126,83	126,83
Gastos administrativos	13,25	12,68	12,68	12,68	12,68
Gastos de ventas	10,27	10,27	10,27	10,27	10,27
Utilidad de operación	56,38	55,55	55,55	55,55	55,55
Depreciación	110,82	110,82	110,82	110,82	110,82
Intereses	38,24	25,91	13,18		
Renta neta	- 92,68	- 81,18	- 68,45	- 55,27	- 55,27
Impuesto a la renta (15%)					
Utilidad neta	- 92,68	- 81,18	- 68,45	- 55,27	- 55,27
Reserva legal					
Utilidad retenida					
Dividendos					
Pérdidas	92,68	81,18	68,45	55,27	55,27

RN acumulada del	- 92,68	- 173,86	- 242,31	- 297,58	- 352,85
Dividendos originales fnf + caja ac.			55,55	228,17	228,17

**FLUJO DE CAJA PROYECTADO – EVALUACIÓN FINANCIERA
(MMUS\$ DEL AÑO 0)**

	0	1	2	3	4	5
INVERSIÓN						- 102,4
Capital fijo propio	262,6					
Amortización		115,5	123,4	131,8		
Capital de trabajo		14,2	0,5	0,0		- 14,7
Total inversión	262,6	129,7	123,9	131,8		- 117,4
Utilidad neta		- 92,7	- 81,2	- 68,4	- 55,3	- 55,3
Depreciación		110,8	110,8	110,8	110,8	110,8
Flujo neto de fondos	- 262,6	- 111,6	- 94,3	- 89,4	- 55,6	- 172,6
Aportes	262,6	111,6	94,3	89,4		
Dividendos						
Saldo anual					55,6	172,6
Saldo acumulado					55,6	228,2

Van al 15% y año 0 : - 372,09 MMUS\$ de 0
Tasa interna de retorno : - 22,0%
Periodo de recupero : > 5 años
Relación B/C al 15% : 0,65
IVP al 15% : - 0,75

VPNA - 262,6 - 359,6 - 430,9 - 489,7 - 457,9 - 372,1
Último VPNA negativo 1 1 1 1 1 5
Primer VPNA positivo

VPNA ingresos 688,3 MMUS\$
VPNA inversiones 497,5 MMUS\$

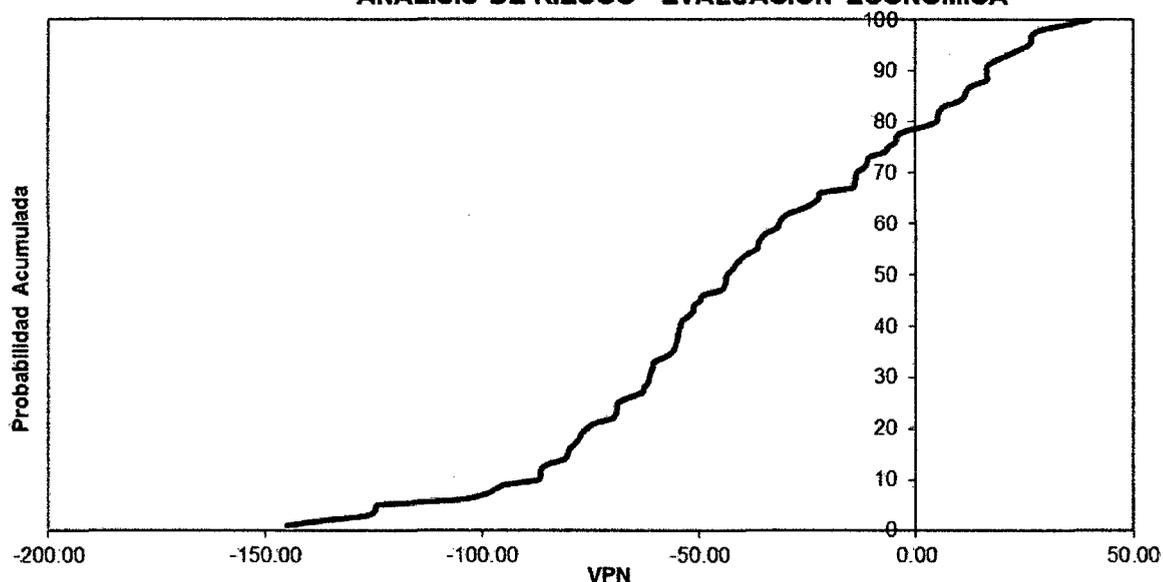
**BALANCE GENERAL PROYECTADO – EVALUACIÓN FINANCIERA
(MMUS\$ DEL AÑO 0)**

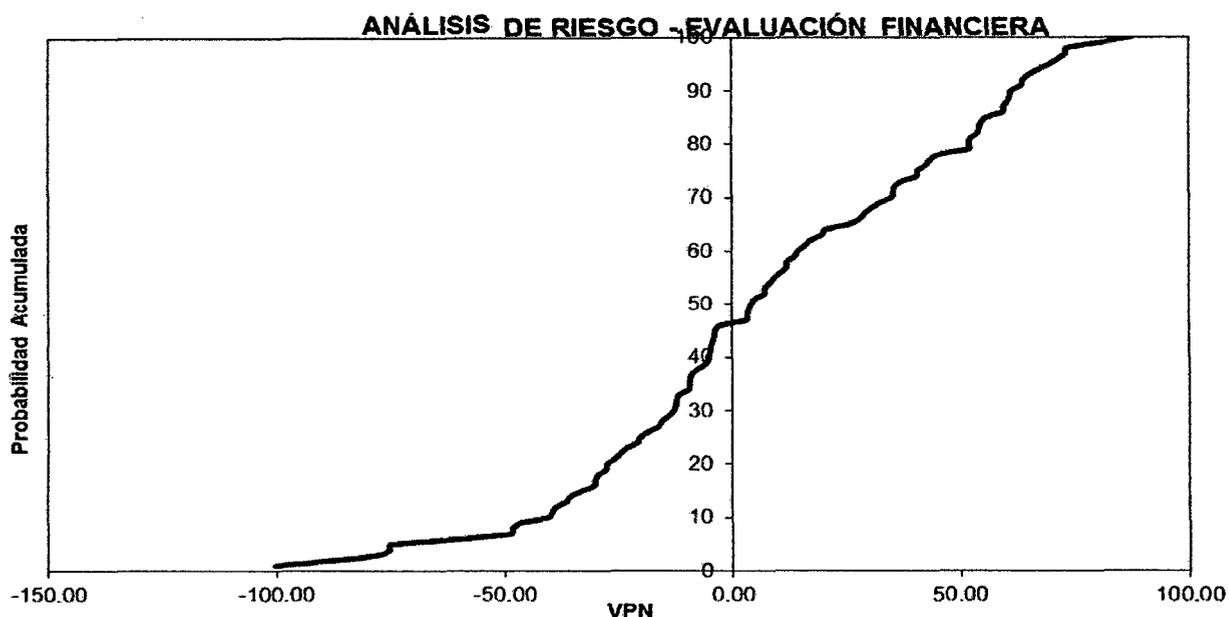
	0	1	2	3	4	5
ACTIVO						
Caja – Banco		1,87	1,79	1,79	57,34	228,17
Inventario de MP		4,07	3,86	3,86	3,86	
Inventario de PT		7,07	7,15	7,15	7,15	
Cuentas por cobrar		8,68	8,68	8,68	8,68	
Pagos adelantados		0,18	0,18	0,18	0,68	
Fijo e intangibles neto	656,47	545,65	434,83	324,00	213,18	
Total activo	656,47	567,52	456,48	345,65	290,38	228,17
PASIVO	262,6	111,6	94,3	89,4		
Corto plazo						
Cuentas por pagar		7,68	6,92	6,94	6,94	
Amortización	119,00	130,90	143,99			
Dividendos						
Largo plazo						
Deuda	274,88	143,99				
Patrimonio						
Aportes	262,59	374,17	468,45	557,82	557,82	557,82
Reserva legal						
Utilidad retenida						
Pérdidas		92,68	173,86	242,31	297,58	352,85
Ajuste por inflación		3,5	11,0	23,2	23,2	23,2
Total pasivo	656,47	752,87	804,20	830,27	885,55	933,88

Fuente : Propia

GRÁFICO N° 7.1

ANÁLISIS DE RIESGO - EVALUACIÓN ECONOMICA





Fuente : Propia

TABLA N° 7.2

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD A LA INVERSIÓN - EVALUACIÓN ECONÓMICA

	FLUJO NETO DE FONDOS						VPN 0,15%
	0	1	2	3	4	5	
0,90	- 90,0	33,8	48,1	48,6	50,0	73,0	72,5
0,95	- 90,5	33,3	47,7	48,1	49,5	73,1	66,3
1,00	- 100,0	32,8	47,2	47,7	49,1	73,3	60,1
1,05	- 105,0	32,3	46,8	47,3	48,7	73,4	53,9
1,10	- 110,0	31,8	46,8	47,3	48,7	73,4	53,9
1,15	- 115,0	31,2	45,9	46,7	47,8	73,7	41,4
1,20	- 120,0	30,7	45,5	46,0	47,4	73,9	35,2
1,25	- 125,0	30,2	45,1	45,5	46,9	74,0	29,0

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD A LA INVERSIÓN - EVALUACIÓN FINANCIERA

	FLUJO NETO DE FONDOS						VPN 0,15%
	0	1	2	3	4	5	
0,90	- 36,0	13,9	28,2	28,6	50,0	73,0	81,0
0,95	- 38,0	12,2	26,7	27,1	49,5	73,1	75,3
1,00	- 40,0	10,6	25,1	25,6	49,1	73,3	69,5
1,05	- 42,0	9,0	23,6	24,0	48,7	73,4	63,8
1,10	- 44,0	7,4	22,0	22,5	48,2	73,6	58,0
1,15	- 46,0	5,8	20,5	21,0	47,8	73,7	52,3
1,20	- 48,0	4,1	19,0	19,4	47,4	73,9	46,5
1,25	- 50,0	2,5	17,4	17,9	46,9	74,0	40,8

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD – EVALUACIÓN ECONÓMICA

	INVERSIÓN	COSTO VARIABLE	VOLUMEN VENTAS	PRECIO VENTA
0,75				- 22,9
0,80			23,2	- 6,3
0,85			32,4	10,3
0,90	72,5		41,6	26,9
0,95	66,3	67,5	50,9	43,5
1,00	60,1	60,1	60,1	60,1
1,05	53,9	52,7	69,3	76,7
1,10	47,6	45,3		
1,15	41,4	38,0		
1,20	35,2			
1,25	29,0			

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD – EVALUACIÓN FINANCIERA

	INVERSIÓN	COSTO VARIABLE	VOLUMEN VENTAS	PRECIO VENTA
0,75				- 13,5
0,80			32,6	- 3,1
0,85			41,9	3,1
0,90	81,0		51,1	36,3
0,95	75,3	76,9	60,3	52,9
1,00	69,5	69,5	69,5	69,5
1,05	63,8	62,2	78,8	86,1
1,10	58,0	54,8		
1,15	52,3	47,4		
1,20	46,5			
1,25	40,8			

MMUS\$ del año 0	0	1	2	3	4	5
FNF	- 262,6	- 111,6	- 94,3	- 89,4	55,6	172,6
VPNA 15%, 0, J	- 262,6	- 359,6	- 430,9	- 489,7	- 457,9	- 372,1



MMUS% del año 0		
J	FNF	VPNA 15% 0, J
0	- 262,6	- 262,6
1	- 111,6	- 359,6
2	- 94,3	- 430,9
3	- 89,4	- 489,7
4	55,6	- 457,9
5	172,6	- 372,1

FNF (MMUS% de 0)	0	1	2	3	4	5
Ev. económica	- 656,5	42,2	55,0	55,6	55,6	172,6
Ev financiera	- 262,6	- 111,6	- 94,3	- 89,4	55,6	172,6

FNF (MMUS% de 0)	0	1	2	3	4	5
FNFE						
Ev. económica	- 656,5	42,2	55,0	55,6	55,6	172,6
Ev financiera	- 262,6	- 111,6	- 94,3	- 89,4	55,6	172,6
aJ = (1,15/1,20)J	1,000	0,9583	0,9184	0,8801	0,8435	0,8083
FNFC						
Ev. económica	- 656,5	40,4	55,0	55,6	55,6	172,6
Ev financiera	- 262,6	- 106,9	- 86,6	- 78,7	46,9	139,5

Análisis de sensibilidad

VARIABLES	B MÍNIMO	B MÁXIMO
Inversión incluido terreno	0,90	1,15
Inversión en terreno	0,85	1,25
Costo de materia prima	0,90	1,20
Costos variables	0,95	1,15
Volumen de ventas	0,85	1,05
Precio de ventas	0,80	1,10

Fuente : Propia

7.2.2 Condiciones de un escenario positivo

A continuación mostramos un escenario distinto, un escenario en el cual se podría llevar a cabo esta Planta de Butadieno para que, mínimo, sea rentable en cinco años.

Debemos tener las siguientes consideraciones :

- a) Baja de precio de la materia prima como incentivo para desarrollar la industria.
- b) Tasa de interés más baja.
- c) Un costo de producción menor teniendo en cuenta que esta planta puede estar integrada en un gran Complejo Petroquímico, lo que abarataría los Costos Fijos de Producción y Costos Variables de Operación. Para este caso consideraremos un descenso del 25% del valor utilizado anteriormente.

- d) Alta demanda de nuestro producto, lo que incrementaría el precio. Tomaremos un 10% de aumento de precio del butadieno.
- e) Mejorar el rendimiento de nuestro proceso por medio de investigación. Se considerará que el rendimiento aumenta a 68% por medio de un relleno de oxígeno en el reactor.

Bases

Capital Fijo excluido Terreno	395,5 MMUS\$ del año 0
Valor del Terreno	4,5 MMUS\$ del año 0
Valor de Rescate (año cinco)	10,0% del Capital Fijo excluido terreno
Inversión en Capital de Trabajo	
Caja mínima	5 días de costos de producción
Materia prima	15 días de uso
Producto Terminado	20 días de ventas
Cuentas por pagar	30 días de compras
Cuentas por cobrar	15 días de ventas
Pagos adelantados	25 días del 10% de costos fijos
Costo de Materia Prima	0,60 MUS\$ de 0/TM
Costos Variables de Operación	0,20 MUS\$ de 0/TM
Costos Fijos de Producción	2,0% de la Inversión en Capital Fijo y terreno
Gastos Administrativos	8,0% de los Costos de Producción
Gastos de Ventas	5,0% de Ingreso por Ventas

Balance de Masa	0,68 TM de producto / TM de materia prima				
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas (MTM/Año)	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0
Precio (MUS\$ de 0/TM)	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
FINANCIAMIENTO	60% de la Inversión en Capital Fijo				
Tasa de Interés	7,0% / año				
Plazo	3 años sin periodo de gracia				
Pagos anuales, vencidos y constantes					
Reserva Legal	1,5% Utilidad neta				
Utilidad retenida	5,0% Utilidad neta				
Impuesto a la Renta	15,0%				
Tasa de inflación anual	3,0%				
Días por año	355				
Factor de Servicio	90%				
Capacidad Nominal	282 TM/DO				

TABLA Nº 7.3

PRELIMINAR		1	2	3	4	5
Ventas	MT M/Año	65,81	65,81	65,81	67,74	67,74
	T M/D C	185,38	185,38	185,38	190,83	190,83
	T M/D O					
Inventario de productos (días)	MT M/Año	3,71	3,71	3,71	3,82	3,82
Incremento de inv. de producto	MT M/Año	3,71			0,11	
Programa de producción Máxima (MTM/Año)	MTM/Año	90,10	90,10	90,10	90,10	90,10
	T M/D C	195,82	185,38	185,38	191,14	190,83
	T M/D O	217,58	205,97	205,97	212,37	212,03
Definitivo		1	2	3	4	5
Ventas	MTM/Año	65,81	65,81	65,81	67,74	67,74
	T M/D C	185,38	185,38	185,38	190,83	190,83
	T M/D O	205,97	205,97	205,97	212,37	212,03
Inventario de producto (20 días)	MTM/Año	3,71	3,71	3,71	3,82	3,82
Incremento de inv. de producto	MTM/Año	3,71			0,11	
Programa de producción	MTM/Año	69,52	65,81	65,81	67,85	67,74
	T M/D C	195,82	185,38	185,38	190,83	190,83
	T M/D O	217,58	205,97	205,97	212,03	212,03
Uso de materia prima	MTM/Año	102,23	96,78	96,78	99,78	99,62
	T M/D C	287,97	272,61	272,61	281,08	280,63
	T M/D O	319,97	302,90	302,90	312,31	311,81
Inventario de materia prima (15 días)	MTM/Año	4,80	4,54	4,54	4,68	4,68
Incremento de inv. de materia prima	MTM/Año	4,80	- 0,26		0,14	- 0,01
Programa de compra de mat. prima	MTM/Año	107,03	96,52	96,78	99,93	99,62
	T M/D C	301,49	271,89	272,61	281,48	280,61
	T M/D O	334,99	302,10	302,90	312,76	311,79
	MUS \$/D C	172,11	155,22	155,63	160,69	160,19
	MUS \$/D O	191,24	172,46	172,92	178,55	177,99

INGRESO POR VENTAS
(US \$ del año 0)

	1	2	3	4	5
Ventas MTM/Año	65,81	65,81	65,81	67,74	67,74
Precio de MUS\$ de 0/TM	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29
Ingresos					
MMUS\$/Año	216,24	216,24	216,24	222,60	222,60
MUS\$/DC	609,12	609,12	609,12	627,04	627,04
MUS\$/DO	676,80	676,80	676,80	696,71	696,71

COSTOS DE PRODUCCIÓN
(US \$ del año 0)

		1	2	3	4	5
Ingresos						
MMUS\$/Año		216,24	216,24	216,24	222,60	222,60
MUS\$/DC		609,12	609,12	609,12	627,04	627,04
MUS\$/DO		676,80	676,80	676,80	696,71	696,71
Incremento de inv. de producto MTM/Año		3,71			0,11	
Programa de producción Máxima (MTM/Año)		90,10	90,10	90,10	90,10	90,10
MTM/Año		69,52	65,81	65,81	67,85	67,74
T M/D C		195,82	185,38	185,38	191,14	190,83
T M/D O		217,58	205,97	205,97	212,37	212,03
Definitivo		1	2	3	4	5
Ventas	MTM/Año	65,81	65,81	65,81	67,74	67,74
	T M/D C	185,38	185,38	185,38	190,83	190,83
	T M/D O	205,97	205,97	205,97	212,37	212,03
Inventario de producto (20 días)	MTM/Año	3,71	3,71	3,71	3,82	3,82
Incremento de inv. de producto	MTM/Año	3,71			0,11	
Programa de producción	MTM/Año	69,52	65,81	65,81	67,85	67,74
	T M/D C	195,82	185,38	185,38	190,83	190,83
	T M/D O	217,58	205,97	205,97	212,03	212,03
Uso de materia prima	MTM/Año	102,23	96,78	96,78	99,78	99,62
	T M/D C	287,97	272,61	272,61	281,08	280,63
	T M/D O	319,97	302,90	302,90	312,31	311,81
Inventario de materia prima (15 días)	MTM/Año	4,80	4,54	4,54	4,68	4,68
Incremento de inv. de materia prima	MTM/Año	4,80	-0,26		0,14	-0,01
Programa de compra de mat. prima	MTM/Año	107,03	96,52	96,78	99,93	99,62
	T M/D C	301,49	271,89	272,61	281,48	280,61
	T M/D O	334,99	302,10	302,90	312,76	311,79
	MUS \$/D C	172,11	155,22	155,63	160,69	160,19
	MUS \$/D O	191,24	172,46	172,92	178,55	177,99

INGRESO POR VENTAS
(US \$ del año 0)

	1	2	3	4	5
Ventas (MTM/Año)	65,81	65,81	65,81	67,74	67,74
Precio (MUS\$ de 0/TM)	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29
Ingresos					
MMUS\$/Año	216,24	216,24	216,24	222,60	222,60
MUS\$/DC	609,12	609,12	609,12	627,04	627,04
MUS\$/DO	676,80	676,80	676,80	696,71	696,71

COSTOS DE PRODUCCIÓN
(US \$ del año 0)

	1	2	3	4	5
Materia prima					
MTM/Año	102,23	96,78	96,78	99,78	99,62
MUS\$/TM	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
MMUS\$/Año	58,36	55,25	55,25	56,96	56,87
MUS\$/DC	164,40	155,63	155,63	160,46	160,21
MUS\$/DO	182,66	172,92	172,92	178,29	178,01
Costos variables					
MTM/Año	69,52	65,81	65,81	67,85	67,74
MUS\$/TM	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
MMUS\$/Año	14,14	13,39	13,39	13,81	13,78
MUS\$/DC	39,84	37,72	37,72	38,89	38,83
MUS\$/DO	44,27	41,91	41,91	43,21	43,14
Costos fijos					
MMUS\$/Año	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98
MUS\$/DC	11,22	11,22	11,22	11,22	11,22
MUS\$/DO	12,46	12,46	12,46	12,46	12,46
Costos de producción					
MMUS\$/Año	76,49	72,62	72,62	74,75	74,64
MUS\$/DC	215,46	204,56	204,56	210,57	210,25
MUS\$/DO	239,40	227,29	227,29	233,97	233,61
MUS\$/TM	1,100	1,103	1,103	1,102	1,102

INVERSIÓN EN CAPITALD E TRABAJO
(US \$ del año 0)

	1	2	3	4	5
Activo circulante	17,06	16,87	16,87	17,37	17,36
Caja mínima 5 días					
MUS\$/DC	215,46	204,56	204,56	210,57	210,25
MMUS\$/Año	1,08	1,02	1,02	1,05	1,05
Materia prima 15 días					
MTM/Año	4,80	4,54	4,54	4,68	4,68
MUS\$/TM	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
MMUS\$/Año	2,74	2,59	2,59	2,67	2,67
Producto terminado 20 días					
MTM/Año	3,71	3,71	3,71	3,82	3,82
MUS\$/TM	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
MMUS\$/Año	4,08	4,09	4,09	4,20	4,20
Cuentas por cobrar 15 días					
MUS\$/DC	609,12	609,12	609,12	627,04	627,04
MMUS\$/Año	9,14	9,14	9,14	9,41	9,41
Pagos adelantados 25 días					
MUS\$/DC	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
MMUS\$/Año	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Pasivo circulante					
Cuentas por pagar 30 días					
MUS\$/DC	172,11	155,22	155,63	160,69	160,19
MMUS\$/Año	5,13	4,66	4,67	4,82	4,81
Capital de trabajo MMUS\$/Año					
Inversión circulante	11,90	12,22	12,20	12,54	12,55
Inversión incremental	11,90	0,32	- 0,01	0,34	- 12,54

ESTADO DE GANACIAS Y PÉRDIDAS – EVALUACIÓN ECONÓMICA
(MMUS\$ del año 0)

	1	2	3	4	5
Ingresos	216,24	216,24	216,24	222,60	222,60
Gastos de producción	72,41	72,62	72,62	74,63	74,64
TM/Año	65,81	65,81	65,81	67,74	67,74
MUS\$/TM	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Gastos administrativos	6,12	5,81	5,81	5,98	5,97
Gastos de ventas	10,81	10,81	10,81	11,13	11,13
Utilidad de operación	126,90	127,00	127,00	130,86	130,86
Depreciación	70,96	70,96	70,96	70,96	70,96
Renta neta	55,94	56,04	56,04	59,89	59,90
Impuesto a la renta (15%)	8,39	8,41	8,41	8,98	8,98
Utilidad neta	47,55	47,63	47,63	50,91	50,91
Reserva legal	0,71	0,71	0,71	0,76	0,76
Utilidad retenida	2,38	2,38	2,38	2,55	2,55
Dividendos	44,46	44,53	44,53	47,60	47,60
Pérdidas					

RN Acumulada					
Dividendos originales	44,46	44,53	44,53	47,60	47,60
fnf caja ac.	224,89	299,03	276,03	509,27	461,67

FLUJO DE CAJA PROYECTADO – EVALUACIÓN ECONÓMICA
(MMUS\$ del año 0)

	0	1	2	3	4	5
Inversión						
Capital fijo	398,2					- 43,4
Capital de trabajo		11,9	0,3	0,0	0,3	- 12,5
Total inversión	398,2	11,9	0,3	0,0	0,3	- 55,9
Utilidad neta		47,5	47,6	47,6	50,9	50,9
Depreciación		71,0	71,0	71,0	71,0	71,0
Flujo neto de fondos	- 398,2	106,6	118,3	118,6	121,5	177,8
Aportes	398,2					
Dividendos			44,5	44,5	44,5	47,6
Saldo anual		106,6	73,8	74,1	77,0	130,2
Saldo acumulado		106,6	180,4	254,5	331,5	461,7

VAN al 15% y año 0	19,8	MMUS\$ de 0
Tasa interna de retorno	16,9	
Periodo de recupero	4,78	años
Relación B/C al 15%	1,03	
IVP al 15%	0,05	

VPNA	- 398,2	- 305,5	- 216,0	- 138,0	- 68,6	19,8
Último VPNA negativo		1	1	1	1	4
Primer VPNA positivo					- 68,562	68,562
						19,8249
VP ingresos	731,7	MMUS\$				
VP inversiones	381,1	MMUS\$				

**BALANCE GENERAL PROYECTADO – EVALUACIÓN ECONÓMICA
(MMUS\$ del año 0)**

	0	1	2	3	4	5
Activo						
Caja banco		107,69	181,45	255,52	332,55	461,67
Inventario de MP		2,74	2,59	2,59	2,67	
Inventario de PT		4,08	4,09	4,09	4,20	
Cuentas por cobrar		9,14	9,14	9,14	9,41	
Pagos adelantados		0,03	0,03	0,03	0,03	
A. fijo e intangible neto	398,17	327,21	256,25	185,28	114,32	
Total activo	398,17	450,88	453,55	456,66	463,18	461,67
Pasivo						
Corto plazo						
Cuentas por pagar		5,16	4,66	4,67	4,82	
Dividendos		44,46	44,53	44,53	47,60	47,60
Patrimonio						
Aportes	398,17	398,17	398,17	398,17	398,17	398,17
Reserva legal		0,71	1,43	2,14	2,91	3,67
Unidad retenida		2,38	4,76	7,14	9,69	12,23
Pérdidas						
Total pasivo	398,17	450,88	453,55	456,66	463,18	461,67

SERVICIO DE LA DEUDA

	0	1	2	3
Moneda corriente				
Deuda	238,9	164,6	85,1	
Amortización		74,3	79,5	85,1
intereses		16,7	11,5	6,0
Servicio de la deuda				
Moneda constante de 0				
Amortización		72,1	74,9	77,9
Intereses		16,2	10,9	5,5
Ganancia por inflación				
Anual		2,2	4,6	7,2
Acumulado		2,2	6,7	13,9

**ESTADO DE GANACIAS Y PÉRDIDAS – EVALUACIÓN ECONÓMICA
(MMUS\$ del año 0)**

	1	2	3	4	5
Ingresos	216,24	216,24	216,24	222,60	222,60
Gastos de producción	72,41	72,62	72,62	74,63	74,64
Gastos administrativos	6,12	5,81	5,81	5,98	5,97
Gastos de ventas	10,81	10,81	10,81	11,13	11,13
Utilidad de operación	126,90	127,00	127,00	130,86	130,86
Depreciación	70,96	70,96	70,96	70,96	70,96
intereses	16,24	10,86	5,45		
Renta neta	33,75	38,40	43,00	50,91	50,91
Impuesto a la renta (15%)	5,96	6,78	7,59	8,98	8,98
Utilidad neta					
Reserva legal	0,51	0,58	0,64	0,76	0,76
Utilidad retenida	1,69	1,92	2,15	2,55	2,55
Dividendos	31,55	35,90	40,20	47,60	47,60
Aportes	398,17	398,17	398,17	398,17	398,17
Pérdidas					

RN acumulado

Dividendos originales	31,55	35,90	40,20	47,60	47,60
fnf + caja ac.	54,76	59,32	144,95	282,52	234,92

**BALANCE GENERAL PROYECTADO – EVALUACIÓN FINANCIERA
(MMUS\$ del año 0)**

	0	1	2	3	4	5
Activo						
Caja banco		21,74	24,23	24,44	105,80	234,92
Inventario de MP		2,74	2,59	2,59	2,67	
Inventario de PT		4,08	4,09	4,09	4,20	
Cuentas por cobrar		9,14	9,14	9,14	9,41	
Pagos adelantados		0,03	0,03	0,03	0,03	
A. fijo e intangible neto	398,17	327,21	256,25	185,28	114,32	
Total activo	398,17	364,93	296,32	225,57	236,43	234,92
Pasivo						
Corto plazo						
Cuentas por pagar		5,16	4,66	4,67	4,82	
Amortización	74,31	79,51	85,08			
Dividendos		31,55	35,90	40,20	47,60	47,60
Largo plazo						
Deuda	164,59	85,08				
Patrimonio						
Aportes	159,27	159,27	159,27	159,27	159,27	159,27
Reserva legal		0,51	1,08	1,73	2,49	3,25
Utilidad retenida		1,69	3,61	5,76	8,30	10,85
Pérdidas						
Ajuste por inflación		2,2	6,7	13,9	13,9	13,9
Total pasivo	398,17	364,93	296,32	225,57	236,43	234,92

FLUJO DE CAJA PROYECTADO – EVALUACIÓN FINANCIERA
(MMUS\$ del año 0)

	0	1	2	3	4	5
Inversión						
Capital fijo propio	159,3					- 43,4
Amortización		72,1	74,9	77,9		
Capital de trabajo		11,9	0,3	0,0	0,3	- 12,5
Total inversión	159,3	84,0	75,3	77,8	0,3	- 55,9
Utilidad neta		33,7	38,4	43,0	50,9	50,9
Depreciación		71,0	71,0	71,0	71,0	71,0
Flujo neto de fondos	- 159,3	20,7	34,1	36,1	121,5	177,8
Aportes	159,3					
Dividendos			31,6	35,9	40,2	47,6
Saldo anual		20,7	2,5	0,2	81,3	130,2
Saldo acumulado		20,7	23,2	23,4	104,7	234,9

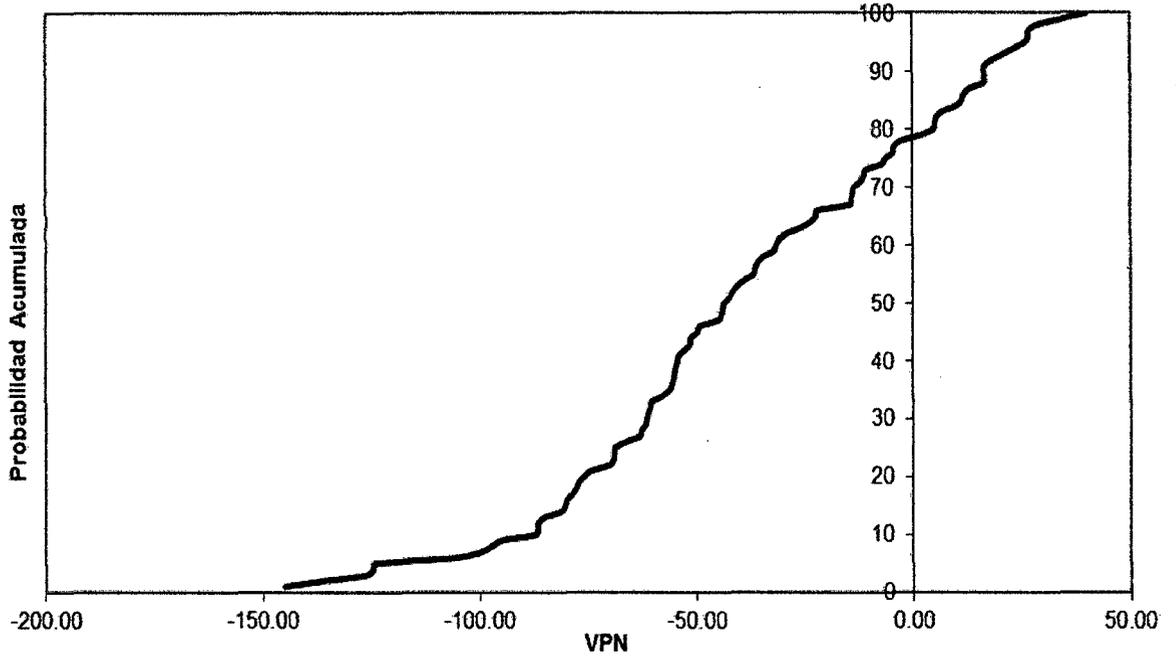
VAN al 15% y año 0	66,10	MMUS\$ de 0
Tasa interna de retorno	26,2%	
Periodo de recupero	4,25	años
Relación B/C al 15%	1,10	
IVP al 15%	0,21	

VPNA	- 159,3	- 141,3	- 115,5	- 91,8	- 22,3	66,1	
Último VPNA negativo		1	1	1	1		4
Primer VPNA positivo					- 22,288		22,288
						66,0962	66,099
VP ingresos	731,7	MMUS\$					0,2522
VP inversiones	312,8	MMUS\$					

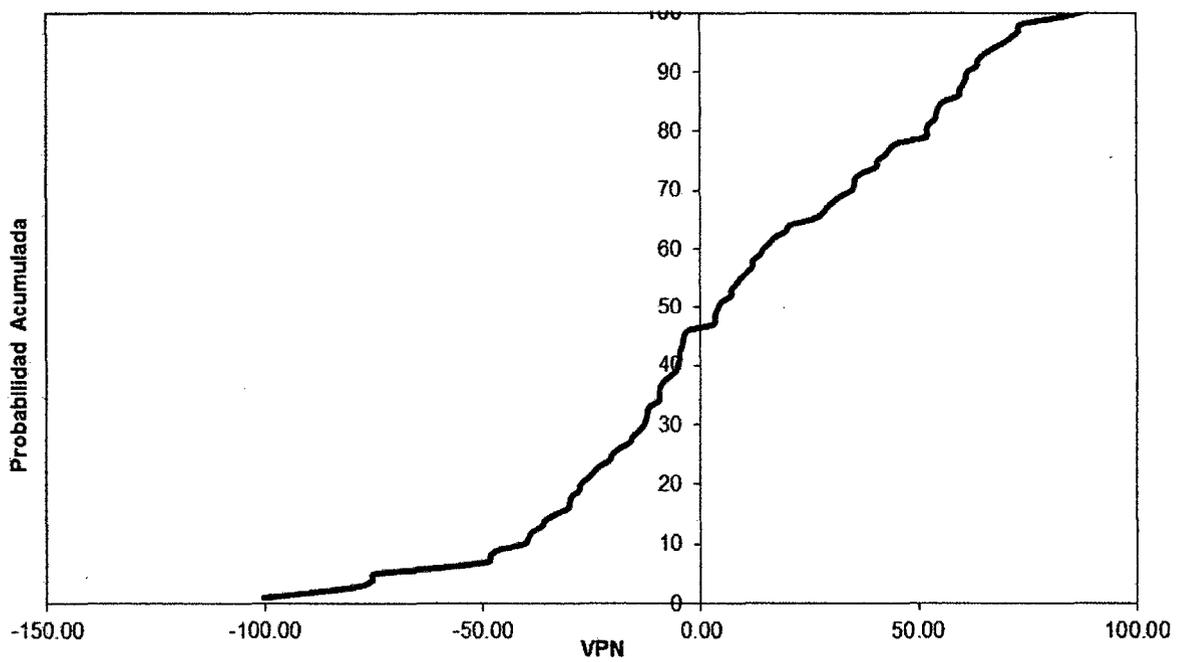
Fuente : Propia

GRÁFICO N° 7.2

ANÁLISIS DE RIESGO - EVALUACIÓN ECONOMICA



ANÁLISIS DE RIESGO - EVALUACIÓN FINANCIERA



Fuente : Propia

TABLA N° 7.4

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD A LA INVERSIÓN – EVALUACIÓN ECONÓMICA

	Flujo neto de fondos						VPN 0,15%
	0	1	2	3	4	5	
0,90	- 90,0	33,8	48,1	48,6	50,0	73,0	72,5
0,95	- 95,0	33,3	47,7	48,1	49,5	73,1	66,3
1,00	- 100,0	32,8	47,2	47,7	49,1	73,3	60,1
1,05	- 105,0	32,3	46,8	47,3	48,7	73,4	53,9
1,10	- 110,0	31,8	46,4	46,8	48,2	73,6	47,6
1,15	- 115,0	31,2	45,9	46,4	47,8	73,7	41,4
1,20	- 120,0	30,7	45,5	46,0	47,4	73,9	35,2
1,25	- 125,0	30,2	45,1	45,5	46,9	74,0	29,0

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD A LA INVERSIÓN – EVALUACIÓN FINANCIERA

	Flujo neto de fondos						VPN 0,15%
	0	1	2	3	4	5	
0,90	- 36,0	13,9	28,2	28,6	50,0	73,0	81,0
0,95	- 38,0	12,2	26,7	27,1	49,5	73,1	75,3
1,00	- 40,0	10,6	25,1	25,6	49,1	73,3	69,5
1,05	- 42,0	9,0	23,6	24,0	48,7	73,4	63,8
1,10	- 44,0	7,4	22,0	22,5	48,2	73,6	58,0
1,15	- 46,0	5,8	20,5	21,0	47,8	73,7	52,3
1,20	- 48,0	4,1	19,0	19,4	47,4	73,9	46,5
1,25	- 50,0	2,5	17,4	17,9	46,9	74,0	40,8

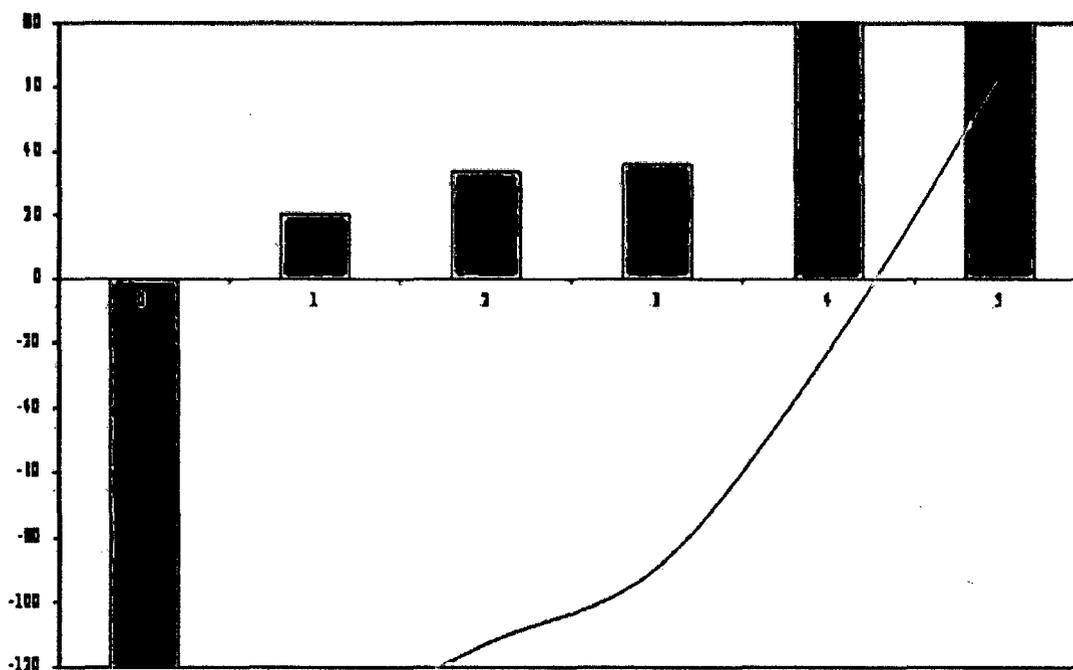
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD A LA INVERSIÓN – EVALUACIÓN FINANCIERA

	Inversión	Costo variables	Volumen venta	Precio venta
0,75				- 22,9
0,80			23,2	- 6,3
0,85			32,4	10,3
0,90	72,5		41,6	26,9
0,95	66,3	67,5	50,9	43,5
1,00	60,1	60,1	60,1	60,1
1,05	53,9	52,7	69,3	76,7
1,10	47,6	45,3		
1,15	41,4	38,0		
1,20	35,2			
1,25	29,0			

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD – EVALUACIÓN FINANCIERA

	Inversión	Costo variables	Volumen venta	Precio venta
0,75				- 13,5
0,80			32,6	3,1
0,85			41,9	19,7
0,90	81,0		51,1	36,3
0,95	75,3	76,9	60,3	52,9
1,00	69,5	69,5	69,5	69,5
1,05	63,8	62,2	78,8	86,1
1,10	58,0	54,8		
1,15	52,3	47,4		
1,20	46,5			
1,25	40,8			

MMUS\$ del año 0	0	1	2	3	4	5
FNF	- 156,0	20,3	34,0	36,0	116,8	172,6
VPNA 15%, 0, J	- 156,0	- 138,3	- 112,6	- 88,9	- 22,1	- 63,7



MMUS% del año 0		
J	FNF	VPNA 15% 0, J
0	- 156,0	- 156,0
1	20,3	- 138,3
2	34,0	- 112,6
3	36,0	- 88,9
4	116,8	- 22,1
5	172,6	63,7

FNF MMUS\$ % de 0	0	1	2	3	4	5
Ev. económica	- 390,0	104,5	116,5	116,8	116,8	172,6
Ev. financiera	- 156,0	20,3	34,0	36,0	116,8	172,6

MMUS\$ % de 0	0	1	2	3	4	5
Ev. económica	- 390,0	104,5	116,5	116,8	116,8	172,6
Ev. financiera	- 156,0	20,3	34,0	36,0	116,8	172,6
$a_J = (1,15/1,20) J$	1,0000	0,9583	0,9184	0,8801	0,8435	0,8083
FNFC						
Ev. económica	- 390,0	100,1	107,0	102,8	98,5	139,5
Ev. financiera	- 156,0	19,5	31,2	31,7	98,5	139,5

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Evaluación económica – VPN 15%, 0						
β	Inversión incluido terreno	Inversión en terreno	Costo materia prima	Costos variables	Volumen de ventas	Precio de venta
0,80						- 30,61
0,85		50,91			20,76	- 10,62
0,90	32,44	50,39	63,76		30,29	9,37
0,95	55,89	49,87	56,55	52,61	39,82	29,36
1,00	49,35	49,35	49,35	49,35	49,35	49,35
1,05	42,81	48,83	42,15	46,09	58,78	69,34
1,10	36,27	48,31	34,95	42,84		
1,15	29,73	47,79	27,74	39,58		
1,20		47,27	20,54			
1,25		46,75				

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Variables	B Mínimo	B Máximo
Inversión excludo terreno	0,90	1,15
Inversión en terreno	0,85	1,25
Costo de materia prima	0,90	1,20
Costos variables	0,95	1,15
Volumen de ventas	0,85	1,05
Precio de venta	0,80	1,10

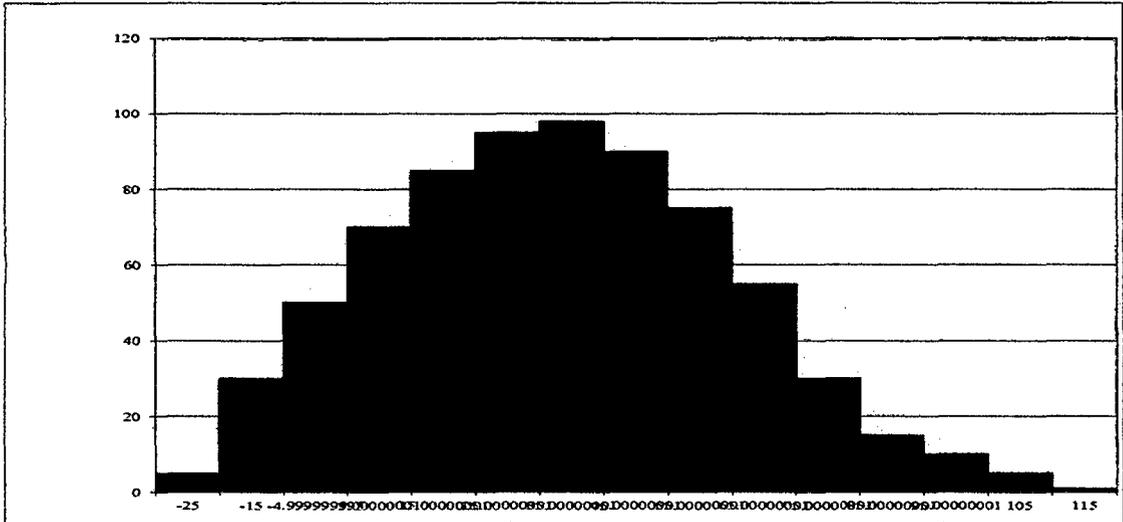
EVALUACIÓN ECONÓMICA

Evaluación económica – VPN 15%, 0						
β	Inversión incluido terreno	Inversión en terreno	Costo materia prima	Costos variables	Volumen de ventas	Precio de venta
0,80						- 20,30
0,85		61,18			31,17	- 0,21
0,90	71,90	60,71	74,17		40,70	19,78
0,95	65,83	60,24	66,96	63,02	50,23	39,77
1,00	59,79	59,79	59,79	59,79	59,79	59,79
1,05	53,69	59,29	52,56	56,50	69,19	79,75
1,10	47,63	58,81	45,36	53,25		99,74
1,15	41,56	58,34	38,15	49,99		
1,20		57,87	30,95			
1,25		57,39				

Rango de VPN		N	
- 30	- 20	5	- 25
- 20	- 10	30	- 15
- 10	0	50	- 5
0	10	70	5,00000001
10	20	85	15
20	30	95	25
30	40	98	35
40	50	90	45
50	60	75	55
60	70	55	65
70	80	30	75
80	90	15	85
90	100	10	95
100	110	5	105
110	120	1	115

Fuente : Propia

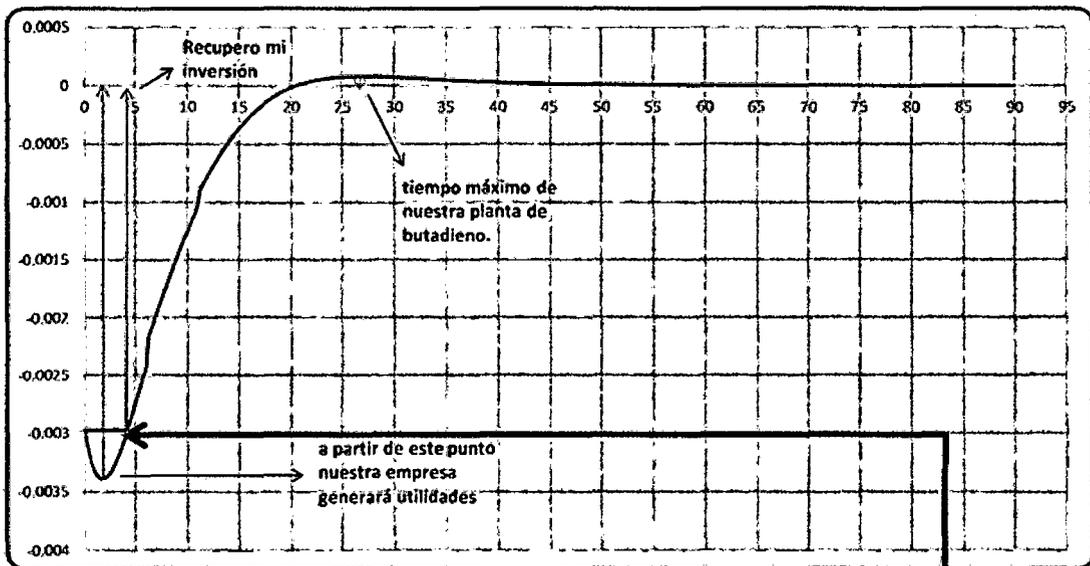
GRÁFICO N° 7.3



Fuente : Propia

7.3 Tasa interna de retorno

GRÁFICO N° 7.4



Rentabilidad óptima para nuestra planta en $t: 0 - 20$ años = Capacidad = 125000 ton en el año 20

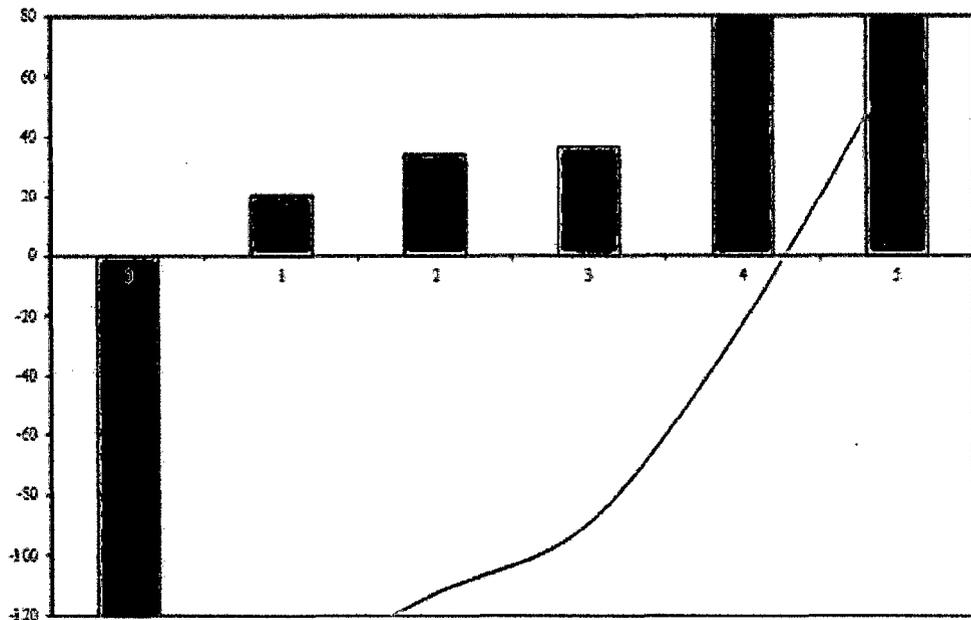
Tamaño óptimo de planta = 125000 ton/año

Recuperación de la inversión = 4 años.

Tiempo máximo de la planta = 27 años.

Flujo de fondo

GRÁFICO N° 7.5



Fuente : Propia

7.4 Retorno de la inversión

El análisis de Rentabilidad ya mencionado no consideró parámetros importantes, tal como el financiamiento, cuya tasa de interés es relevante para el estudio de factibilidad. También el costo total de planta fue el inferido a través de la búsqueda de varios costos de planta de unidades de extracción de butadieno, para lo cual se obtuvo un monto de 200 000 000 de dólares, lo cual, al ser nuestra planta una planta de conversión, vimos conveniente hacerla 100% más cara, es decir 400 000 000 de dólares, más esto tuvo un inconveniente : El índice de Planta de la Magazine Chemical Engineering.

Este índice nos dio un escalamiento de planta al año 2011, lo que nos salió 200% más del precio promedio de planta obtenido por medio de la búsqueda de costos de planta, es decir 600 000 000 de dólares como mínimo, monto que utilizamos en el análisis económico para el caso en el que no es rentable la planta de butadieno.

Nuestras condiciones son :

a) Costo de Planta inferido de 400 MMU\$

b) Tasa de interés de 7% :

- La tasa de interés fue inferida a partir de un debate con el exdirector de PETROPERÚ S.A.: Ing. Juan Grimaldo Córdova. En el debate se tocó el tema de la PMRT, y el punto que se trató fue sobre el financiamiento que este proyecto demanda, para lo cual el ingeniero resaltó que la tasa de interés para el financiamiento fue de 5%, y que si se da el caso de un financiamiento para una planta petroquímica, este sería similar, debido a que el Estado debe incentivar la industria y otorgaría beneficios tributarios. La Banca Internacional se asociaría para ofrecer una tasa de interés más baja para una nueva industria petroquímica en el Perú y con esto se evitaría la competencia directa y se generaría rentabilidad para todos los bancos asociados en el financiamiento.

c) Costo de materia prima barato para incentivar la industria : 600 \$ /ton de butano.

d) Precios en alza debido al alza proyectada de la demanda de butadieno : 3 500 \$/ton

e) Costos fijos y variables reducidos por la integración de un gran polo petroquímico en el Perú, lo que reduciría en gran medida los costos de producción, porque los servicios industriales se generarían en una sola matriz y éste abastecería a todas las empresas establecidas.

TABLA N° 7.5

**FLUJO DE CAJA PROYECTADO – EVALUACIÓN ECONÓMICA
(MMUS\$ DEL AÑO 0)**

RN acumulada						
Dividendos originales	44,46	44,53	44,53	47,60	47,60	
fnf + caja ac	224,89	299,03	376,03	509,27	461,67	

	0	1	2	3	4	5
Inversión						
Capital fijo	398,2					- 43,4
Capital de trabajo		11,9	0,3	0,0	0,3	- 12,5
Total inversión	398,2	11,9	0,3	0,0	0,3	- 55,9
Utilidad neta		47,5	47,6	47,6	50,9	50,9
Depreciación		71,0	71,0	71,0	71,0	71,0
Flujo neto de fondos	- 398,2	106,6	118,3	118,6	121,5	177,8
Aportes	398,2					
Dividendos			44,5	44,5	44,5	47,6
Saldo anual		106,6	73,8	74,1	77,0	130,2
Saldo acumulado		106,6	180,4	254,5	331,5	461,7

VAN al 15% y año 0	19,8 MMUS\$ de 0
Tasa interna de retorno :	16,9%
Periodo de recupero :	4,78 años
Relación B/C al 15%	1,03
IVP AL 15%	0,05

Fuente : Propia

CAPÍTULO VIII

ESTUDIO TÉCNICO LEGAL

8.1 Generalidades

La viabilidad legal de un proyecto es la conclusión definitiva respecto a si éste puede desarrollarse y no existen trabas o impedimentos legales que afecten su existencia, rentabilidad económica o funcionamiento técnico.

8.1.1 Objetivos

La legislación y toda la normativa correspondiente será la base para analizar esta parte del proyecto, la cual permitirá ajustar algunos términos del plan de desarrollo si estos contradicen el sustento legal de la tesis.

El estudio legal, influye directamente sobre los desembolsos en los que debe incurrir la empresa como son :

- a) Gastos por constitución de la sociedad, como trámites municipales, notariales o del Servicio de Impuestos Internos (SII)
- b) Restricciones en materia de exportaciones e importaciones de materia prima y productos terminados.
- c) Restricciones legales sobre la ubicación, traduciéndose en mayor costo de transporte.

d) Disposiciones generales sobre seguridad, higiene y efectos sobre el medio ambiente, entre otras.

Además, el estudio legal da recomendaciones sobre la forma jurídica que adopte la empresa, ya sea como sociedad abierta, limitada, etcétera.

8.1.2 Importancia

El factor político y legal condiciona el comportamiento de todo el sistema, abarcando desde lo económico hasta lo social, afectando la confianza y expectativas de cada agente del mercado. Cualquier decisión respecto a la estrategia comercial del proyecto, se verá influida directamente por las decisiones gubernamentales y legales sobre una determinada política económica (de tipo de cambio, aranceles, importaciones, exportaciones, tasas de interés, impuestos, etcétera).

Ejemplo, las decisiones que toma el gobierno en materia de impuestos, tienen un impacto sobre el crecimiento económico y la distribución del ingreso. Por lo tanto, para la empresa es clave conocer a fondo el entorno legal y político donde a a actuar, ya que, las decisiones tomadas en este entorno tendrán un impacto importante en las operaciones de la empresa y en el comportamiento de los consumidores.

Las condiciones políticas comprenden la estabilidad general de los países en los que la organización opera y las actitudes específicas que los funcionarios en puestos gubernamentales muestran hacia los negocios. Por esto, que el riesgo país es un tema que está muy presente hoy. Países más riesgosos, como el nuestro, con gran

inestabilidad política y graves conflictos sociales, aumentan el grado de incertidumbre castigando en forma importante los procesos de inversión y la elaboración general de proyectos.

Entidades están involucradas en el aspecto legal del proyecto

FIGURA N° 8.1



Fuente : Ministerios del Perú

8.2 Estudio legal planta de butadieno

Para la ejecución de este proyecto se han tenido en cuenta diferentes tipos de leyes de carácter técnico, medioambiental y laboral. Las podemos diferenciar en las siguientes áreas relacionadas con el proceso de fabricación :

Legislación relativa a los factores internos al proceso tanto para el diseño del sistema global, como para su posterior utilización por los trabajadores en la industria petroquímica.

8.2.1 Normativa general

Subsector hidrocarburos

a) Ley N° 26221 ley Orgánica de Hidrocarburos

D.S. N° 042–2005–EM Texto Único Ordenado

D.S. N° 045–2008–EM Aprueban el Reglamento del Artículo 11° del Texto Único Ordenado de la ley Orgánica de Hidrocarburos

D.S. N° 015–2011–EM Establecen disposiciones para la aplicación del literal f) del artículo 6° del T.U.O. de la ley Orgánica

La presente ley Orgánica norma las actividades de Hidrocarburos en el territorio nacional además de que el Estado promueve el desarrollo de las actividades de Hidrocarburos sobre la base de la libre competencia y el libre acceso a la actividad económica con la finalidad de lograr el bienestar de la persona humana y el desarrollo nacional con la Planta de Butadieno

El Ministerio de Energía y Minas es el encargado de elaborar, aprobar, proponer y aplicar la política del Sector, así como velar por el cumplimiento de la presente ley y dictar las demás normas pertinentes bajo las cuales las la Planta de Butadieno se verá fiscalizada.

8.2.2 Promoción de la industria del gas natural

a) Ley N° 27133 ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural

Antecedentes

El 13 de abril de 2007 el Poder Ejecutivo presentó el proyecto de ley 1210 que propone modificar varios artículos de la ley N° 27133, ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural. Después de un año, el 23 de abril de 2008, la Comisión de Energía y Minas aprobó un dictamen en mayoría, con una fórmula sustitutoria, que introduce varios cambios de forma y de fondo al proyecto original. Posteriormente, tras su debate en la sesión del Pleno del 22 de mayo de 2008, el proyecto pasó a un cuarto intermedio a fin de que se precise el texto.

Modificación.- Ley N° 28552

D.S. N° 048–2009–EM.- Dictan normas reglamentarias de la ley N° 28552

La presente ley tiene por objeto establecer las condiciones específicas para la promoción del desarrollo de la industria del gas natural mediante la cual la Planta de Butadieno fomentara la competencia, propiciando la diversificación de las fuentes energéticas que incrementen la confiabilidad en el suministro de energía y la competitividad del aparato productivo del país.

La ley N° 27133, aprobada en el año 1999, estableció una serie de medidas dirigidas a promover e incentivar el desarrollo de la cultura del gas en el país. Su aplicación permitió que la explotación y comercialización del proyecto Camisea fuera una realidad.

La propuesta del Ejecutivo busca flexibilizar las condiciones de acceso y determinación de la garantía de la "red principal" 2, es decir, del mecanismo establecido para fijar los ingresos anuales que retribuyan adecuadamente a los inversionistas. Esta modificación incluye además a los ramales que se vayan construyendo desde dicha red. El proyecto también propone ajustes sobre la formulación de la regulación tarifaria.

Análisis

El dictamen aprobado por la Comisión de Energía del Congreso coincide en la necesidad de mejorar la ley para impulsar la inversión privada, especialmente en aquellos aspectos que promueven la descentralización de las plantas térmicas de gas natural; sin embargo, desestima cambios en cuanto a las garantías de inversión en los proyectos de "red principal", pues considera que si fuera necesaria la expansión de nuevos ductos regionales, resulta suficiente aplicar las disposiciones establecidas en la ley N° 27133

La Comisión de Energía también precisa que el Plan de Expansión de Gasoductos, elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, sirva de referencia para determinar – en función de los pronósticos de demanda interna y los niveles de reservas

probados de gas natural- el abastecimiento de gas en el mercado interno, y en consecuencia establezca el volumen máximo de gas que podría ser exportado.

Impacto

Con las modificaciones a la ley N° 27133 se busca la masificación del uso del gas. En tal sentido, se esperaría una mayor participación privada en la descentralización del sector eléctrico y en la construcción de ductos regionales de gas natural, además de alcanzar tarifas competitivas para el sector gasífero.

Sin embargo se observa una diferencia significativa entre la propuesta del Ejecutivo y el dictamen de la Comisión de Energía con respecto al alcance de las garantías a la inversión en los proyectos de "red principal", pues el primero plantea ampliar los beneficios de la ley N° 27133 a los ramales que vayan generándose desde la propia red principal; en cambio para la Comisión esto no sería necesario.

Nota .- El Ministerio de Energía y Minas (MEM) está elaborando un proyecto de ley para que el abastecimiento de gas natural priorice al mercado interno en situaciones de emergencia. Ello incluye la explotación de los yacimientos de gas, el desarrollo de la infraestructura de transporte de gas y condensados, la distribución de gas natural por red de ductos, y los usos industriales en el Perú.

Si bien la priorización del mercado interno está establecida en otras normas, no tiene suficientes detalles, por lo que esta nueva ley dejará todo "muy claro".

b) Ley N° 28176 ley de Promoción de la Inversión en Plantas de Procesamiento de Gas Natural

D.S. N° 031–2004–EM.- Aprueban Reglamento de la ley de Promoción de la Inversión en Plantas de Procesamiento de Gas Natural

“Mediante contrato – ley, el Estado podrá otorgar a las plantas de procesamiento de gas natural, los beneficios que la presente ley y sus normas reglamentarias conceden”

Es bajo esta premisa la futura Planta de Butadieno se ampara en el Estado esperando establecer las condiciones que permitan el desarrollo de la industria del gas natural, así como los beneficios de la presente ley desarrollando inversión segura en la Planta de Butadieno que comprende el concepto de Planta de Procesamiento de Gas Natural.

c) Decreto Supremo N° 040–99–EM.- Reglamento de la ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural

Modificaciones :

- Decreto Supremo N° 048–2008–EM
- Decreto Supremo N° 051–2007–EM
- Decreto Supremo N° 079–2009–EM
- Decreto Supremo N° 004–2009–EM

Partiendo de la ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural, esta ley ha establecido un mecanismo para garantizar los ingresos anuales que retribuyan el costo del servicio de los inversionistas de la Planta de Butadieno, así como los mecanismos para determinar los ingresos anuales por concepto de dicha garantía; es por ello que la Planta de Butadieno que estará sujeta a las normas que se aplican a la ley antes mencionada.

8.2.3 Normativa sobre exploración, explotación y procesamiento

- a) **Decreto Supremo N° 051–93–EM.-** Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos

Se hace necesario acatar las normas que garanticen un procedimiento adecuado eficaz, y oportuno que permita que las actividades de procesamiento de butano en la Planta de Butadieno se lleven a cabo dentro de un marco que brinde un buen servicio y sobre todo seguridad al trabajador y el usuario.

8.2.4 Normativa sobre el transporte por red de productos

- a) **Decreto Supremo N° 081–2007–EM.-** Reglamento de Transporte de Hidrocarburos por Ductos

Modificación.- Decreto Supremo N° 067–2010–EM

De acuerdo al proyecto de Reglamento de Transporte de Hidrocarburos por Ductos se han incluido disposiciones referidas a la instalación de un sistema de ductos que transporten butano como materia prima a la Planta de Butadieno :

- 1) Al sistema de integridad de ductos
 - 2) Precisiones en torno a los requisitos para otorgar concesiones de transporte de hidrocarburos por ductos y autorización para operar ductos principal y ductos de uso propio
 - 3) Procedimiento para la negociación e imposición de servidumbres tomando en cuenta la protección de los derechos de los propietarios de los predios afectados
 - 4) Se ha complementado el anexo del reglamento referido a las normas de seguridad para el transporte de hidrocarburos por ductos.
- b) **Resolución de consejo directivo N° 678–2008–OS/CD** Procedimiento para la presentación de información sobre servidumbres para la construcción y operación de Ductos de Transporte de Hidrocarburos

De conformidad con lo establecido en el artículo 70 del Reglamento de Transportes de Hidrocarburos por Ductos aprobado por el Decreto Supremo N° 081–2007–EM y el artículo 6 del Reglamento de las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 032–2004–EM; en el marco de la Función Supervisora, OSINERGMIN se encuentra facultado a verificar, entre otros, que las personas naturales y jurídicas que realizan actividades de transporte de hidrocarburos por ductos hacia la Planta de Butadieno, cumplan con las

disposiciones legales establecidas para dichas actividades, entre ellas, lo referido a la suscripción de acuerdos de servidumbre para la ocupación de predios de propiedad privada.

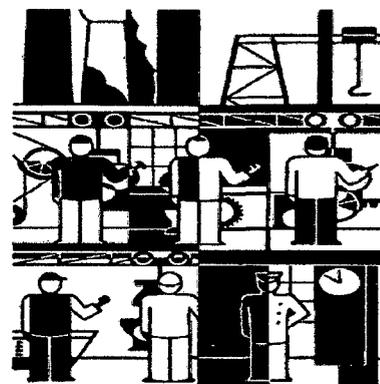
c) Resolución de consejo directivo N° 190–2009–OS/CD Procedimiento para la Presentación de Información sobre la Localización de Área en Ductos de Transporte de Gas Natural

Que, en virtud de lo antes señalado resulta necesario contar con las norma que permitan establecer el procedimiento, requisitos y los criterios básicos que se emplearán para verificar que la clasificación de la localización de área considerada al momento de la aprobación del manual de diseño de los ductos para el transporte de butano materia prima para la Planta de Butadieno se mantenga inalterable en el tiempo, a fin de asegurar la integridad de los ductos.

8.2.5 Normativa sobre seguridad

Antecedentes de la ley 29783 de salud y seguridad en el trabajo

En el Perú el tema de la salud ocupacional nunca ha sido prioritario. Más aun en el contexto de flexibilización laboral en el que nos vimos inmersos a partir de los años 90's. Es a partir del retorno lento a la democracia, que el 28 de Abril del 2001, y por iniciativa del gobierno de transición que presidía



el Dr. Valentín Paniagua, se oficializó en el Perú "El día Internacional de la Seguridad y Salud en el Trabajo".

Adoptando a partir de entonces, nuestro país una política de Estado referente al problema. Ello, se tradujo posteriormente en el primer producto –consensuado– normativo : el REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. El cual data del 2005. A la fecha esta normativa ha quedado desfasada, más aún por cuanto nunca contamos con un diagnóstico oficial que presente en cifras y sectores la problemática en materia de seguridad y salud en el trabajo, para poder abordarla de forma conjunta y sistemática.

Las actuales cifras en materia de salud ocupacional, como la proliferación de enfermedades profesionales son realmente alarmantes. Según estadísticas del Sistema de Accidentes de Trabajo de ESSALUD, en el 2009 se registraron en los establecimientos de ESSALUD 19,148 accidentes de trabajo, contra 17,677 accidentes registrados en el 2008. Siendo la cifra bastante mayor en el 2010. Asimismo, se señala que de los 19,148 accidentes de trabajo registrados en el 2009, el 73% de los trabajadores no se encontraba afiliado al Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo (SCTR). Lo cual evidencia la poca capacidad de fiscalización de la Autoridad Administrativa de Trabajo.

Esta demás resaltar que producto de estos accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales el 11% del PBI se diluye en pagos de indemnizaciones y atenciones médicas, porcentaje considerable y que el Estado no se encuentra ponderando de forma adecuada. Normativamente, coexisten normas reglamentarias con una

antigüedad de más de 50 años atrás con sistemas indemnizatorios muy limitados (como el Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo) y algunos listados cerrados de enfermedades ocupacionales. Las normas están orientadas a ser resarcitorias y no preventivas.

No existe un organismo nacional que se especialice en el tema. Esto es necesario porque permite desarrollar los estándares mínimos para los distintos sectores de trabajo. Asimismo, no existen mecanismos de diálogo social en prevención de riesgos laborales, y el tema tampoco se encuentra en la agenda en los espacios preexistentes. Las normas actuales están limitadas para algunos sectores, dejando de lado de forma arbitraria trabajadores del sector público, mypes, CAS y trabajadores por cuenta propia.

La anterior norma tenía rango de decreto supremo, lo cual creaba confusión en algunos sectores que pretenden desconocerla y sus índices de cumplimiento son menores. Presenta vacíos con respecto a algunos temas de vital importancia para los trabajadores, tales como la protección legal de los miembros del Comité de salud y Seguridad, la elección del mismo y la propia dinámica del funcionamiento del mismo. Después de varios años de entrada en vigencia de la norma DS N° 009–2005–TR y modificatorias, vemos a través de las inspecciones y de las denuncias de los propios trabajadores, que hay un gran porcentaje de empresas que aún no aplica normas de salud y Seguridad y que incluso de forma posterior a la Inspección, prefieren pagar una multa que ponerse a derecho.

A través de la Autoridad Administrativa e Inspecciones hay intentos de mejorar la capacidad de fiscalización en materia de salud y Seguridad, sin embargo no existe la especialización, ni el número adecuado de inspectores, menos aún a nivel nacional. Ello al margen de la incapacidad por parte del MTPE de hacer cumplir las normas, a través de multas. El Perú era el único país en la Región Andina que carecía de un marco de protección normativo con carácter de ley, en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo.

La actual ley promueve una cultura de prevención de riesgos laborales en el país. Para ello cuenta con el deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de las y los trabajadores y sus organizaciones sindicales; quienes a través del diálogo social velarán por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia. La ley será aplicable a todos los sectores económicos y de servicios, comprendiendo a todos los empleadores y las y los trabajadores, bajo el régimen laboral de la actividad privada en todo el territorio nacional; trabajadores, trabajadoras y funcionarios y funcionarias del sector público; trabajadores y trabajadoras de las fuerzas armadas y la policía nacional; y, trabajadoras y trabajadores por cuenta propia.

Mediante esta ley, se establecen las normas mínimas para la prevención de los riesgos laborales, pudiendo los empleadores y las y trabajadores, establecer libremente niveles de protección que mejoren lo previsto en la presente norma. La ley propone que, el Estado, en consulta con las organizaciones más representativas de empleadores y de trabajadores, asuma la obligación de formular, poner en práctica y reexaminar periódicamente, una Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, que tenga

por objeto prevenir los accidentes y los daños para la salud que sean consecuencia del trabajo, guarden relación con la actividad laboral o sobrevengan durante el trabajo, reduciendo al mínimo, en la medida en que sea razonable y factible, las causas de los riesgos inherentes al medio ambiente de trabajo. Señala que la formulación de esta Política, deberá precisar las funciones y responsabilidades respectivas en materia de seguridad y salud de los trabajadores, de las autoridades públicas, los empleadores, las y los trabajadores y otros organismos intervinientes, teniendo en cuenta el carácter complementario de tales responsabilidades.

La ley crea el Sistema Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con participación de las organizaciones de empleadores y trabajadores, a fin de garantizar la protección de todos las y los trabajadores en el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo. Establece que la misma estará conformada por las siguientes instancias :

- a) El Consejo Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo
- b) Los Consejos Regionales de Seguridad y Salud en el Trabajo.

La ley señala la naturaleza, la composición y las funciones del Consejo Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, y de los Consejos Regionales de Seguridad y Salud en el Trabajo, así como la responsabilidad de la secretaria técnica para cada caso. La ley establece además los principios del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, señalando que las empresas y entidades deberán adoptar un enfoque de sistema de gestión en el área de seguridad y salud en el trabajo, de conformidad con los Instrumentos y directrices Internacionales y la legislación vigente.

Establece además la política del sistema de gestión, la organización, la planificación y aplicación del sistema, la evaluación, y la acción para la mejora continua del sistema de gestión. La ley precisa además los deberes y derechos de los empleadores y trabajadores, dando especial énfasis a la comunicación con los Inspectores de Trabajo, a la protección contra los actos de hostilidad, a la participación en los programas de capacitación, a la participación de los trabajadores en la identificación de riesgos y peligros, a la adecuación del trabajador al puesto de trabajo, y a la protección de los trabajadores de las contratistas y subcontratistas, entre otros.

La ley establece las políticas en el plano nacional para la información de los accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales, las políticas en el plano de las empresas, entidades y centros médicos asistenciales, la recopilación y publicación de las estadísticas, y las condiciones para la investigación de accidentes de trabajo, enfermedades ocupacionales e incidentes. La ley precisa a la vez las condiciones para la prescripción de la acción y para la inspección de trabajo en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Especialmente, regula las funciones de la inspección de trabajo, las facultades de los inspectores de trabajo, la participación de peritos y técnicos en actuaciones inspectivas, la obligatoriedad de la remisión de información al Consejo Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, la intervención del Ministerio Público, el origen de las actuaciones inspectivas, el Requerimiento en caso de infracción, la paralización o prohibición de trabajos por riesgo grave e inminente, y la responsabilidad por incumplimiento a la obligación de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

Finalmente, la ley modifica el artículo 34° de la ley N° 28806, ley General de Inspección de Trabajo, relativos a las infracciones en materia de seguridad y salud en el trabajo, ampliándola al sector industria, construcción, y energía y minas, y reforzando el rol del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, para velar por el cumplimiento de las obligaciones de carácter general en materia de seguridad y salud en el trabajo aplicables a todos los centros de trabajo, así como las infracciones de seguridad y salud en el trabajo para la industria, la construcción, y energía y minas.

Asimismo, deroga el numeral 3 del artículo 168° del Código Penal, y en su reemplazo, incorpora el nuevo artículo 168°- A del Código Penal, a fin de sancionar al que infringe las normas de seguridad y salud en el trabajo y que estando legalmente obligado, no adopte las medidas preventivas necesarias para que las y los trabajadores desempeñen su actividad, poniendo en riesgo su vida, salud o integridad física, con una pena privativa de libertad no menor de dos años, ni mayor de cinco, y de endurecer la sanción, si como consecuencia de una inobservancia de las normas de seguridad y salud en el trabajo, ocurre un accidente de trabajo con consecuencias de muerte o lesiones graves, para las y los trabajadores o terceros, con una pena privativa de libertad no menor de cinco años ni mayor de diez.

La ley no sólo está orientada a crear espacios de política y gestión tripartitos de la Seguridad y la Salud, sino también a reconocer el rol FUNDAMENTAL de los representantes de los trabajadores en el resguardo de la salud. Para ello incorpora artículos relacionados a la participación y responsabilidad sindical en este tema.

a) **Ley N° 29783** ley de Seguridad y Salud en el Trabajo

La ley de Seguridad y Salud en el Trabajo tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en la Planta de Butadieno. Para ello, contamos con el deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales, quienes, a través del diálogo social, velan por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia.

La presente ley establece las normas mínimas para la prevención de los riesgos laborales, pudiendo los empleadores y los trabajadores establecer libremente niveles de protección que mejoren lo previsto en la presente norma.

El Estado, en consulta con las organizaciones más representativas de empleadores y de trabajadores, tiene la obligación de formular, poner en práctica y reexaminar periódicamente una Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo que tenga por objeto prevenir los accidentes y los daños para la salud que sean consecuencia del trabajo, guarden relación con la actividad laboral o sobrevengan durante el trabajo, reduciendo al mínimo, en la medida en que sea razonable y factible, las causas de los riesgos inherentes al medio ambiente de trabajo.

La Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo debe tener en cuenta las grandes esferas de acción siguientes, en la medida en que afecten la seguridad y la salud de los trabajadores :

- 1) Medidas para combatir los riesgos profesionales en el origen, diseño, ensayo, elección, reemplazo, instalación, disposición, utilización y mantenimiento de los componentes materiales del trabajo (como los lugares de trabajo, medio ambiente de trabajo, herramientas, maquinaria y equipo, sustancias y agentes químicos, biológicos y físicos, operaciones y procesos).
- 2) Medidas para controlar y evaluar los riesgos y peligros de trabajo en las relaciones existentes entre los componentes materiales del trabajo y las personas que lo ejecutan o supervisan, y en la adaptación de la maquinaria, del equipo, del tiempo de trabajo, de la organización del trabajo y de las operaciones y procesos a las capacidades físicas y mentales de los trabajadores.
- 3) Medidas para la formación, incluida la formación complementaria necesaria, calificaciones y motivación de las personas que intervienen para que se alcancen niveles adecuados de seguridad e higiene.
- 4) Medidas de comunicación y cooperación a niveles de grupo de trabajo y de empresa y en todos los niveles apropiados, hasta el nivel nacional inclusive.
- 5) Medidas para garantizar la compensación o reparación de los daños sufridos por el trabajador en casos de accidentes de trabajo o enfermedades ocupacionales, y establecer los procedimientos para la rehabilitación integral, readaptación, reinserción y reubicación laboral por discapacidad temporal o permanente.

b) Decreto supremo N° 043–2007–EM Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos

El Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos con el objeto de preservar la integridad y la salud del personal; proteger a terceras personas de eventuales riesgos; así como mantener las instalaciones, equipos y otros bienes relacionados con el manipuleo de butano en la Planta de Butadieno, que garanticen la normalidad y continuidad de las operaciones de planta de butadieno que se deseamos hacer realidad.

c) Decreto supremo N° 052–93–EM Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos

Usamos este decreto pues es necesario seguir las normas que garanticen un procedimiento adecuado, eficaz y oportuno que permita que las actividades de almacenamiento de hidrocarburos en la Planta de Butadieno con el almacenamiento de butano materia prima se realice lleve a cabo dentro de un marco de seguridad para el trabajador y se brinde un buen servicio al usuario.

d) Decreto supremo N° 026–94–EM Reglamento de Seguridad para el Transporte de Hidrocarburos

Con el propósito de abastecernos de butano proveniente de la planta de fraccionamiento de Pisco cumpliendo las normas y condiciones que permitan el

desarrollo seguro y eficiente de la Industria Petroquímica con el butadieno en nuestro país.

- e) **Resolución de consejo directivo N° 172–2009–OS/CD** Procedimiento para el Reporte y Estadísticas en materia de Emergencias y Enfermedades Profesionales en las Actividades del Subsector Hidrocarburos

Que, conforme a lo establecido en la ley Orgánica de Hidrocarburos, ley N° 26221; la ley de Creación de OSINERGMIN, ley N° 26734 y sus modificatorias, y el Reglamento General de OSINERGMIN aprobado por Decreto Supremo N° 054–2001–PCM, la Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos y la Gerencia de Fiscalización de Gas Natural de OSINERGMIN supervisan y fiscalizan los aspectos técnicos, de seguridad y legales referidos a la conservación y protección del medio ambiente, de las personas que desarrollan actividades relacionadas al subsector hidrocarburos y que se encuentran debidamente autorizadas a operar; la Planta de Butadieno estará sujeta a la normativa cumpliendo con la emisión de este tipo de reportes.

8.2.6 Normativa para la industria petroquímica

- a) **Ley N° 29163** ley de promoción para el desarrollo de la Industria Petroquímica

La presente ley contiene las normas para el desarrollo de las actividades de la Industria Petroquímica, a partir de los componentes del Gas Natural y Condensados y de otros hidrocarburos, propiciando el desarrollo descentralizado.

Es en este contexto que sustentamos la producción de butadieno a partir del butano, el cual marca un hito muy importante en el desarrollo petroquímico sostenido en el Perú.

Desarrollando la Industria Petroquímica de manera bajo criterios de responsabilidad socio-ambiental y de competitividad, enfatizando el uso de avanzada tecnología y economías de escala, competitivas internacionalmente. Todo ello en el marco de un desarrollo integral y equilibrado del país y mediante el apoyo a la iniciativa privada para el desarrollo y puesta en marcha de la infraestructura técnica, administrativa, operacional y de recursos humanos, a través de la integración del Complejo Petroquímico en Pisco y de la construcción de gasoductos los cuales abastecerán a la Planta de Butadieno de la materia prima necesaria.

- b) Resolución ministerial N° 312-2009-MEM-DM** Declarar como Zona Geográfica Determinada para la instalación de un Complejo Petroquímico de Desarrollo Descentralizado a la Zona Industrial denominada I-4 ubicada en el Distrito de Paracas, Provincia de Pisco, Departamento de Ica

Son funciones del Ministerio de Energía y Minas y del Ministerio de la Producción, entre otras, promover la creación de Complejos Petroquímicos de desarrollo descentralizado que permitan el adecuado desenvolvimiento y desarrollo de proyectos para la industria Petroquímica; en el cual se ampara el proyecto de la Planta de Butadieno que se involucra en un solo Complejo Petroquímico en Pisco con Petroquímica Básica, Petroquímica Intermedia y Petroquímica.

De acuerdo a lo establecido en el artículo 8 de la Ley N° 29163, ley de promoción para el desarrollo de la Industria Petroquímica, los incentivos y beneficios aplicables a la Industria Petroquímica Básica e Intermedia son aplicables al Complejo Petroquímico Descentralizado el cual integra la Planta de Butadieno.

- c) **Ordenanza regional N° 001–2010–GORE–ICA** Declaran de interés regional y de necesidad pública el fomento, la promoción y el desarrollo de la industria petroquímica

Que, el inciso 1) del art. 192° de la Carta Magna, establece que los Gobiernos Regionales promueven el desarrollo y la economía regional, fomentan las inversiones, actividades y servicios públicos de su responsabilidad, en armonía con las políticas y planes nacionales y locales de desarrollo; siendo competentes para aprobar su organización interna y su presupuesto; en el cual se ampara la construcción de la Planta de Butadieno con el apoyo del Gobierno Regional de Ica en vías del desarrollo sostenible de Ica y de la Industria Petroquímica.

Además de que los artículos 2°, 4°, 5° y 6° de la ley N° 27867, ley Orgánica de Gobiernos Regionales, establecen que los Gobiernos Regionales emanan de la voluntad popular, son personas jurídicas de derecho público, con autonomía política económica y administrativa, teniendo como finalidad esencial fomentar el desarrollo integral y sostenible de la región, promoviendo la inversión pública y privada y el empleo y garantizar el ejercicio pleno de los derechos y la igualdad de oportunidades de sus habitantes, aplicando coherente y eficazmente las políticas o instrumentos de desarrollo social, poblacional, cultural y ambiental, de acuerdo a

su competencia; es pues en este contexto que la Planta de Butadieno se ve amparada y necesaria en la Región Ica.

CAPÍTULO IX

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL

9.1 Introducción

El objetivo de esta tesis es construir y operar una Planta de Butadieno y un puerto en la costa en la ciudad de Pisco. Desde este puerto se puede desarrollar exportación del producto hacia mercados del exterior así como la importación de materia prima.

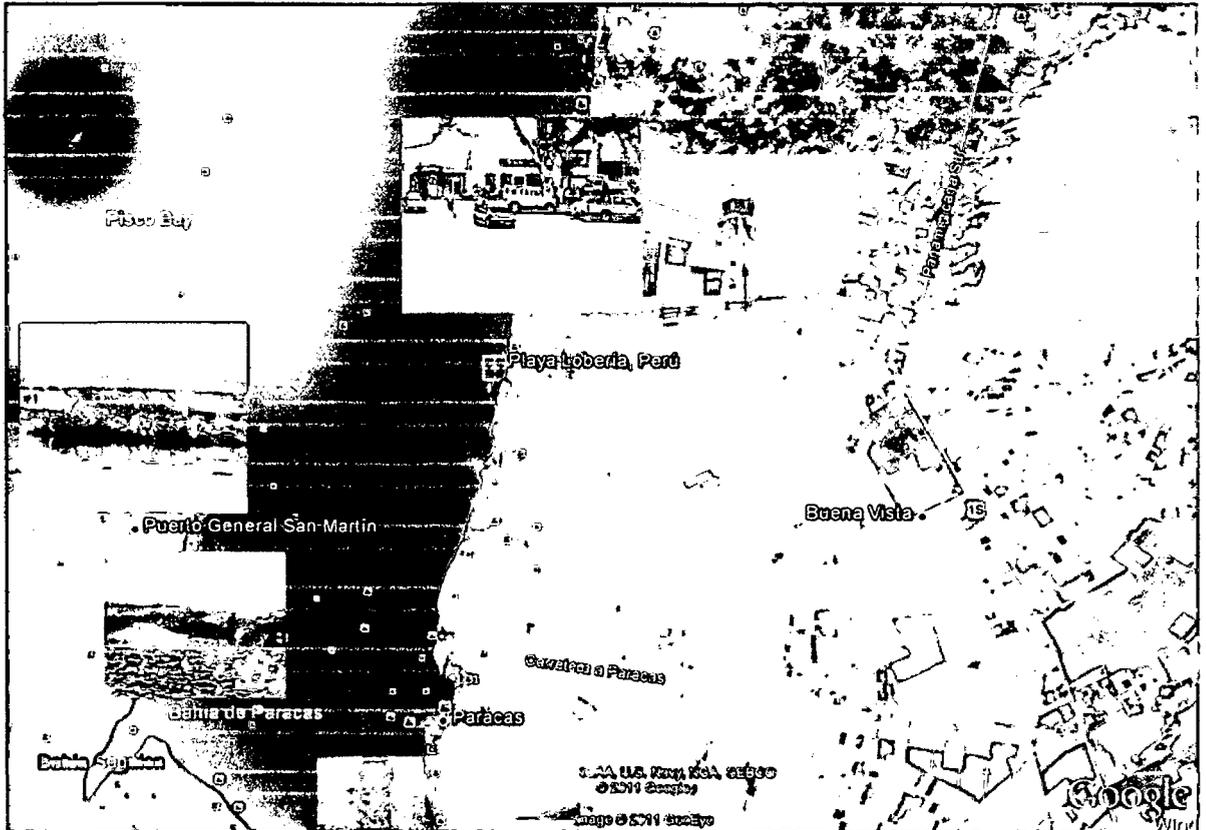
En la planta se generan una serie de residuos que se tratarán para evitar en la medida de lo posible las repercusiones medioambientales, minimizando las emisiones contaminantes.

Objetivos

- a) Identificar y evaluar los componentes físicos, biológicos y socioeconómicos del área de influencia del proyecto.
- b) Establecer las medidas de prevención, corrección y/o mitigación más convenientes para las labores previstas en el proyecto.
- c) Cumplir con los requerimientos del Estado Peruano en materia ambiental, particularmente con el Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades de Hidrocarburos (Decreto Supremo 046–93–EM), la Guía Ambiental del Ministerio de Energía y Minas para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental y la Guía de Relaciones Comunitarias.

- d) Conseguir la aprobación de los planes ambientales, sociales y culturales de la cantera por parte de las autoridades competentes, a través de la aprobación y obtención de los permisos requeridos por parte del Ministerio de Energía y Minas (MEM)

FIGURA N° 9*.1



Fuente : Google Maps

9.2 Descripción del medio ambiente

Medios físico y biológico

En las páginas siguientes de este capítulo se han incluido los datos correspondientes a Línea de Base de los Medios Físico y Biológico, divididos por área de estudio, a saber :

- a) Clima
- b) Geología y Geomorfología
- c) Suelos
- d) Vegetación y Fauna terrestre
- e) Vegetación y Fauna marina

9.2.1 Determinación de las áreas de estudio y áreas de influencia

El Área de Estudio seleccionada se encuentra ubicada cerca de la Playa Lobería, en el Departamento de Ica, Provincia de Pisco, Distrito de Paracas. El principal acceso a la zona es la Carretera Panamericana Sur hasta el desvío de la Carretera Pisco – Paracas (Km 14 + 500) La distancia hasta la ciudad de Lima es de 250 km aproximadamente. El Área de Estudio se ubica entre los kilómetros 14 y 15 de la carretera Pisco – San Andrés – Paracas.

Para realizar un análisis a escala regional de la zona en cuestión, se ha considerado como Área de Influencia aquella zona localizada entre la ciudad de Pisco, hacia el Norte, la Bahía de Paracas, hacia el Sur, el Océano Pacífico, hacia el Oeste, y la carretera Panamericana, hacia el Este.

Climatología

El clima corresponde a la faja costanera peruana es desértico, templado y húmedo con lloviznas entre Abril y Diciembre, con sol intenso entre enero y marzo. La temperatura

anual promedio es de 18°C a 19°C. La precipitación promedio es casi nula en toda la franja costera central.

Para la evaluación de la climatología de la zona de estudio anteriormente determinada, se han considerado las estaciones meteorológicas más cercanas, que a continuación se exponen :

- a) Estación Meteorológica de Pisco (Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN).
- b) Estación Meteorológica del Aeropuerto de Pisco (Corporación Peruana de Aeropuertos)
- c) Estación Meteorológica de Lanchas (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI)

La zona costera de Pisco presenta un clima suave. La temperatura y la sensación térmica en la Costa Peruana están reguladas por el anticiclón del Pacífico Sur, la Cordillera de los Andes y la corriente de Humbolt. Esta última es el principal termorregulador del área.

En verano, la estación Pisco alcanza, en promedio, un máximo de temperatura de 26,9°C y un mínimo de 20°C, en tanto que la estación Lanchas alcanza un máximo de 31,9°C y un mínimo de 15,8°C. En el invierno, la estación Pisco presenta una temperatura máxima promedio de 20,8°C y mínima de 14,6°C; mientras que la estación Lanchas alcanza una temperatura máxima de 23,8°C y una mínima de 12,7°C.

TABLA N° 9.1

TEMPERATURA PROMEDIO DEL AIRE (°C) MULTIANUAL

Estación Pisco*												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Máximo	26,4	26,9	26,1	25,6	24,3	22,7	20,8	20,5	20,8	20,1	21,7	24,4
Mínimo	20,0	20,6	20,9	18,9	16,6	15,2	14,6	14,8	15,2	15,8	16,8	19,0
Promedio	22,1	22,9	22,8	20,9	18,9	17,3	16,5	16,3	16,7	17,5	18,7	20,5
Estación Lanchas**												
Máximo	30,0	31,9	31,1	29,6	26,1	23,5	22,5	22,5	23,8	24,9	25,7	28,3
Mínimo	15,9	15,8	17,0	16,3	14,6	13,1	12,9	12,7	13,3	13,2	14,3	16,1
Promedio	23,0	23,8	24,1	23,0	20,4	18,3	17,7	17,6	18,5	19,0	20,0	22,2

Notas : (*) Fuente : DHN, 1980 – 2001/CORPAC S.A. 1948 – 2000

(**) Fuente : SENAHMI – Dirección general de estadística e informática – 2002

La humedad relativa en la estación Pisco es casi constante durante todo el año, aproximadamente 83%; mientras la estación Lanchas presenta una humedad relativa con variaciones en un rango entre 63,8% y 84,2%

La zona de Pisco es una de las zonas más áridas de la costa peruana, donde los meses de posible ocurrencia de precipitaciones son los meses de invierno con lloviznas ligeras o trazas en la precipitación. El promedio de la precipitación total para Pisco registra de 0,09 mm/m² en los meses de verano (Enero) a 0,60 mm/m² en Agosto.

Geología y geomorfología

Geología regional

Las rocas más antiguas son del Precámbrico y constituyen el complejo basal de la costa, que aflora exclusivamente en el litoral o cerca de él. El Complejo Basal de la Costa está mayormente compuesto por rocas metamórficas que están intruidas por una variedad de granitos y pórfidos graníticos de color rojo de edad paleozoica.

Geomorfología

En la zona estudiada existen 3 (tres) unidades geomorfológicas :

Cordillera de la costa

Esta unidad se encuentra al extremo Sur, hacia la Bahía de Paracas y está conformada por colinas y riscos. Estas geoformas tienen entre 50 y 100 m de altura, pudiendo llegar hasta los 200 m en la dirección Este. Por lo general, los terrenos son de suave elevación y están poco expuestos en el área del estudio.

Penillanura costanera

Regionalmente esta unidad geomorfológica es una faja de aproximadamente 60 Km de ancho que está situada entre las unidades geomorfológicas de la Cordillera de la Costa y las estribaciones andinas. Localmente está conformada por zonas casi llanas a

manera de Pampas, con pendientes menores a 2% y cubiertas por arenas de origen eólico.

Valles

Esta unidad se encuentra al norte de la zona de estudio. Como la mayoría de valles costeros, el valle de Pisco tiene una dirección Este – Oeste y abarca el cono de deyección del río Pisco, en un ancho que varía de 2 á 10 Km.

Geología estructural

El área estudiada ha tenido una intensa actividad tectónica desde el Precambriano hasta el Cuaternario. Se evidencian dos tipos de de formaciones principales: las fallas y las zonas plegadas.

Fallas

Las fallas son estructuras de mayor importancia y están expuestas hacia lo este de la península de Paracas. Aquí, en similares niveles topográficos, afloran rocas intrusivas paleozoicas, volcánicas jurásicas y sedimentitas terciarias con fallamiento en bloques.

Zonas plegadas

El área estudiada es mayormente llana. No obstante, regionalmente existe una deformación compresional, la cual no es perceptible en la superficie actual debido a la

cobertura de depósitos recientes. Además, es importante el comportamiento de la Formación Pisco, ya que ésta constituye el sello del acuífero existente.

Suelos

Fase de suelos aluviales con influencia marina

Constituye un área aproximada de 90 hectáreas (40%) los cuales se distinguen superficialmente por presentar pedregosidad, desde los estratos superficiales del perfil. La pedregosidad principalmente está constituida por cantos rodados heteromorfométricos de origen aluvial y de contenidos diferentes. Están ubicados cerca de la línea de playa y muestran mayor influencia marina. La clase textural de los suelos corresponde a arenas que por granulometría se les puede calificar de gruesas a finas, ello permite afirmar que el drenaje de los suelos es excesivo. Se observan capas endurecidas a diferentes profundidades por los ciclos de deposición y precipitación de sales, resultado de la salinización cíclica generada por la brisa marina.

Fase de suelos aluviales con influencia eólica

Constituye un área aproximada de 135 hectáreas (60%) los cuales se distinguen superficialmente por un manto arenoso con un espesor variable de acuerdo a su ubicación pudiendo ser de 15 hasta 75 cm. Las partículas de arena acumuladas tienen un mayor espesor en las zonas cóncavas de la superficie ligeramente ondulada. Presentan costras endurecidas, a diferentes profundidades por los ciclos de deposición

y precipitación de sales, resultado de la salinización cíclica generada por la brisa marina.

Uso actual de la tierra

El estudio de Uso Actual de la Tierra, permite determinar las diferentes formas de utilización de la tierra, la cual al ser integrada con la información de otras disciplinas (suelos, geomorfología, hidrología, y otros) proporcionará elementos de juicio necesarios para la formulación de planes y medidas tendientes a impedir o atenuar los probables impactos ambientales del proyecto.

El área de estudio implica dos ámbitos un área desértica en su mayor parte y otra propia del valle irrigado donde coexisten cultivos anuales y cultivos permanentes. La actividad pecuaria, está referida al pastoreo de caprinos en épocas de Lomas en algunas áreas, previo permiso por la autoridad competente, cuando los pastores bajan desde las comunidades asentadas de la parte alta del flanco occidental de la cordillera. Así mismo, se encuentran establos de ganado vacuno principalmente en el valle de Pisco. La actividad avícola se presenta con numerosas granjas, donde existe infraestructura construida. Destaca en el área de influencia diversos sitios arqueológicos los que han sido descritos en varios estudios relacionados al tema.

Áreas de humedales, se presentan en las zonas de presionadas del valle, especialmente aquellas que se encuentran en la proximidad del acuífero o encauces antiguos del río. Áreas urbanas y rurales con infraestructura diversa se encuentran

dentro del área de estudio, destacando algunos balnearios en la zona de playa como Chaco, Media Luna, Santa Elena, Lobería, La Palmilla.

Definición de las categorías del paisaje

Desierto

Se consideró como desierto las zonas sin ninguna evidencia de vegetación o con presencia exclusiva de granadal ralo. Debido a que la evaluación fue hecha desde caminos, los bordes sí presentaron en algunos casos otros tipos de vegetación de porte incluso arbóreo.

Mar

El mar como espacio paisajístico es sumamente importante. De esta zona depende parte importante de población de Pisco. Así mismo, los ecosistemas marino y costero se encuentran interconectados con vías de entrada y salida de recursos. La zona considerada en las evaluaciones corresponde principalmente al espacio interna y a su interface asociada, es decir la playa.

Monte ribereño

Tanto al norte como al sur del río Pisco se encuentra aún zonas con presencia de esta formación. Sin embargo, por las características de esta evaluación no se pudo hacer un reconocimiento total de la extensión de esta formación vegetal.

Oasis

Esta es una formación peculiar localizada en el extremo sur de la zona de evaluación. Es una formación peculiar dentro del semidesierto, asociada a la presencia de dos ojos de agua. En esta pequeña zona hay una dominancia completa de la especie "ciruelo español", especie de porte arbóreo que llega a alcanzar los 5m de alto en el lugar. Actualmente se extrae hojarasca y frutos, estos últimos para el alimentar al ganado.

Zona de cultivo

Se encontraron en varias partes del área de estudio, pero principalmente en el sector norte. Aparentemente se trata de un área en expansión, con un degradé de disponibilidad de agua, lo que se reflejaba en la presencia de zonas de cultivos con riego tecnificado o por goteo y en zonas con riego por canales convencionales (estas últimas principalmente en el sector norte, en los alrededores del río). Para hacer el estudio de paisaje no se distinguió entre los distintos tipos de cultivo. Las áreas en barbecho y de campos abandonados se mantuvieron en esta categoría por ser producto directo de la actividad del hombre. El principal cultivo de la zona para esta campaña fue el algodón. Otros cultivos que se estaban desarrollando en la zona son de alfalfa, maíz, alcachofa y olivo.

Zona industrial

En el área de evaluación se han registrado hasta tres tipos de zonas industriales. La primera es la asociada al sector pesquero, instalada entre el mar y la carretera que

comunica la ciudad de Pisco y la Reserva Nacional de Paracas. Los residuos de la extracción de conchas de abanico y otros mariscos se han depositado históricamente al otro lado de la carretera por lo que esta área se ha considerado igualmente como parte de la zona industrial. La segunda zona industrial está aparentemente más vinculada al sector agrícola, y se encuentra en la salida de la ciudad de Pisco hacia la Carretera Panamericana. La última zona industrial es de carácter minero y se ubica al este del punto propuesto para el proyecto, encontrándose la fundición de Aceros Arequipa y una fundición de estaño.

Estas dos últimas tienen cercos de eucaliptos que moderan su impacto paisajístico, aunque las emisiones de la chimenea de Aceros Arequipa son distinguibles a varios kilómetros a simple vista y el fogón es abierto y claramente distinguible. El impacto visual de la fundición de estaño es menor, pero su impacto ambiental es potencialmente mayor.

Zona urbana

La principal zona urbana en la región es la Ciudad de Pisco, hacia el norte, conurbada ya con San Andrés. Igualmente importante es la presencia al noreste de los centros poblados de Túpac Amaru y aledaños, y San Clemente, este último al norte del Río Pisco. Hacia el Sur hay algunas zonas con carácter urbano: un centro poblado reciente en el cruce de la Carretera Panamericana y la ruta de acceso a Paracas y las zonas urbanas de El Chaco, Paracas y Santa Elena.

Biología marina

Importancia pesquera

La actividad pesquera es reconocida como un quehacer permanente de carácter discontinuo en razón de la naturaleza aleatoria de los recursos hidrobiológicos, sin embargo esta actividad productiva cobra especial importancia en departamentos como Ica, dada la gran disponibilidad de éstos durante la “temporada de pesca”. El departamento de Ica cuenta con 8 lugares de desembarque reconocidos, de norte a sur tenemos: Tambo de Mora, Pisco, San Andrés, La Puntilla, El Chaco, El Chaco-Lagunillas, Lagunillas y Laguna Grande. Los principales lugares de desembarque son Pisco y Tambo de Mora, alcanzando el cuarto y décimo segundo lugar a nivel nacional en 1999, con capturas de 709 557 TM y 264 783 TM, respectivamente.

Es importante indicar que en el litoral del departamento de Ica existen bancos naturales de diferentes especies hidrobiológicas que hacen que este litoral sea una de las mejores zonas de pesca a nivel nacional.

La pesca desarrollada en la Región Ica determina una flota pesquera operativa de 900 embarcaciones de las cuales 770 son artesanales y 130 industriales. La permanencia de las embarcaciones depende del tipo de pesca disponible (pesqueras y/o extractoras), presentándose regularmente la migración del 8% al 15% de las embarcaciones en busca de recursos hidrobiológicos. Las embarcaciones artesanales mayormente presentan capacidades de 2 á 4 toneladas y utilizan como aparejos de pesca las redes cortineras, también, es posible observar embarcaciones de 10 á 20

toneladas denominadas popularmente “bolichitos de bolsillo”, las cuales usan redes de cerco. Las especies más extraídas la liza, el pejerrey, la cabinza, cojinova, jurel, bonito, entre otras.

TABLA N° 9.2

Puertos	1995	1996	1997	1998	1999
Tambo de Mora	289705	177716	401714	21817	164783
Pisco	1128928	599237	973383	378101	709557
San Andrés	2031	2215	8065	2475	1417
La Puntilla	-	-	-	-	-
El Chaco	1212	1825	2362	4291	911
El Chaco - Lagunillas	0	99	0	0	0
Lagunillas	1383	2070	1097	2229	1881
Laguna Grande	2204	3503	4618	21626	19372
Total Ica	1428763	786665	1391242	626892	997921
Total Perú	8702518	9153101	7795447	4228799	8273391

Fuente : Informes IMARPE

Las embarcaciones pesqueras artesanales se dedican a la extracción de pesca para consumo humano directo la cual se transforma en producto fresco, enlatado, congelado o curado, desembarcando su captura en los puertos de San Andrés, El Chaco, Lagunillas y Laguna Grande, en tanto las industriales enfocan su captura en especies pelágicas como la anchoveta y la sardina que son utilizadas para la producción de harina de pescado desembarcando principalmente en los puertos de Pisco y Tambo de Mora. El mayor número de plantas dedicadas al procesamiento de harina y aceite de pescado se encuentran en Pisco, le siguen la vecina provincia de Chincha y por último Nazca

Reserva nacional de Paracas

La importancia ecológica excepcional de la Reserva Nacional de Paracas se atribuye a sus características especiales de flora y fauna. Estas incluyen comunidades de plantas autóctonas del desierto costero peruano, diversa fauna y numerosas especies amenazadas y en peligro de extinción. Debido a su ubicación en un área de alta productividad primaria causada por la presencia de las aguas frías de la Corriente de Humboldt, en Paracas se presenta una diversidad de hábitats costeros que han favorecido el establecimiento de variadas comunidades. Debido a su variedad de biotopos la Reserva ofrece importantes áreas de alimentación, reproducción y refugio a ballenas dentadas, lobos marinos, nutrias, tortugas marinas y numerosas especies de aves, peces e invertebrados.

Se han registrado en esta Reserva 295 especies de algas, entre ellas 110 especies de diatomeas y 82 de dinoflagelados (integrantes del fitoplancton) y 595 especies de invertebrados, de los cuales se tiene 112 especies de moluscos, 184 especies de anélidos y 75 especies de crustáceos. Asimismo entre las 440 especies de vertebrados identificados se tiene 168 especies de peces (de los cuales 93 son de importancia comercial y/o para pesca de subsistencia), 6 especies de reptiles, 216 especies de aves entre residentes y migratorias y 36 especies mamíferos marinos.

Entre los mamíferos marinos cabe destacar a las dos especies de lobos marinos el lobo fino y el lobo chusco, así como a la una nutria o gato marino que está en peligro de extinción, también es posible tener avistamientos de varias especies de delfines y

ballenas. Estos animales usan como hábitat de reproducción algunas playas aisladas o de difícil acceso para el hombre.

Algunos reptiles característicos de las áreas desérticas son el lagarto pequeño y la lagartija. Diversas tortugas marinas frecuentan las aguas de Paracas, principalmente en las estaciones cálidas y en eventos como El Niño que es cuando aumentan su distribución. Entre ellas podemos distinguir la tortuga dorso de cuero o tinglada, la tortuga verde o "galápagos" y la tortuga de mar pequeña.

Adicionalmente a sus características biológicas especiales, la belleza escénica de la Reserva y sus sitios arqueológicos de renombre mundial, atribuidos a la altamente desarrollada cultura pre colonial Nazca, son las principales atracciones de cerca de 100,000 visitantes cada año.

Aspectos socioculturales

Problemas en el agua: debido a que los pobladores de esta zona, utilizan el agua para consumo diario y también para el desarrollo de su agricultura y en la pesca, así que los impactos que pueden causar los residuos que afecten la calidad del agua estarán en observación para reducir los impactos e retirarlos del medio.

Degradación ambiental producida por causas externas

Las industrias que se indican a continuación se encuentran ubicadas en Pisco y San Andrés, estas descargan sus aguas residuales al alcantarillado público contribuyendo

con la contaminación del mar: Negusa, Finna, Curtiembre Pisco S.A., Pro Cacao S.A., Agro Paracas, AMFAVITRO (Ampollas Farmacéuticas), Creditex, Fabritex Pisco S.A., Sacos Pisco S.A., Alicorp, Polísacos. Entre las industrias ubicadas fuera del ámbito de operación de EMAPISCO S.A. se tiene diez empresas pesqueras.

La mayor parte de las superficies cultivadas es utilizada para la plantación de distintos tipos de algodón, maíz, pallar, verduras y frutas y es sometida a grandes cantidades de abonos, plaguicidas e insecticidas. El riego excesivo de cultivos, como el algodón y el maíz que son resistentes a los suelos salinos, contribuye a aumentar la salinización de las aguas subterráneas y de los suelos de estas zonas.

Degradación ambiental producida por causas internas

Problemas relativos a la Discontinuidad del Abastecimiento de Agua El racionamiento de agua, es decir, la limitada continuidad de abastecimiento, es un problema particularmente agudo en los distritos de San Clemente y Túpac Amaru, así como el centro urbano de San Miguel, e incluso a las partes altas de la Ciudad de Pisco y de San Andrés ubicadas a la orilla del mar.

Control de la calidad de agua

La calidad del agua no es la mejor, pero es aceptable para el consumo humano. El sistema de desinfección empleado es eficiente y limitado, requiriéndose modificar los puntos de cloración.

Disposición de aguas servidas

Dentro del sistema de evacuación de aguas servidas es apropiado diferenciar entre :

- a) Los sistemas de alcantarillado para las ciudades costeras de Pisco y San Andrés, que ya están conectados.
- b) Los sistemas de alcantarillado par las ciudades situadas en el interior, es decir, San Clemente, San Miguel y Túpac Amaru.

Deficiente sistema de alcantarillado

El deficiente sistema de alcantarillado en Pisco y San Andrés es otra causa de carácter interno que provoca impactos ambientales negativos. Esto ha sido subsanado en parte con la rehabilitación de las cámaras de bombeo de desagües y de los colectores principales. La evacuación de las aguas residuales al mar por un emisor (inicialmente submarino), ha venido afectando en forma negativa al mar y las playas y tiene efectos negativos de carácter económico, estético, recreativo y de salud.

La cantidad de aguas residuales industriales asciende a 500 000 m³/año lo cual significa un 19%. La distribución espacial es 50/50, es decir que un 50% se localiza en la zona norte, la zona urbana de Pisco/San Andrés y el otro 50% en la zona sur, es decir la base aérea y la Zona de Paracas 81

9.3 Requisitos de regulación

En la elaboración de este EIA se tiene que tener en cuenta una serie de normas y leyes ambientales vigentes e impuestas por el Estado Peruano para poder desarrollarse el proyecto con todas las pautas permitidas y acorde con lo que se exige.

TABLA N° 9.3

LEGISLACIÓN AMBIENTAL

Norma	Número de ley/D.S.
Ley general del ambiente	Ley N° 26611
Ley general de recurso hídrico	Ley N° 29338
Ley orgánica para el aprovechamiento sostenido de recursos naturales	Ley N° 26821
Ley general de salud	Ley N° 26842
Ley general de residuos sólidos	Ley N° 27314
Ley orgánica que norma las actividades de hidrocarburos	Ley N° 26221
Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental	Ley N° 28245
Ley sobre el sistema de evaluación de impacto ambiental	Ley N° 27446
Reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos	Ley N° 015-2006-EM
Ley del sistema portuario nacional	Ley N° 757

Norma	Número de ley/D.S.
Reglamento de la ley de control y vigilancia de las actividades marítimas, fluviales y lacustres	D.S. N° 025-DE/MGP
Reglamento de la ley del sistema portuario nacional	D.S. N° 003-2004-MTC
Programa nacional de desarrollo portuario	D.S. N° 006-2005-MTC
Lineamientos para el desarrollo de EIA relacionados con proyectos de muelles, embarcaderos y otros similares	RD N° 0283-96/DCG

LEGISLACIÓN SOCIAL

Norma	Número de ley/D.S.
Reglamento de participación ciudadana	D.S. N° 012-2008-EM/DGAA
Convenio 166 de la OIT sobre pueblos indígenas y tribales	D.S. N° 012-2008-EM
Ley general de comunidades	Ley N° 24656
Ley orgánica de municipalidades	Ley N° 27972

BASES TÉCNICAS DE REFERENCIA

Norma	Número de ley/D.S.
Reglamento estándares nacionales de calidad ambiental para ruido	D.S. N° 085-2003-PCM
Guía para la elaboración de estudios de impacto ambiental del MINEN – su sector hidrocarburos	R.D. N° 24-96-EM-DGAA
Lineamiento para el desarrollo de estudios de impacto ambiental, relacionados con los efectos que pueda causar la evacuación de ruidos por tuberías a los cuerpos de agua	R.D. N° 0052-96/DC

Fuente : Propia

9.4 Impacto ambiental del proyecto de obtención de polibutadieno

En el desarrollo del proyecto e puede alterar negativamente distintos factores ambientales los cuales se indican en el siguiente cuadro:

TABLA N° 9.4

IMPACTOS NEGATIVOS AMBIENTALES	MEDIDAS DE ATENUACION
DIRECTO : SELECCIÓN DE SITIO	
1) Ubicación de la planta en o cerca de los hábitats sensibles	Ubicar la planta en un área industrial, de ser posible, a fin de reducir o concentrar la carga sobre los servicios ambientales locales y facilitar el monitoreo de los efluentes. Integrar la participación de las agencias de los recursos naturales en el proceso de la selección del sitio, a fin de estudiar las alternativas
2) Ubicación cerca de los ríos que cause su eventual degradación	El proceso de la selección del sitio debe examinar las alternativas que reducen los efectos ambientales y no excluyan el uso beneficioso de la extensión de agua. Las plantas que reduzcan descargas líquidas, no deben ubicarse en ningún río que no tenga la capacidad adecuada para absorber los desechos.
3) La ubicación puede causar serios problemas de contaminación atmosférica en el área local.	Se debe ubicar la planta en un área que no esté sujeta a inversiones ni atrapamiento de contaminantes, y donde los vientos predominantes se dirijan hacia las áreas relativamente despobladas.

<p>4) La ubicación puede agravar los problemas que se relacionan con los desechos sólidos en el área.</p>	<p>La selección del sitio debe evaluar la ubicación según los siguientes lineamientos : el lote debe tener un tamaño suficiente que permita eliminar los desechos en el sitio; la planta debe estar cerca de un depósito de desechos; debe tener una ubicación conveniente con la finalidad de que los contratistas públicas/privadas puedan recolectar y transportar los desechos sólidos al sitio donde serán eliminados definitivamente;</p>
<p>DIRECTO : OPERACIÓN DE LA PLANTA</p>	
<p>5) Potenciales problemas por almacenamiento de butano (incendio y asfixia)</p> <p>T(ignición) = 482°C – 538°C</p> <p>Límite de explosividad = (1,86–8,41)% V</p> <p>El Butadieno también forma mezclas explosivas con el aire</p> <p>Límite de explosividad = (2–11,50)% V</p>	<p>El butano es mucho más pesado que el aire y a temperatura ambiente, el butano es un gas inflamable, por lo cual para almacenarlo, hay que mantenerlo en lugar frío</p> <p>Toda la planta : no debe poseer zonas bajas como sótanos.</p> <p>En caso de incendio usar : CO₂, polvo químico y agua pulverizada sobre la zona de incendio.</p> <p>En lo posible usar detectores de gases.</p>
<p>6) La emisión de partículas a la atmósfera provenientes de todas las operaciones de la planta.</p>	<p>Controlar las partículas con lavadores, filtros recolectores de tela, o precipitadores electroestáticos.</p>
<p>7) Las emisiones gaseosas de SO,NO, y CO y otros químicos a la atmósfera, provenientes de los Procesos.</p>	<p>Controlar mediante el lavado con agua o soluciones alcalinas, incineración o absorción con otros procesos catalíticos.</p>
<p>8) Liberación casual de solventes y materiales ácidos y alcalinos, que son potencialmente peligrosos</p>	<p>Mantener las áreas de almacenamiento y eliminación de desechos en buen estado, de modo que se prevengan las fugas casuales.</p> <p>Utilizar equipo para mitigar derrames.</p> <p>Utilizar diques o tanques de doble pared.</p>

<p>9) Ruido</p>	<p>Utilizar encerramientos y aislamiento, dentro de los edificios, para los procesos o equipos que producen ruido, o utilizar otros procedimientos para reducir su impacto.</p>
<p>10) El escurrimiento superficial de los químicos, materias primas, productos intermedios y finales, y desechos sólidos que, a menudo se guardan en pilas en el patio de la planta, puede contaminar las aguas superficiales o filtrarse hacia las aguas freáticas.</p>	<p>Se puede controlar la filtración y escurrimiento del agua lluvia de las pilas de materiales sólidos, combustibles y desechos, usando cubiertas y/o contención para evitar que se contaminen las aguas freáticas y superficiales.</p> <p>Las áreas represadas deben tener el tamaño eficiente, que les permita contener una lluvia normal de 24 horas.</p> <p>Recolectar y monitorear el agua lluvia antes de descargarla</p>
<p>INDIRECTOS</p>	
<p>11) Los efectos para la salud de los trabajadores, debido al polvo fugitivo, manejo de materiales, ruido, u otras operaciones del proceso.</p> <p>La frecuencia de accidentes es mayor que lo normal, debido al bajo nivel de experiencia de los trabajadores.</p>	<p>La planta debe implementar un Programa de Seguridad y Salud que incluya lo siguiente : Identificar, evaluar monitorear y controlar los peligros para la salud. dar capacitación de seguridad</p>
<p>12) Se alteran los modelos de tránsito, creando ruido y congestión, ocasionando serios peligros para los peatones, debido al uso de camiones pesados para transportar la materia prima hacia la planta o fuera de ella.</p>	<p>La selección del sitio puede atenuar de estos problemas Se debe hacer un análisis del transporte durante el estudio de factibilidad del proyecto, para seleccionar las mejores rutas y reducir los impactos.</p> <p>Establecer reglamentos para los transportistas y diseñar planes contingentes de emergencia para reducir el riesgo de accidentes</p>

Fuente : Propia

9.5 Plan de mitigación

El plan de manejo ambiental consta de una serie de planes individuales que enmarcan el alcance de la gestión ambiental referente al cumplimiento de los requerimientos normativos aplicables. Se implementara en las etapas de construcción, operación y abandono. Los planes que se incluirán y los monitoreos propuestos que se implementaran se desarrollan en el cuadro siguiente :

TABLA N° 9.5

Variable Ambiental	Objetivo	Parámetros	Metodología	Etapas	Frecuencia y Duración	Informe
Meteorología	Evaluar las condiciones meteorológicas del área de estudio	Se monitorearan los parámetros siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Presión Atmosférica • Humedad Relativa • Radiación Solar • Precipitación • Velocidad del Viento • Dirección del Viento 	Descargar datos cada quincena	Construcción	Lectura Continua	Trimestral
				Operación	Lectura Continua	Semestral
				Abandono	Lectura Continua	Semestral
Calidad de Aire	Monitorear los efectos potenciales de calidad de aire en los receptores sensibles	PM_{10} ($\mu g/m^3 N$) $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3 N$)	Descarga de datos diario	Construcción	Lectura diaria Operar muestreadores constantemente durante la construcción	Trimestral
				Operación	Lectura diaria	Mensual para el primer año y luego trimestral
				Abandono	No se considerado monitoreo durante esta etapa ya que no estarán operando	
Ruido	Monitorear los efectos potenciales de niveles de ruido en los receptores sensibles	$NPS_{eq}[dB(A)]$ $NPS_{Min}[dB(A)]$ $NPS_{Max}[dB(A)]$	Recopilar lecturas de dBA de 24 horas con L_{eq} max y min y L90	Construcción	Lectura quincenal o cuando se reciban quejas	Trimestral
				Operación	Lectura mensual o cuando se reciban quejas	Solo si hay quejas
				Abandono	No se considerado monitoreo durante esta etapa ya que no estarán operando	
Calidad de Agua de Mar	Evaluar la calidad del agua de mar de la descarga de efluentes de aguas	pH, demanda bioquímica y química de oxígeno, temperatura, fósforo total, amoníaco, nitrato, nitrito, nitrógeno total, aceites y grasas,	Según los estándares nacionales (D.S. N° 002-2008-	Construcción	Mensual para los tres primeros meses variando a trimestral por el resto de la construcción	Trimestral

	servidas tratadas	sólidos suspendidos totales, conformes totales y conformes fecales	MINAM)	Operación	Mensual para los tres primeros meses luego se disminuirá gradualmente el muestreo hasta serlo anual	Primer año trimestral, segundo año semestral y en adelante anual
				Abandono	Monitoreo semestral por dos años y puede terminar antes si los datos de campo concuerdan con la calidad de agua de la referencia	Semestral
Fauna Terrestre	Estudio de preconstrucción para madrigueras y evaluación de los efectos del proyecto en las aves acuáticas y terrestres	Madrigueras, Cambios en la distribución y abundancia de las aves acuáticas y terrestres	Estudio visual para madrigueras, conteo de bandadas para identificar la presencia de especies y abundancia relativa	Construcción	Una vez durante la época de nidificación en la pre-construcción	Único
				Operación	Los primeros dos años durante la operación. Si no se observan cambios cancelar	Semestral
				Abandono	Semestralmente durante la etapa de abandono	Único
Arqueología	Proporcionar conservación adecuada de los restos arqueológicos existentes en el área donde se desarrollara el proyecto	Aplicación de medidas de protección	Cumplir con los requisitos del INC	Construcción	Continua durante cualquier actividad de trabajo en terreno en los sitios arqueológicos potenciales	Semanalmente durante las actividades de trabajo en terreno
				Operación	No se ha considerado debido que los trabajos que podrían afectar ya han culminado	
				Abandono	No se requiere	

Fuente : Propia

9.6 La indemnización

Finalmente, cuando es imposible la restitución del ambiente al estado que guardaba antes de que se produjera el daño, ni tampoco es viable la reparación sustituta, se debe entonces optar por la solución prevista en la teoría clásica de la responsabilidad civil, esto es, determinar el valor de la indemnización correspondiente.

Sin embargo, la indemnización del daño ambiental como medio de reparación ofrece también varios problemas, entre ellos la determinación del monto a indemnizar y la forma de traducir la indemnización en un beneficio para el ambiente.

La valoración del daño

El fin tradicional de la responsabilidad civil es indemnizar al perjudicado obligando al responsable del daño a pagar los costos de cualquier pérdida resultado de ese daño, pero "el problema fundamental que suscita la reparación de los daños ambientales, es el de su expresión en términos de economía monetaria". Así, cuando los daños al medio ambiente se traducen en un daño a la integridad física de las personas o a sus bienes (daño civil por influjo medioambiental), el método de evaluación del daño no plantea ninguna especialidad en relación con los existentes en el plano general de la responsabilidad civil, pero cuando se trata de lo que hemos denominado daño ecológico puro, resulta muy difícil establecer cuál es el valor del medio ambiente dañado.

Al respecto, se ha dicho que la valoración del daño ambiental resulta una tarea imposible que únicamente admite valoraciones por aproximación basadas en el estado general de la ciencia, es decir, en lo que razonablemente se puede dar como conocido. Aunque en principio es válido sostener que : "La pérdida suele calcularse en función de la depreciación económica del bien agregado o del costo real de la reparación del daño, pero el daño ambiental, al no tener un valor mercantil, no puede indemnizarse directamente como pérdida económica. No obstante, puede tener gran valor desde otro punto de vista, por ejemplo, la extinción de una especie o la pérdida de un paisaje

pintoresco", o la extinción de un bosque cuyas consecuencias pueden ser graves en función del incremento del efecto invernadero.

Por otra parte, los daños ambientales son, en ciertos casos, de gran magnitud lo que vuelve muy complicada para los jueces la labor de examinarlos y evaluarlos plenamente tanto para efectos procesales como para efectos de dictar sentencia condenatoria,⁸³ y cuando la valuación del daño ambiental es posible, el monto a indemnizar suele ser muy elevado. ⁸⁴ Por ejemplo, según CHURCH y NAKAMURA, la limpieza rigurosa de todos los sitios contaminados por residuos peligrosos en el territorio de los Estados Unidos de América tendría un costo aproximado de 1,7 trillones de dólares.

En el mismo sentido, un análisis elaborado por la Empresa Roche, reconoce que para 1996 habían sido desembolsados por esa transnacional más de 300 millones de francos suizos para indemnizar los daños causados por el accidente ocurrido en Seveso, Italia en 1976

En suma, la valoración del daño ambiental es muy compleja y puede decirse que hasta ahora en ningún sistema jurídico se ha establecido un método de evaluación económica capaz de hacer frente a la complejidad del daño ambiental.

Si bien corresponde a las ciencias económicas determinar los mecanismos idóneos para la valoración del daño, a la ciencia jurídica toca establecer la forma normativa que tales estrategias deben asumir dentro del orden legal.

Así, el derecho comparado y la doctrina ambiental muestran varias alternativas a este paradigma, a saber: que el valor de la indemnización sea igual al costo de la restauración; que el legislador establezca un parámetro indemnizatorio; que se negocie su monto; o, que el juez o la administración determinen su cuantía.

El destino de la indemnización

El otro problema que entraña la reparación económica del daño es ¿a quién debe indemnizarse?, dado que, como hemos señalado, el medio ambiente como bien jurídico propiamente tal no tiene un titular individual. Es decir, en el caso de daños ambientales normalmente se trata de daños sociales consustanciados en un tiempo durante el cual la sociedad fue privada de disfrutar ciertos recursos naturales dañados y de las circunstancias benéficas que tales recursos, en conjunto con los demás, le proporcionaban. La condena impuesta a un causante de daños ambientales puede determinar, por tanto, que sea pagada una indemnización por los referidos daños sociales.

Por ello se dice, que en materia ambiental, se produce una verdadera disociación entre el titular del derecho a la acción reparadora, el legitimado activo, que tiene acceso a la justicia, y el titular del derecho a la indemnización, aquél que puede ingresar la suma de dinero de la condena a su propio patrimonio.

En primera instancia puede sustentarse la idoneidad de repartir o dividir el monto de la condena entre los miembros de la comunidad afectados, pero esta posibilidad no es aplicable cuando el bien dañado (el medio ambiente) no es de apropiación individual.

Por ello ha surgido la idea de crear fondos destinados a recoger y administrar las indemnizaciones que vienen a ocupar el lugar de la reparación in natura cuando ésta se vuelve imposible.

CAPÍTULO X

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 Conclusiones

- 1) La Planta de Producción de Butadieno es altamente rentable bajo condiciones óptimas.
- 2) El Estado Peruano es el principal propulsor de la Industria Petroquímica.
- 3) El Mercado de butadieno tiende al alza en los próximos 20 años, tiempo en el que la planta operaría.
- 4) La capacidad óptima, y con la cual obtendríamos mayor rentabilidad, es de 125000 toneladas de procesamiento de butano.
- 5) La tendencia mundial con respecto al tipo de obtención de butano está virando hacia el proceso expuesto en este trabajo, debido a que la supremacía de los crackers de Etileno y las reservas en aumento de Shell Gas harán que los productos C4 a más pesados sean menos utilizados en la producción de petroquímicos básicos, lo que disminuiría el precio del butano a nivel mundial.
- 6) La alta disposición de Gas Natural en el Perú hará que poco a poco el GLP se deje de utilizar con lo cual las exportaciones de butano aumentarían, lo que haría

factible una mayor disposición de materia prima para la Planta de Butadieno, permitiendo su expansión y abaratando costos de materia prima al ser utilizada en el Perú.

- 7) Al establecer un gran complejo petroquímico, el proyecto se hace viable, debido a la disminución de costos variables ocasionado por la integración de servicios de las diversas plantas establecidas en el complejo y a los beneficios tributarios que el Estado Peruano otorgaría en aras del fortalecimiento de la Industria Petroquímica en el Perú.

10.2 Recomendaciones

- 1) Analizar a detalle los parámetros económicos y financieros en escenarios optimistas y pesimistas para así poder dar a conocer que esta tesis es rentable en todos los escenarios.
- 2) Analizar la tendencia de rentabilidad de la Puesta en Marcha de una Planta de Butadieno en el Mercado Petroquímico Peruano.
- 3) Analizar los parámetros socio-ambientales, ya que estos son muy importantes por la coyuntura actual de nuestro país en el estudio técnico de esta tesis.
- 4) Tener siempre en cuenta la Ingeniería de Seguridad para evitar desastres o realizar un análisis HAZOP (Hazardous Operations)

- 5) Simular de manera óptima el proceso de Producción del producto a obtener, de modo que posteriormente se puedan hacer mejoras en el proceso, tales como la integración del calor para su optimización (Análisis Pinch), implementando en el uso de Servicios, la mayor cantidad de producto obtenido, etc.

- 6) Usar el Software Crystall Ball para un preciso estudio financiero.

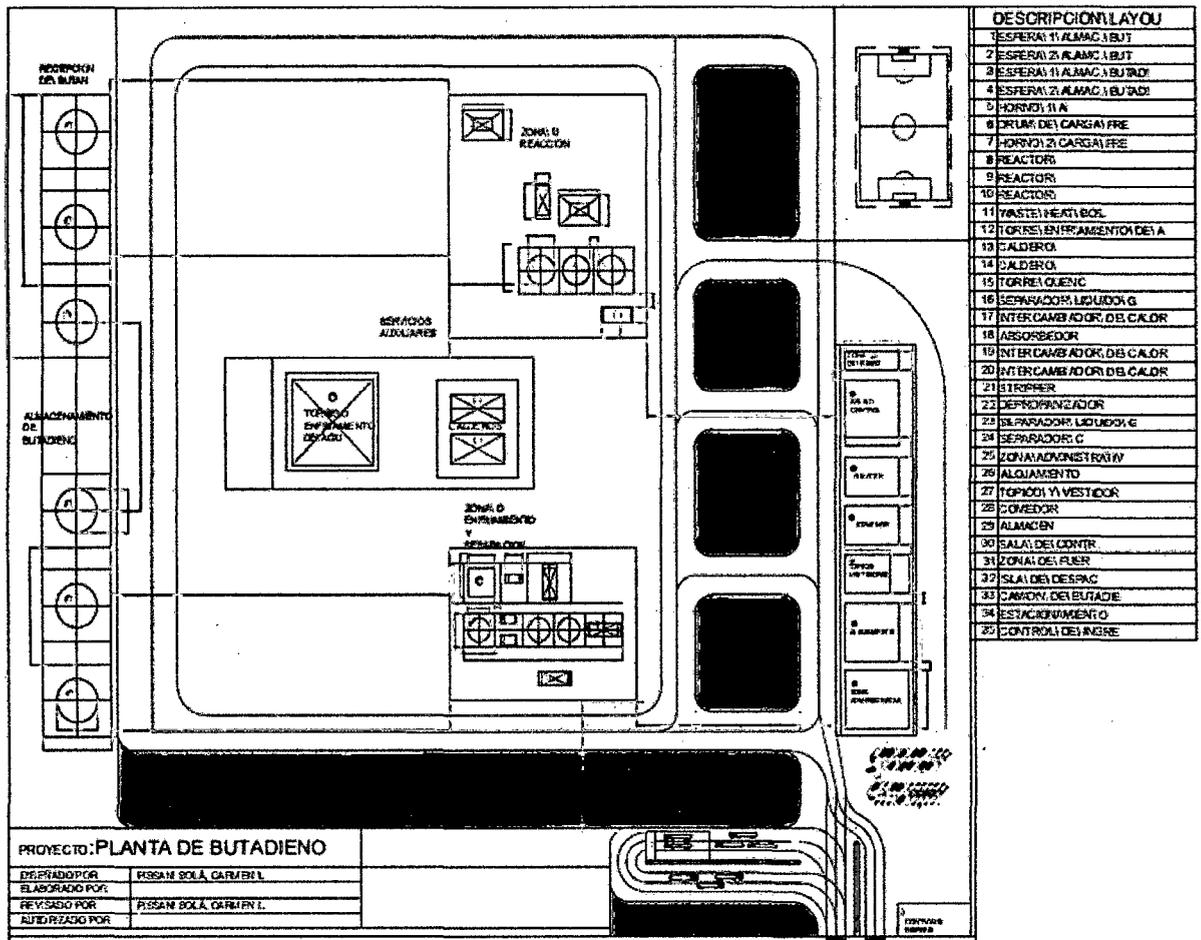
Referencias bibliográficas

- 1) ARGUMÉ, Edgard. **Producción de Polibutadieno**. Tesis por título de Ingeniero Petroquímico. Perú – Lima. Universidad Nacional de Ingeniería
- 2) DAVID Alan. **Attainable Region of ODH of butane**. Thesis PhD. University of Witwatersrand
- 3) PARDILLO Luís. **Simulación de la deshidrogenación catalítica de 1-buteno en reactores de lecho fijo. Desactivación del Catalizador**. Tesis por el título de Ingeniero Químico y Tecnológico Farmacéutico. España. Universidad La Laguna
- 4) ALFONSO M. José **Deshidrogenación Oxidativa de propano y butano en reactores de membrana Catalítica**. Tesis por título de Ingeniero Químico. España. Universidad de Zaragoza
- 5) RUBIO RUBIO José Óscar. **Reactores de Lecho Fluidizado con separación en zonas Redox para la Oxidación Catalítica del n-butano**. Tesis por título de Ingeniero Químico. España. Universidad de Zaragoza
- 6) TELLEZ ARISO Carlos. **Deshidrogenación Oxidativa de butano en Reactores de Membranas**. Título de Doctor de Ingeniería Química. España. Universidad de Zaragoza
- 7) GARCIA CAMUS Juan y GARCIA LABORADA José. **Informe de vigilancia tecnológica**. España. Biblioteca Nacional de Madrid. 1993
- 8) ROBERT E. Treybal. **Operaciones de Transferencia de Masa**. Segunda Edición. México. Editorial Mc Graw Hill LEVENSPIEL. **Ingeniería de las Reacciones Químicas** Tercera Edición Editorial Reverté.
- 9) MACHACA, Leonardo. **Cuaderno del Curso de Diseño de Plantas**. Ciclo 2012–A Facultad de Ingeniería Química Universidad Nacional del Callao
- 10) Petrochemical Processes 2010. **Magazine Hydrocarbon Processin**
- 11) ABB Lummus. **Brochure del Proceso Catadiene**
- 12) Chemistry of Petrochemical Processes. **Hatch and Matar**
- 13) Hoja de seguridad de butadieno
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/101a200/nspn0133.pdf>
- 14) Información Tecnológica 1998
http://books.google.com.pe/books?id=QnM2f8fywkcC&pg=PA88&lpg=PA88&dq=deshidrogenaci%C3%B3n+catal%C3%ADtica+del+butano&source=bl&ots=7hoZfX7045&sig=5eq1lxm754Q9H9BdlqWP4n02_2M&hl=es-

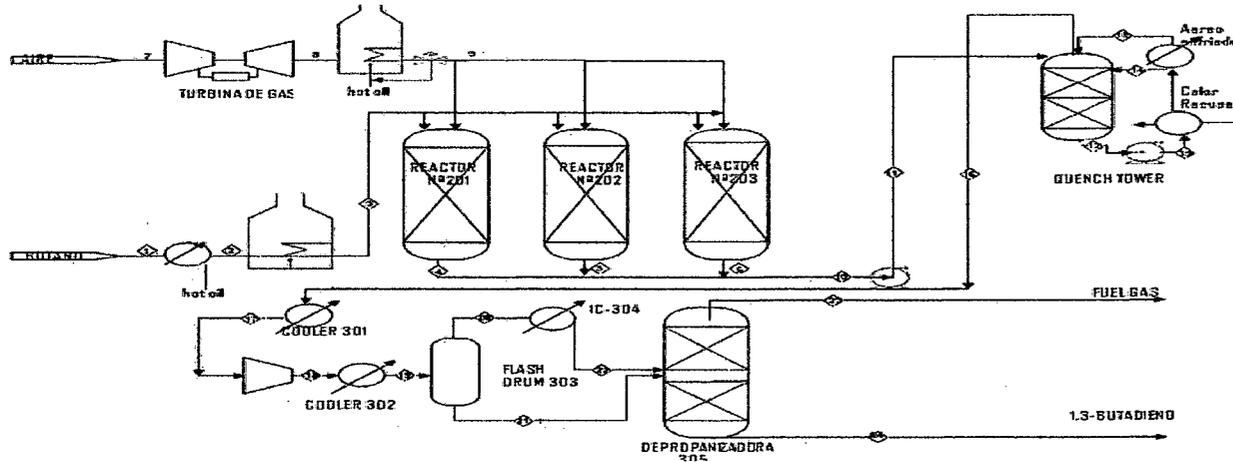
[419#v=onepage&q=deshidrogenaci%C3%B3n%20catal%C3%ADtica%20del%20butano&f=false](#)

ANEXOS

ANEXO N° 1



ANEXO Nº 2



NOTES

- 1.- FOR GENERAL NOTES AND SYMBOLS SSE DWG NOS.
- 2.- ANCHOR SECURELY FOR TWO PHASE FLOW.
3. ABREVIATURAS:

FC Flow Controller
 LC Level Controller
 PC Pressure Controller
 TC Temperature Controller
 NNF Normally No Flow
 PFD Process Flow Diagram

BEDD Basic Engineering Design Data

		JOP	SEL	PG
I	17/1	APROBADO PARA CONSTRUCCION	PCB	YAR
DH	1/11	APROBADO PARA DISEÑO	PCB	YAR
CI	17/1	APROBADO POR HAZOP	PCB	YAR
REV	1/11	DESCRIPCION	PCB	YAR

DAT E

PROYECTO PLANTA DE BUTADIENO

TITULO:
 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS PFD
 ESCALA (A1)

DOCUMENTO No: 100001

CONTRATO:

CLIENTE: BUTADIENE-PERÚ

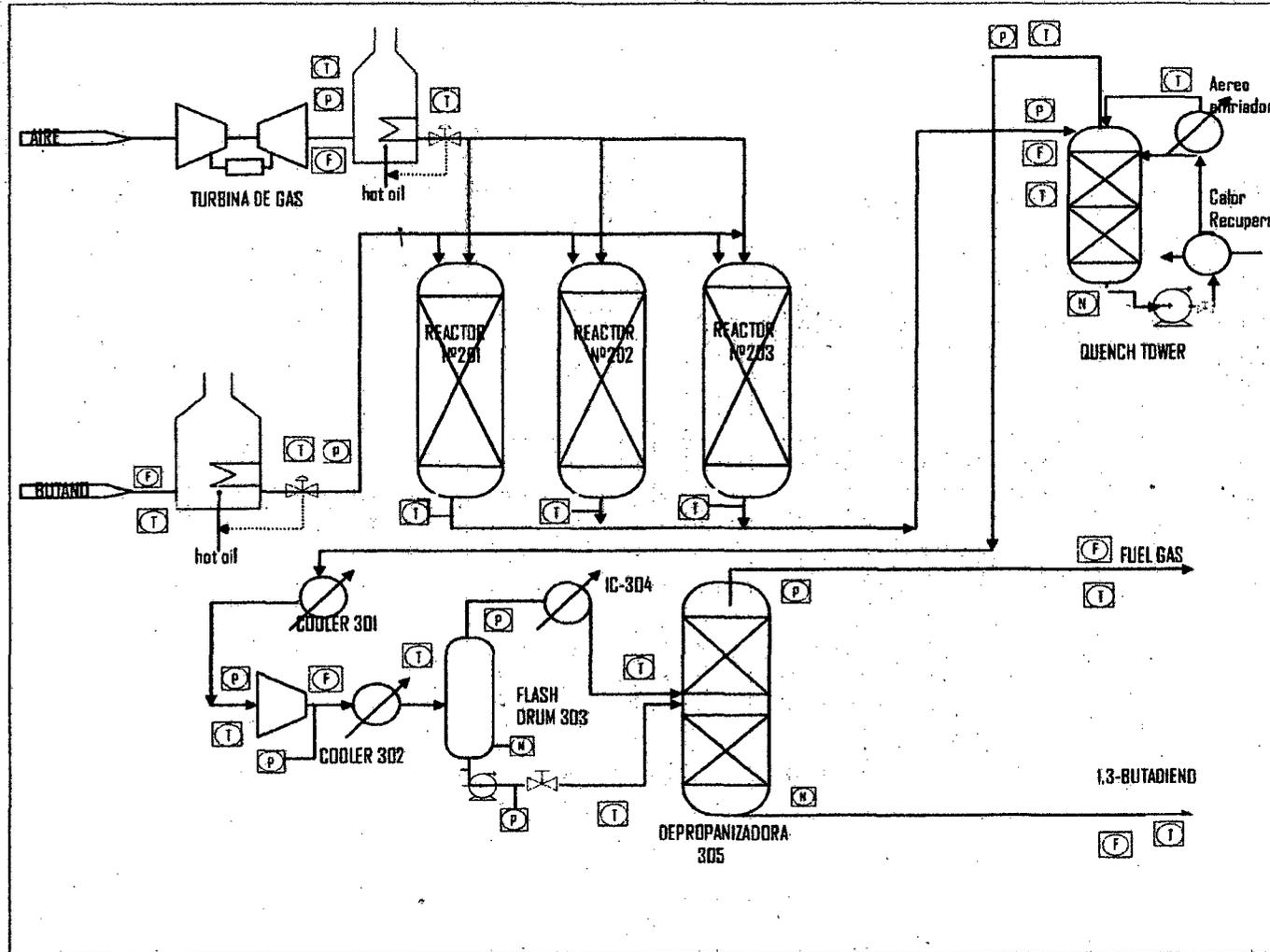
DIBUJO No

10000-001-PR-PI-001

REV

Stream No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Name	-- Overall --											
Molar flow kmol/h	200.7238	200.7238	156.2549	356.9787	560.5520	560.5520	237.4809	237.4809	560.5520	323.0711	560.5520	37.4810
Mass flow kg/h	11666.6635	11666.6635	5000.0000	16666.6687	18195.6737	18195.6737	12375.5449	12375.5449	18195.6737	5820.1296	18195.6737	1238.6364
Temp C	25.0000	100.0000	25.0000	617.7844	620.0000	75.0000	-15.0000	-15.0000	350.0000	-15.0000	250.0000	-6.5163
Pres bar	1.0000	0.2000	1.0000	0.2000	0.2000	0.2000	5.0000	30.0000	0.2000	5.0000	0.2000	30.0000
Vapor mole fraction	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.04683	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000
Enth kJ/h	-2.5258E+007	-2.3594E+007	-1467.8	-2.7377E+006	-4.9930E+007	-7.3399E+007	2.3277E+006	-2.1655E+006	-6.2856E+007	-9.3380E+007	-6.7047E+007	-16619.
Actual vol m3/h	4836.8780	31041.7661	3869.3471	132201.8848	208089.1222	80936.9241	851.5468	26.7599	145139.4555	5.8213	121811.0887	26.1292
Std liq m3/h	19.9635	19.9635	4.4346	24.3981	25.2849	25.2849	19.4648	19.4648	25.2849	5.8201	25.2849	1.1883
Std vap 0 C m3/h	4498.9523	4498.9523	3502.2415	8801.1940	12584.0140	12584.0140	5322.8119	5322.8119	12584.0140	7241.2017	12584.0140	840.0851
Stream No.	13	14	15	16	17	18	19	20	23	25		
Name	C4+C4*											
-- Overall --												
Molar flow kmol/h	199.9995	323.0711	156.2549	200.7238	560.5520	156.2549	560.5520	237.4809	560.5520	237.4809		
Mass flow kg/h	11136.8905	5820.1296	5000.0000	11666.6635	18195.6737	5000.0000	18195.6737	12375.5449	18195.6737	12375.5449		
Temp C	136.4010	152.8165	-57.3112	620.0000	308.2090	600.0000	-15.0000	50.0000	150.0000	138.3794		
Pres bar	32.0000	5.0000	0.2000	0.2000	5.0000	0.2000	5.0000	5.0000	0.2000	30.0000		
Vapor mole fraction	0.0000	0.005699	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.4236	1.0000	1.0000	1.0000		
Enth kJ/h	2.8578E+008	-8.9189E+007	-3.7620E+005	-5.5995E+006	-8.4741E+007	2.0818E+008	-9.1052E+007	3.5943E+006	-7.0842E+007	4.9913E+006		
Actual vol m3/h	28.2909	18.9750	14010.5235	74513.2191	5353.1384	56712.8883	387.3681	1170.2597	88468.1211	199.0782		
Std liq m3/h	18.2965	5.8201	4.4346	19.9635	25.2849	4.4346	25.2849	19.4648	25.2849	19.4648		
Std vap 0 C m3/h	4482.7192	7241.2917	3502.2415	4498.9523	12584.0140	3502.2415	12584.0140	5322.8119	12584.0140	5322.8119		

ANEXO N° 3



NOTES

1.- FOR GENERAL NOTES AND SYMBOLS USE DWG NOS.
2.- ANCHOR SECURELY FOR TWO PHASE FLOW.

INSTRUMENTOS DE CONTROL:

VALVULA DE CONTROL	VALVULA GLOBO
BANDERA DE INSTRUMENTO	INSTRUMENTO DE TEMP.
INSTRUMENTO DE PRESION	INSTRUMENTO DE NIVEL
INSTRUMENTO DE FLUJO	

I	17/1/11	APROBADO PARA CONSTRUCCION	JOP	SL	PG
DI	17/1/11	APROBADO PARA DISEÑO	VM	SM	PG
CI	17/1/11	APROBADO POR HAZOP	SM	HPS	PG
REV	DATE	DESCRIPCION	OR	CR	AP

BUTADIENE PERU

PROYECTO PLANTA DE BUTADIENO

ABB

TITULO:
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION P&ID

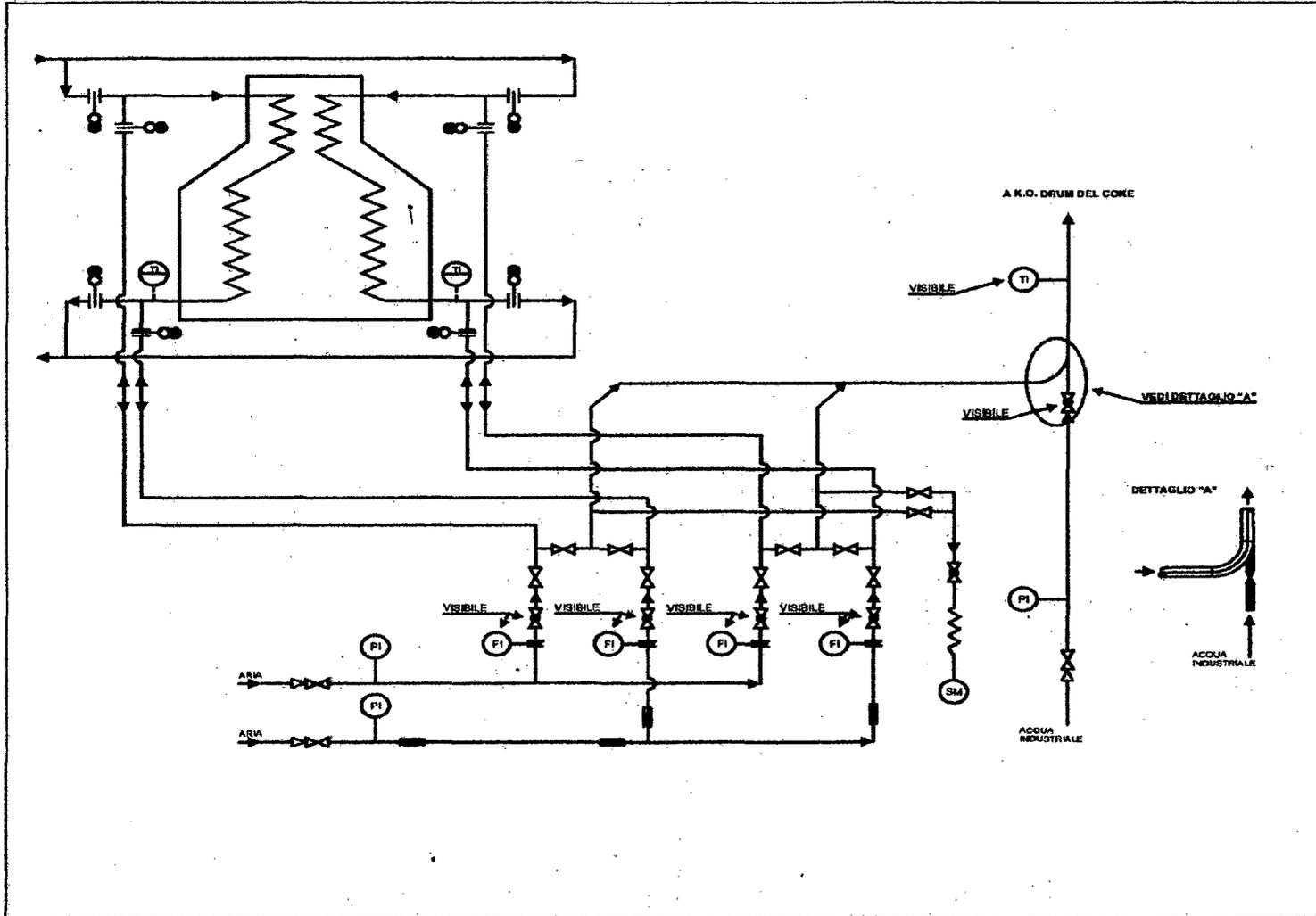
ESCALA (A1)

DOCUMENTO No. 100001

CONTRATO:

CLIENTE: BUTADIENE-PERU

DIBUJO No. 10000-001-PR-PI-001	REV 1
-----------------------------------	----------



NOTES

- 1.- FOR GENERAL NOTES AND SYMBOLS SEE DWG NOS.
- 2.- ANCHOR SECURELY FOR TWO PHASE FLOW.

REV	DATE	DESCRIPTION	DM	CHK	APP
1	17/11/7	APROBADO PARA CONSTRUCCION	JDP	SEL	PG
0H	17/11/7	APROBADO PARA DISEÑO	VW	SM	PG
01	17/11/7	APROBADO POR INZDP	SM	MF/S	PG



PROYECTO PLANTA DE BUTADIENO

ABB

TITULO:
DIAGRAMA P&ID UNIDAD 1002- UNIDAD DE CALENTAMIENTO HORNO N°101

ESCALA (A1)

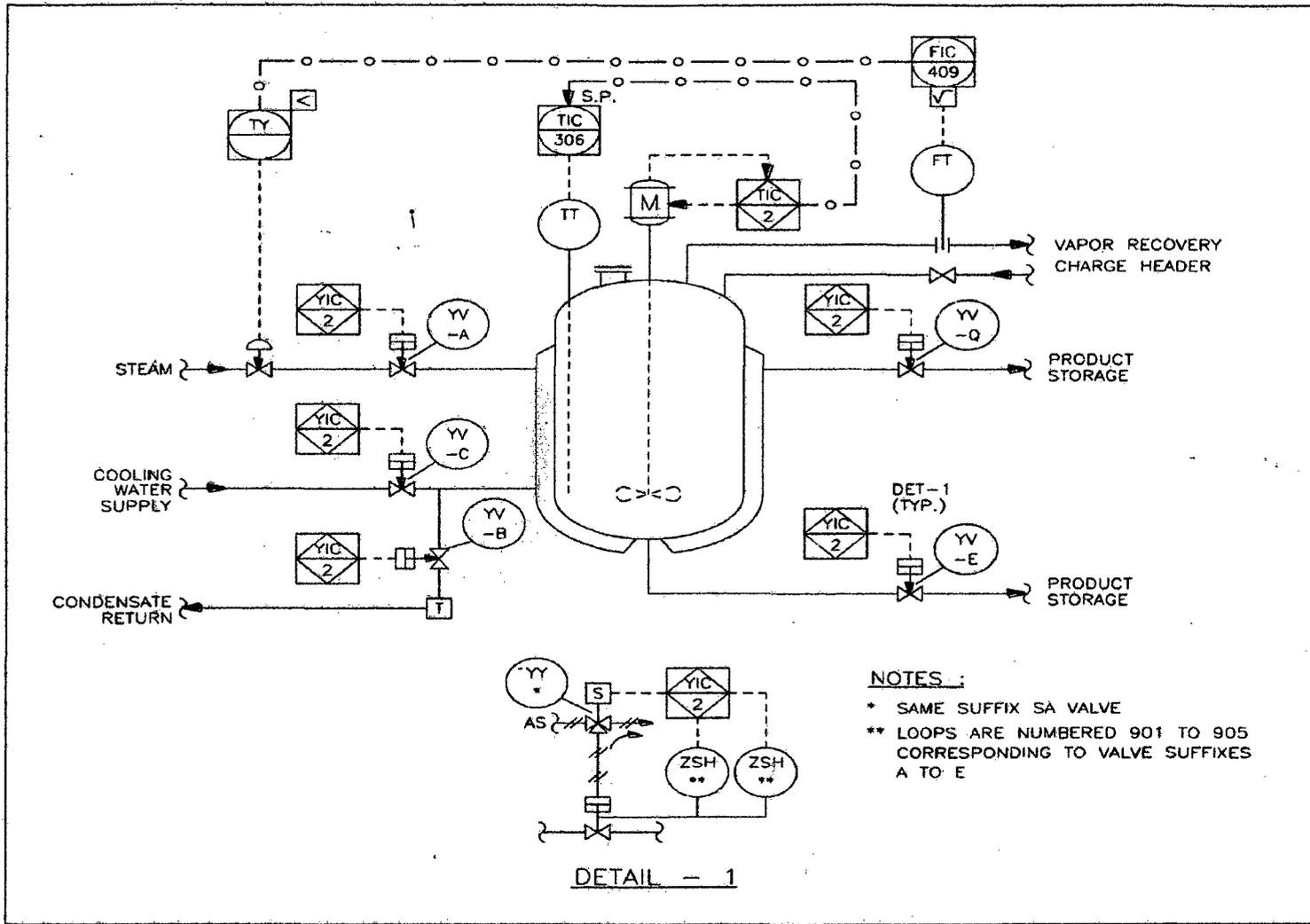
DOCUMENTO No: 100001

CONTRATO:

CUENTE:

DIBUJO No
10000-001-PR-PI-001

REV
1

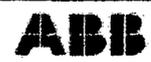


NOTES
 1.- FOR GENERAL NOTES AND SYMBOLS SSE DWG NOS.
 2.- ANCHOR SECURELY FOR TWO PHASE FLOW.

REV	DATE	DESCRIPCIÓN	ORIG	CHK	APP
1	17/11/0	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	JOP	SEL	PG
DR	17/11/0	APROBADO PARA DISEÑO	YW	SM	PG
CI	17/11/0	APROBADO POR HAZIP	SM	NPS	PG



PROYECTO PLANTA DE BUTADIENO



TITULO:
 DIAGRAMA PID. UNIDAD 1006- UNIDAD DE REACTORES
 REACTOR Nº2.02 - REACTOR DE TANQUE AGITADO

ESCALA (A1)

DOCUMENTO No. 100001

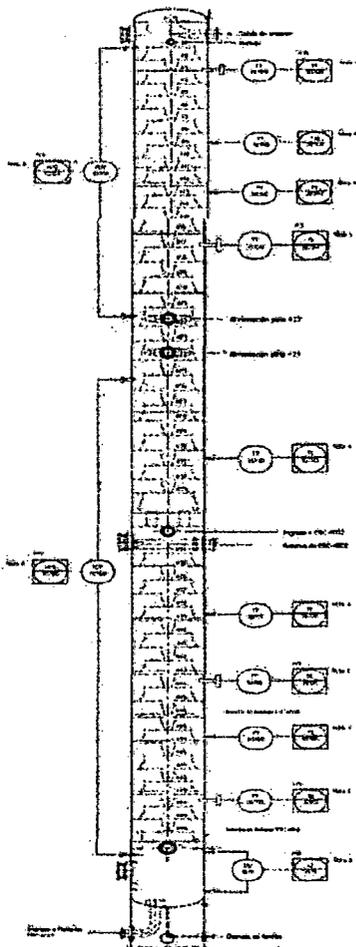
CONTRATO:

CLIENTE:

DIBUJO No 10000-001-PR-P1-001	REV 1
----------------------------------	----------

NOTES :
 * SAME SUFFIX SA VALVE
 ** LOOPS ARE NUMBERED 901 TO 905
 CORRESPONDING TO VALVE SUFFIXES
 A TO E

DETAIL - 1



NOTES

- 1.- FOR GENERAL NOTES AND SYMBOLS SSE DWG NOS.
- 2.- ANCHOR SECURELY FOR TWO PHASE FLOW.

REV	DATE	DESCRIPCIÓN	DRN	CHK	APP
1	17/11/11	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	JDP	SEL	PG
DR	17/11/11	APROBADO PARA DISEÑO	VM	SM	PG
CS	17/11/11	APROBADO POR HAZOP	SM	HPS	PG



PROYECTO PLANTA DE BUTADIENO



ITULO:
 DIAGRAMA P&ID UNIDAD 1019 - UNIDAD DE RECUPERACIÓN
 TORRE DE PROPANIZADORA Nº409

ESCALA (A1)

DOCUMENTO N.º 100001

CONTRATO:

CLIENTE:

DIBUJO 100000-001-PR-PI-001	REV
	1

ANEXO Nº 5

Add Equipment

Unit Number 100

Edit Equipment

CEPCI 609

User Added Equipment

Compressors	Compressor Type	Power (kilowatts)	# Spares	MOC		Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
C-101	Centrifugal	2960	1	Stainless Steel		\$ 32 800,000	\$ 188 700 000

Exchangers	Exchanger Type	Shell Pressure (barg)	Tube Pressure (barg)	MOC	Area (square meters)	Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
E-101	Floating Head	1	17	Nickel / Carbon Steel	5430	\$ 1 161 000	\$ 7 170 000

Pumps (with drives)	Pump Type	Power (kilowatts)	# Spares	MOC	Discharge Pressure (barg)	Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
P-101	Centrifugal	185	1	Carbon Steel	100	\$ 61 400	\$ 431 000
P-102	Centrifugal	254	1	Stainless Steel	100	\$ 78 400	\$ 739 000
P-103	Centrifugal	3150	1	Stainless Steel	100	\$ 950 000	\$ 8 960 000

Reactors	Type	Volume (cubic meters)					Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
R-101	Jacketed Agitated	464					\$ 1 760 000	\$ 1 760 000
Towers	Tower Description	Height (meters)	Diameter (meters)	Tower MOC	Demister MOC	Pressure (barg)	Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
T-101	13 Carbon Steel Sieve Trays	9.3	2.15	Stainless Clad		40	\$ 88 300	\$ 1 320 000
Turbines	Turbine Type	Power (kilowatts)	# Spares	MOC			Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
J-101	Radial	554	1	Nickel Alloy			\$ 419 000	\$ 4 890 000
Vessels	Orientation	Length/Height (meters)	Diameter (meters)	MOC	Demister MOC	Pressure (barg)	Purchased Equipment Cost	Bare Module Cost
V-101	Vertical	16,1	5,37	Nickel Clad		2	\$ 353 000	\$ 4 430 000
V-102	Vertical	4,13	1,38	Stainless Clad		-0,978	\$ 12 700	\$ 79 100
Total Bare Module Cost								\$ 213 970 000

ANEXO N° 6

BASES

Capital Fijo excluido Terreno	###	MMUS\$ del año 0
Valor del Terreno	4.5	MMUS\$ del año 0
Valor de Rescate (Año 5) Inversión en Capital de Trabajo	###	del Capital Fijo excluido terreno
Caja mínima	5	días de costos de producción
Materia Prima	15	días de uso
Producto Terminado	20	días de ventas
Cuentas por pagar	30	días de compras
Cuentas por cobrar	15	días de ventas
Pagos adelantados	25	días del 10% de costos fijos
Costo de Materia Prima	0.80	MUS\$ de 0/TM
Costos Variables de Operación	0.30	MUS\$ de 0/TM
Costos Fijos de Producción	###	de la Inversión en Capital Fijo y terreno

BASES

Capital Fijo excluido Terreno	###	MMUS\$ del año 0
Valor del Terreno	4.5	MMUS\$ del año 0 del Capital Fijo excluido terreno
Valor de Rescate (Año 5) Inversión en Capital de Trabajo	###	
Caja mínima	5	días de costos de producción
Materia Prima	15	días de uso
Producto Terminado	20	días de ventas
Cuentas por pagar	30	días de compras
Cuentas por cobrar	15	días de ventas
Pagos adelantados	25	días del 10% de costos fijos
Costo de Materia Prima	0.60	MUS\$ de 0/TM
Costos Variables de Operación	0.20	MUS\$ de 0/TM de la Inversión en Capital Fijo y terreno
Costos Fijos de Producción	###	

Gastos Administrativos	###	de los Costos de Producción
Gastos de Ventas	###	del Ingreso por Ventas
Balance de Materia	0.66	TM de producto/ Tm de Materia Prima
Ventas (MTM/Año)	66.0	1 2
Precio (MUS\$ de 0/TM)	2.80	66.0 2.80

FINANCIAMIENTO	####	de la Inversión en Capital Fijo
Tasa de Interés	15.0	%/año años sin período
Plazo	3	de gracia
Pagos anuales, vencidos y constantes		

Reserva Legal	###	Utilidad neta
Utilidad Retenida	###	Utilidad neta
Impuesto a la Renta	###	
Tasa de Inflación anual	###	
Días por año	355	
Factor de Servicio	90%	
Capacidad Nominal	282	TM/DO

Gastos Administrativos	###	de los Costos de Producción
Gastos de Ventas	###	del Ingreso por Ventas
Balance de Materia	0.68	TM de producto/ Tm de Materia Prima
Ventas (MTM/Año)	68.0	1 2 3 4 5
Precio (MUS\$ de 0/TM)	3.20	68.0 68.0 68.0 68.0 68.0

FINANCIAMIENTO	##	de la Inversión en Capital Fijo
Tasa de Interés	7.0	%/año años sin período de
Plazo	3	gracia
Pagos anuales, vencidos y constantes		

Reserva Legal	###	Utilidad neta
Utilidad Retenida	###	Utilidad neta
Impuesto a la Renta	###	
Tasa de Inflación anual	###	
Días por año	355	
Factor de Servicio	90%	
Capacidad Nominal	282	TM/DO

FLUJO DE CAJA PROYECTADO-EVALUACION ECONOMICA

(MIMUS\$ del Año 0)

	0	1	2	3	4	5
INVERSION:						
Capital Fijo	552.7					-58.4
Capital de Trabajo		13.1	0.5	0.0		-13.6
Total Inversión	552.7	13.1	0.5	0.0		-73.0
Utilidad Neta		-47.1	-47.8	-47.8	-47.8	-34.9
Depreciación		98.7	98.7	98.7	98.7	98.7
Flujo Neto de Fondos	-552.7	38.4	50.4	50.9	50.9	136.8
Aportes	552.7					
Dividendos						
Saldo Anual		38.4	50.4	50.9	50.9	136.8
Saldo Acumulado		38.4	88.9	139.8	190.7	327.5

VAN al 15% año 0: -350.6 MIMUS\$ de 0
 Tasa Interna de Retorno: -13.1 %
 Período de Recupero: 4.78 Años
 Relación B/C al 15%: 0.65
 I/P al 15%: -0.65

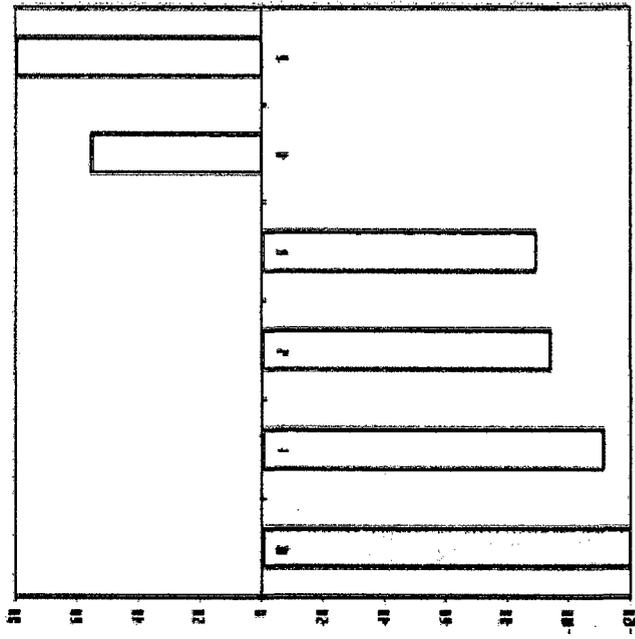
FLUJO DE CAJA PROYECTADO-EVALUACION ECONOMICA

(MIMUS\$ del Año 0)

	0	1	2	3	4	5
INVERSION:						
Capital Fijo	398.2					-43.4
Capital de Trabajo		11.9	0.3	0.0	0.3	-12.5
Total Inversión	398.2	11.9	0.3	0.0	0.3	-55.9
Utilidad Neta		47.5	47.6	47.6	50.9	50.9
Depreciación		71.0	71.0	71.0	71.0	71.0
Flujo Neto de Fondos	-398.2	106.6	118.3	118.6	121.5	177.8
Aportes	398.2					
Dividendos			44.5	44.5	44.5	47.6
Saldo Anual		106.6	73.8	74.1	77.0	130.2
Saldo Acumulado		106.6	180.4	254.5	331.5	461.7

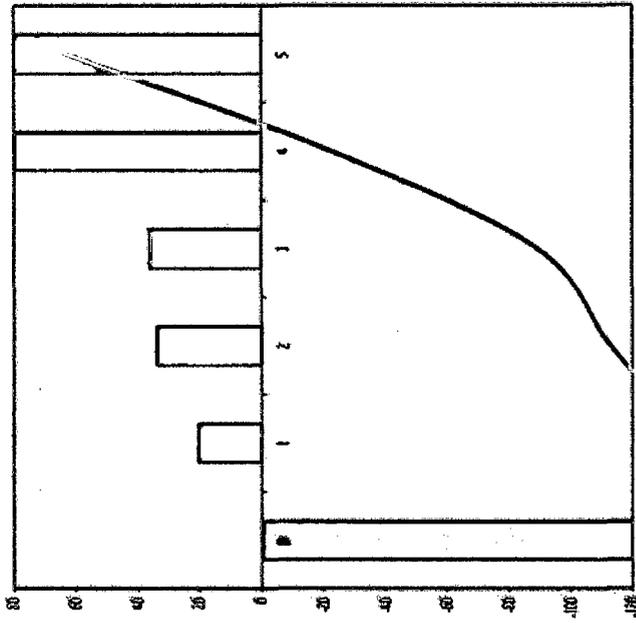
VAN al 15% año 0: 19.8 MIMUS\$ de 0
 Tasa Interna de Retorno: 18.9 %
 Período de Recupero: 4.78 Años
 Relación B/C al 15%: 1.03
 I/P al 15%: 0.05

VALORES del año 0	0	1	2	3	4	5
RF	-262.5	-111.6	-94.3	-89.4	55.5	172.5
VPVA 6.5%	-262.5	-339.5	-439.9	-499.7	-457.9	-372.1



FLUJO NETO DE FONDOS

VALORES del año 0	0	1	2	3	4	5
RF	-156.0	29.3	34.0	36.0	18.3	172.5
VPVA 6.5%	-156.0	-133.3	-112.6	-88.9	-22.1	89.7



FLUJO NETO DE FONDOS

BALANCE GENERAL PROYECTADO-EVALUACION FINANCIERA
(MMUS\$ del Año 0)

	0	1	2	3	4	5
ACTIVO						
Caja-Banco		187	179	179	57.34	228.17
Inventario de MP		407	386	386	3.86	
Inventario de PT		7.07	7.15	7.15	7.15	
Cuentas por Cobrar		868	868	868	8.68	
Pagos Adelantados		0.18	0.18	0.18	0.18	
A. Fijo e Intangible Neto	656.47	545.65	434.83	324.00	213.18	
TOTAL ACTIVO	656.47	567.32	456.48	345.65	298.38	228.17
PASIVO						
Corto Plazo						
Cuentas por Pagar		7.68	6.92	6.94	6.94	
Amortización	119.00	130.90	143.99			
Dividendos						
Largo Plazo						
Deuda	274.88	143.99				
Patrimonio						
Aportes	262.58	374.17	468.45	557.82	557.82	557.82
Reserva Legal						
Utilidad Retenida						
Pérdidas		92.68	173.86	242.31	297.38	352.85
Ajuste por Inflación		3.5	11.0	23.2	23.2	23.2
TOTAL PASIVO	656.47	752.87	884.29	838.27	885.55	933.88

BALANCE GENERAL PROYECTADO-EVALUACION FINANCIERA
(MMUS\$ del Año 0)

	0	1	2	3	4	5
ACTIVO						
Caja-Banco		21.74	24.23	24.44	105.80	234.82
Inventario de MP		2.74	2.59	2.59	2.67	
Inventario de PT		4.08	4.09	4.09	4.20	
Cuentas por Cobrar		9.14	9.14	9.14	9.41	
Pagos Adelantados		0.03	0.03	0.03	0.03	
A. Fijo e Intangible Neto	398.17	327.21	256.25	185.28	114.32	
TOTAL ACTIVO	398.17	364.93	296.32	225.57	236.43	234.92
PASIVO						
Corto Plazo						
Cuentas por Pagar		5.16	4.66	4.67	4.82	
Amortización	74.31	79.51	85.08			
Dividendos		31.55	35.90	40.20	47.60	47.60
Largo Plazo						
Deuda	164.59	85.08				
Patrimonio						
Aportes	159.27	159.27	159.27	159.27	159.27	159.27
Reserva Legal		0.51	1.09	1.73	2.49	3.25
Utilidad Retenida		1.69	3.61	5.76	8.30	10.85
Pérdidas						
Ajuste por Inflación		2.2	6.7	13.9	13.9	13.9
TOTAL PASIVO	398.17	364.93	296.32	225.57	236.43	234.92

BALANCE GENERAL PROYECTADO-EVALUACION ECONOMICA
(MNUSS del Año 0)

	0	1	2	3	4	5
ACTIVO						
Caja-Banco		44.06	99.00	154.56	210.11	380.94
Inventario de MP		4.07	3.86	3.86	3.86	
Inventario de PT		7.07	7.15	7.15	7.15	
Cuentas por Cobrar		8.88	8.68	8.68	8.68	
Pagos Adelantados		0.18	0.18	0.18	0.18	
A. Fijo e Intangible Neto	656.47	545.65	434.83	324.00	213.18	
TOTAL ACTIVO	656.47	609.71	553.68	498.43	443.16	390.94
PASIVO						
Corto Plazo						
Cuentas por Pagar		7.68	6.92	6.94	6.94	
Dividendos						
Patrimonio						
Aportes	656.47	656.47	656.47	656.47	656.47	656.47
Reserva Legal						
Utilidad Retenida						
Pérdidas		54.44	109.71	164.98	220.25	275.53
TOTAL PASIVO	656.47	718.59	773.11	828.40	893.67	932.00

BALANCE GENERAL PROYECTADO-EVALUACION ECONOMICA
(MNUSS del Año 0)

	0	1	2	3	4	5
ACTIVO						
Caja-Banco		107.88	181.65	255.52	332.55	461.67
Inventario de MP		2.74	2.59	2.59	2.67	
Inventario de PT		4.08	4.09	4.09	4.20	
Cuentas por Cobrar		9.14	9.14	9.14	9.14	
Pagos Adelantados		0.03	0.03	0.03	0.03	
A. Fijo e Intangible Neto	398.17	327.21	258.25	186.28	114.52	
TOTAL ACTIVO	398.17	450.88	453.55	456.65	463.18	461.67
PASIVO						
Corto Plazo						
Cuentas por Pagar		5.18	4.66	4.67	4.82	
Dividendos		44.46	44.53	44.53	47.60	47.60
Patrimonio						
Aportes	398.17	398.17	398.17	398.17	398.17	398.17
Reserva Legal		0.71	1.43	2.14	2.91	3.67
Utilidad Retenida		2.38	4.78	7.14	9.69	12.23
Pérdidas						
TOTAL PASIVO	398.17	450.88	453.55	456.65	463.18	461.67

CONCLUSIONES

- * La Planta de Producción de Butadieno será rentable bajo condiciones óptimas.
- * El Estado Peruano es el principal propulsor de la Industria Petroquímica.
- * El Mercado de butadieno tiende al alza en los próximos 20 años, tiempo en el que la planta operaría.
- * La capacidad óptima, y con la cual obtendríamos mayor rentabilidad, es de 125000 toneladas de procesamiento de butano.
- * La tendencia mundial con respecto al tipo de obtención de butano está virando hacia el proceso expuesto en este trabajo, debido a que la supremacía de los crackers de Etileno y las reservas en aumento de Shell Gas harán que los productos C4 a más pesados sean menos utilizados en la producción de petroquímicos básicos, lo que disminuiría el precio del butano a nivel mundial.
- * Las condiciones que hacen rentable este proyecto se manifestarían si la especulación de la conclusión previa se da en la Industria a nivel mundial.
- * La alta disposición de Gas Natural en el Perú hará que poco a poco el GLP se deje de utilizar con lo cual las exportaciones de butano aumentarían, lo que haría factible una mayor disposición de materia prima para la Planta de Butadieno, permitiendo su expansión y abaratando costos de materia prima al ser utilizada en el Perú.
- * Al establecer un gran complejo petroquímico, el proyecto se hace viable, debido a la disminución de costos variables ocasionado por la integración de servicios de las diversas plantas establecidas en el complejo y a los beneficios tributarios que el Estado Peruano otorgaría en aras del fortalecimiento de la Industria Petroquímica en el Perú.

RECOMENDACIONES

- * Analizar a detalle los parámetros económicos y financieros para así poder en un inicio saber si el proyecto es rentable o no.
- * Establecer bajo qué condiciones el proyecto sería rentable y analizar la tendencia a que estas se puedan dar.
- * Analizar los parámetros socio-ambientales, ya que estos son hasta más importante que todo el estudio técnico.
- * Tener siempre en cuenta la Ingeniería de Seguridad para evitar desastres o realizar un análisis HAZOP (Hazardous Operations).
- * Simular de manera óptima el proceso de Producción del producto a obtener, de modo que posteriormente se puedan hacer mejoras en el proceso, tales como la integración del calor para su optimización (Análisis Pinch), optimización en el uso de Servicios, la mayor cantidad de producto obtenido, etc.