

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO,
GAS NATURAL Y PETROQUIMICA



**“ESTUDIO TECNICO ECONOMICO PARA LA
IMPLEMENTACION DE UN COMPLEJO PETROQUIMICO
DE POLIETILENO (PE) A PARTIR DEL ETANO DEL GAS
NATURAL DE CAMISEA”**

**TITULACION POR ACTUALIZACION DE
CONOCIMIENTOS PARA OPTAR EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO PETROQUIMICO**

**ELABORADO POR:
AQUINO AQUINO JORGE ELVIO**

**PROMOCION: 2005-I
LIMA – PERU
2010**

**INFORME TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN
DE UN COMPLEJO PETROQUÍMICO DE POLIETILENO (PE)
A PARTIR DEL ETANO DEL GAS NATURAL DE CAMISEA**

INDICE

PÁGINA

Capítulo I: INTRODUCCION	1
Capítulo II: ESTUDIO DE MERCADO	
2.1 Introducción	3
2.2 Objetivos del Capítulo	3
2.3 Identificación del Producto a producir en el Complejo Petroquímico	4
2.4 Producción de Productos Principales	5
2.5 Breve descripción de los productos a producir y comercializar	
2.5.1 Polietileno	6
2.5.2 Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	7
2.5.3 Polietileno de Baja Densidad (PEBD)	7
2.5.4 Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD)	8
2.6 El área de mercado	
2.6.1 Identificación del área demandante de Polietilenos	8
2.6.2 Determinación del área geográfica que abarcará el estudio	8
2.6.3 Metodología usada en la investigación de mercado	9
2.6.4 Análisis de la demanda	
2.6.4.1 Situación actual del mercado Latinoamericano	10
2.6.4.2 Flujo comercial del mercado Latinoamericano	12
2.6.4.3 Análisis de los mercados de Argentina, Brasil y México	
2.6.4.3.1 Análisis del mercado Argentino	12
2.6.4.3.2 Análisis del mercado Brasileiro	13
2.6.4.3.3 Análisis del mercado Mexicano	14
2.6.4.4 Conclusión acerca de la demanda de los países Latinoamericanos de mayor demanda de Polietilenos	15
2.6.4.5 Situación Futura: Proyección de la demanda del mercado Latinoamericano	15
2.6.4.6 Situación Futura: Proyección del déficit de Polietileno en América Latina	18
2.6.4.7 Situación Actual del mercado Peruano	19
2.6.4.7.1 Importación de Polietileno	19

2.6.4.8 Situación Futura: Proyección de la demanda en el mercado Peruano	21
2.6.5 Análisis de la Oferta	
2.6.5.1 Mercado Latinoamericano	23
2.6.5.2 Capacidad productiva de Polietileno en América Latina	24
2.6.5.3 Situación Futura: Nuevos proyectos de Complejos Petroquímicos	24
2.6.5.4 Situación Futura: Nuevas plantas de Pirólisis para Polietilenos en América Latina	27

Capítulo III: TAMAÑO DEL COMPLEJO PETROQUÍMICO

3.1 Relación Tamaño-Mercado	28
3.2 Relación Tamaño-Tecnología	31
3.3 Esquema propuesto del Complejo Petroquímico	31
3.4 Dimensionamiento del Complejo de "Pirólisis"	32
3.5 Cálculo de la cantidad de Etano requerido en el Complejo Petroquímico	33
3.6 Disponibilidad de materia prima	35
3.7 Reserva de Gas de Camisea	35
3.8 Demanda Proyectada del Gas de Camisea	36
3.9 Balance oferta, demanda y disponibilidad del gas de Camisea para el Complejo Petroquímico de PE	38
3.10 Materia prima requerido para el Complejo Petroquímico de PE	39

Capítulo IV: LOCALIZACIÓN DEL COMPLEJO PETROQUÍMICO

4.1 Factores a considerar para la localización del Complejo Petroquímico	42
4.2 Factores de Localización	43
4.3 Descripción de los siete factores de Localización a satisfacer	
4.3.1 Factor 1: Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico	43
4.3.1.1 Sabotaje y terrorismo	43
4.3.1.2 Sismos	45
4.3.1.3 Tsunamis	45
4.3.2 Factor 2: Una tubería cercana de Gas Natural	46
4.3.3 Factor 3: Un puerto desde el cual se puedan embarcar sus productos y/o recibir materia prima.	47

4.3.4	Factor 4: Fuente de Agua dulce que puede ser de mar	49
4.3.5	Factor 5: Proximidad al mercado Nacional y Exportación	50
4.3.6	Factor 6: Proximidad a la fuente de Energía Eléctrica	50
4.3.7	Factor 7: Impacto Ambiental	51
4.4	Resumen sobre la discusión de los criterios de selección de locación a satisfacer.	53
4.5	Probables ubicaciones del Complejo Petroquímico	
4.5.1	Posible lugar de locación: Norte de Pisco	55
4.5.2	Posible lugar de locación: Pampa Melchorita	56
4.5.3	Posible lugar de locación: Pampa Clarita	57
4.5.4	Posible lugar de locación: San Nicolás-Marcona	58
4.5.5	Posible lugar de locación: Matarani	59
4.5.6	Posible lugar de locación: Ilo	60
4.6	Matriz de confrontaciones para determinar la ubicación del Complejo Petroquímico.	61

Capítulo V: DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

5.1	Descripción del proceso de extracción de Etano del Gas Natural	63
5.2	Descripción del proceso de Cracking Térmico	63
5.3	Descripción del proceso de Polimerización	67
5.4	Tecnologías para el proceso de Polimerización de PE	74
5.5	Descripción de los tipos de proceso de Polimerización	76

Capítulo VI: SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

6.1	Tecnología para la extracción de Etano	
6.1.1	Descripción del proceso CORE FLUX TM -C2	80
6.2	Tecnología para la producción de Etileno.	
6.2.1	Descripción del proceso ABB-LUMMUS	81
6.3	Tecnología para la producción de Polietileno.	
6.3.1	Descripción del proceso LUPOTECH T y LUPOTECH TM	83
6.3.2	Descripción del proceso HOSTALEN	87

Capítulo VII: ESTUDIO ECONÓMICO

7.1	Introducción	91
7.2	Objetivos del estudio	91

PÁGINA

7.3 Recursos Financieros para la Inversión	
7.3.1 Necesidades totales de Capital	92
7.3.2 Cálculo del capital de trabajo	93
7.4 Análisis y proyecciones financieras	
7.4.1 Supuestos de las proyecciones	94
7.4.2 Proyecciones de gastos	95
7.4.3 Proyección de ingresos	95
7.4.4 Depreciación activo fijo y amortización activos diferidos	96
7.5 Programa de financiamiento	
7.5.1 Estructura y fuentes de financiamiento	97
7.6 Evaluación Financiera	
7.6.1 Tasa interna de retorno (TIR)	99
7.6.2 Valor actual neto (VAN)	100
7.6.3 Tiempo de retorno de la inversión (PAY OUT)	100
7.7 Análisis de riesgo	100
7.8 Análisis de sensibilidad	
7.8.1 Sensibilidad al precio de venta de los productos	103
7.8.2 Sensibilidad al precio de materia prima	103
Capítulo VIII: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
8.1 Introducción	108
8.2 Definición de impacto ambiental	108
8.3 Etapas de un estudio de impacto ambiental (EIA)	112
8.4 Objetivos del EIA	113
8.5 Conceptos ambientales generales	113
8.6 Base legal	114
8.7 Identificación de Aspectos Ambientales	
8.7.1 Impactos potenciales durante la construcción del Complejo Petroquímico	115
8.7.2 Impactos potenciales durante la operación del Complejo Petroquímico	117
8.8 Conclusiones	119
Capítulo IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
9.1 Conclusiones	121
9.2 Recomendaciones	126
BIBLIOGRAFÍA	128

PROLOGO

En el presente informe se han desarrollado nueve capítulos, se inician con el Estudio de Mercado y finalizan con las Conclusiones y Recomendaciones.

En el capítulo relacionado con el Estudio de Mercado se hace un análisis de la demanda y oferta de los Polietilenos en el Mercado Peruano y Latinoamericano, basado en los estudios que ha realizado una empresa del rubro, Polyolefins Consulting, en este capítulo se demuestra que existe un mercado suficiente para garantizar la subsistencia del Complejo Petroquímico de Polietileno (PE).

En el capítulo relacionado con el dimensionamiento de las Plantas del Complejo Petroquímico se ha determinado que la Planta de Polimerización será de 1 100 MTM/año y la Planta de "Steam Craking" será de 1 400 MTM/año. Teniendo como referencia el mercado insatisfecho del Perú y América Latina. En este capítulo también se demuestra que el Perú cuenta con suficiente Gas Natural de Camisea para abastecer al Complejo Petroquímico de PE, ya que el Complejo necesita 4.9 TCF de Etano, en los veinte años de operación, y el Perú tiene una reserva de Gas Natural de Camisea de 5.1 TCF.

En el capítulo relacionado a la ubicación del Complejo Petroquímico se ha determinado que el lugar que garantiza el normal desarrollo de las operaciones del complejo es Pampa Melchorita ubicada en la Provincia de Pisco, Departamento de Ica.

En el capítulo relacionado a la descripción de los procesos se han descrito el proceso de extracción de Etano, proceso de "Pirólisis" y los procesos de Polimerización. Y se han seleccionado las tecnologías de COREFLUXTM-C2 para la extracción de Etano, el proceso de "Steam Craking" de tecnología ABB LUMMUS para el proceso de obtención del Etileno y finalmente se ha escogido los procesos de LUPOTECH T y HOSTALEN de BASSELL para la Polimerización del Etileno.

En el capítulo relacionado al Estudio Económico se ha determinado que el Complejo Petroquímico de PE es viable económicamente ya que tiene un Valor Actual

Neto(VAN) de 1 290 millones de dólares, una Tasa de Retorno (TIR) de 14.9 y un Tiempo de Retorno de la Inversión (PAY-OUT) de 8.5 años. También se ha realizado un análisis de riesgo de la Inversión para el precio de materia prima (Gas Natural de Camisea) y el precio de los productos, vale decir el Polietileno de Alta Densidad(PEAD) y Polietileno de Baja Densidad (PEBD).

En el Capítulo relacionado al Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se ha descrito las etapas que comprende un EIA y he identificado los Aspectos Ambientales del Complejo Petroquímico en las etapas de construcción y operatividad del complejo.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El Objetivo General del presente informe es demostrar la factibilidad de la industrialización del Gas Natural de Camisea mediante la implementación de un Complejo Petroquímico de Polietileno (PE) a partir del Etano del Gas Natural de Camisea a fin de satisfacer la demanda insatisfecha de PE en el Perú y América Latina.

Con el Complejo Petroquímico propuesto se pretende dar “valor agregado” al Gas Natural de Camisea que es excepcionalmente rico en Etano (aproximadamente 10% en su composición). Actualmente, el Etano, que es la base de la Petroquímica, lo estamos usando gran parte, para la generación eléctrica. Las empresas eléctricas están desarrollando “ciclo abiertos” en la generación de electricidad y están aprovechando el precio de masificación del Gas Natural de Camisea y no optimizan el uso del Gas Natural “barato”, el gobierno peruano debe impulsar el desarrollo de “ciclos combinados” para la generación de electricidad.

Considerando que la industria que demanda los Polietilenos es la industria de plásticos cuando se instale el Complejo Petroquímico se pretende disminuir la importación de plásticos, en sus formas primarias, beneficiando a la economía nacional.

Teniendo en cuenta la demanda de PE en los mercados objetivo, cuya fuente será principalmente Polyolefins Consulting LLC, una consultora especializada en la industria Petroquímica, se va realizar el dimensionamiento de las Plantas del Complejo Petroquímico y se va a determinar el volumen de Gas Natural de Camisea que se necesita. En adición, vamos a comprobar si tenemos suficiente reservas certificadas de Gas Natural de Camisea para abastecer al Complejo Petroquímico, para ello se va realizar un análisis de las reservas de Gas Natural de Camisea, principalmente de los lotes 88 y 56.

En el presente informe vamos a sugerir el esquema y el lugar donde estaría ubicado el Complejo Petroquímico de PE, también vamos a identificar los diferentes procesos presentes en el Complejo Petroquímico, con su respectiva tecnología, finalmente se realizará el análisis económico del Complejo Petroquímico.

CAPITULO II

ESTUDIO DE MERCADO

2.1 INTRODUCCION

La finalidad del estudio de mercado es probar que existe un número suficiente de personas, empresas u otras entidades económicas que, dadas ciertas condiciones, presentan una demanda que justifica la puesta en marcha de un determinado proyecto de producción -de bienes o servicios- en un cierto período.

Dado esta definición, el estudio de mercado del presente proyecto presenta los siguientes bloques de análisis requeridos:

- ❖ Demanda.
- ❖ Oferta.

2.2 OBJETIVOS DEL CAPITULO

- ❖ Identificar y definir las resinas termoplásticas de mayor consumo tanto a nivel nacional como internacional.
- ❖ Identificar la industria demandante del producto a comercializar.
- ❖ Identificar la zona geográfica de instalación del Complejo Petroquímico.
- ❖ Efectuar el análisis del comportamiento de la demanda; su situación actual, características y situación futura.
- ❖ Realizar el análisis de las principales características de la oferta existente en Latinoamérica (Costa del Pacífico Sudamericano) y Asia (China).
- ❖ Realizar un análisis de las posibilidades del proyecto en cuanto a las condiciones de competencia del proyecto y la demanda potencial del proyecto.

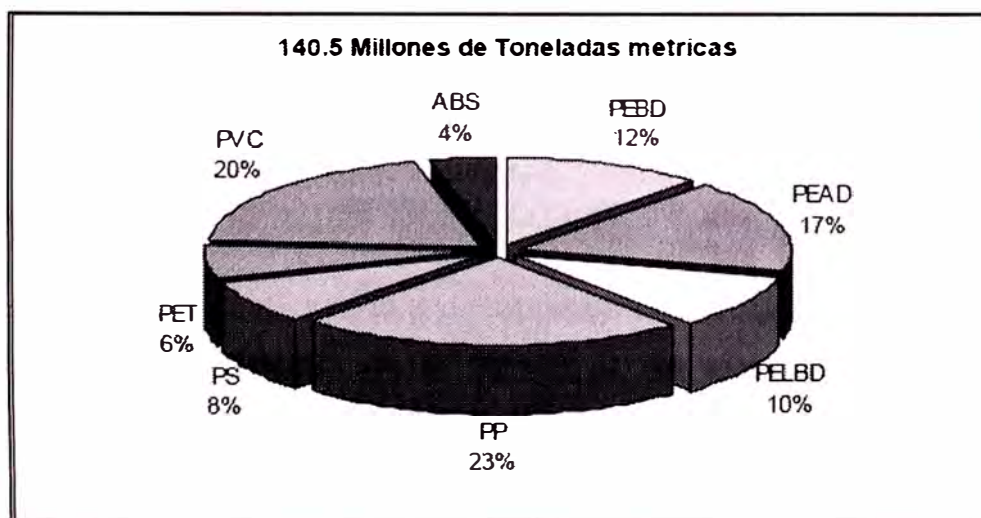
2.3 IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO A PRODUCIR EN EL COMPLEJO PETROQUÍMICO

La identificación de los productos que va producir el Complejo Petroquímico, de los tantos que se tienen en la Industria Petroquímica y específicamente dentro los plásticos, corresponde a la etapa inicial del proyecto.

Los termoplásticos son, parte de las diferentes clases de plásticos¹, los más comercializados en el mundo, con el 49% de la demanda total de plásticos (según Hydrocarbon Processing del año 2006) y la industria Petroquímica dedica buena parte de sus esfuerzos al desarrollo tecnológico de la producción de termoplásticos.

Dentro de la categoría de los termoplásticos, cinco de ellos destacan por sus múltiples aplicaciones y propiedades: El Polietileno (PE) en sus diferentes formas (PEAD, PEBD, PELBD)² el Polipropileno (PP), el Poliestireno (PS), el Cloruro de Polivinilo (PVC) y el Polietilenotereftalato (PET). El Gráfico siguiente proporciona una mejor idea de lo expresado.

Gráfico II-1
Demanda Mundial de Termoplásticos



Fuente: Hydrocarbon Processing-2006

¹ En base a la distribución espacial de las cadenas cuando el plástico está endurecido, los plásticos se clasifican en: Elastómeros, Termoestables y Termoplásticos.

² PEAD: Polietileno de Alta Densidad,
PEBD: Polietileno de Baja Densidad,
PELBD: Polietileno Lineal de Baja Densidad

Del Gráfico anterior se desprende que los Polietilenos destacan de manera especial dentro los termoplásticos sumando en conjunto el 39% (54.8 MMTm/año) del consumo mundial de termoplásticos, con una proyección que hace preveer su predominio por encima de los demás durante un tiempo considerable.

El presente estudio toma como base estos argumentos para justificar la producción de Polietilenos a partir del Etano del Gas Natural, y aprovechar el porcentaje de Etano (superior al 10%) presente en el Gas Natural de Camisea. En el Gráfico siguiente se proporciona la información del porcentaje de Etano presente en el Gas Natural de Camisea.

Tabla II-1
Porcentaje de Etano en el Gas Natural de Camisea

CERTIFICADO DE ENTREGA REPORTE MENSUAL												
<i>Estación de Medición: U2201</i>												
<i>City Gate: Lurín</i>												
<i>Operador Relacionado: GNLC</i>												
F E C H A	Composición %Molar											
	N2	CO2	C1	C2	C3	n-C4	I-C4	n-C5	I-C5	C6	C7	C8
FEBRERO	0.7840	0.2446	88.3095	10.5463	0.1096	0.0025	0.0018	0.0002	0.0002	0.0007	0.0005	0.0003

Fuente: Cálidda, año 2009

2.4 PRODUCCION DE PRODUCTOS PRINCIPALES

Para el proyecto se ha considerado la producción de dos productos principales que son los siguientes:

- ❖ Polietileno de baja densidad (PEBD)
- ❖ Polietileno de alta densidad (PEAD)

Estos productos son considerados finales de la Industria Petroquímica e insumos para la industria de los plásticos. Los productos mencionados caen dentro la categoría de los llamados “commodities”. Es decir, sus precios son cotizados en el mercado internacional.

2.5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS A PRODUCIR Y COMERCIALIZAR

2.5.1 POLIETILENO

Los Polietilenos son importantes polímeros olefínicos que cada año van alcanzando un crecimiento más significativo. La combinación de propiedades útiles, fabricación fácil y buenos aspectos económicos ha originado que se les considere como materiales comerciales. Son producidas mediante procesos a alta y baja presión en los que se usan varios sistemas catalíticos complejos. Como resultado se obtienen varias familias de polímeros

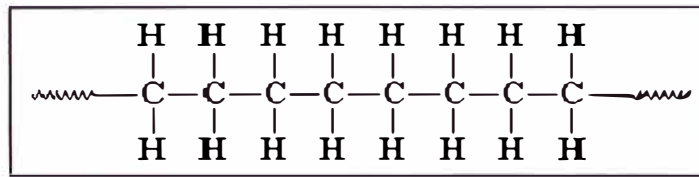
- a) El de alta densidad (PEAD).
- b) El de baja densidad (PEBD).
- c) El lineal de baja densidad (PELBD).

Los dos primeros son homopolímeros y el último es un copolímero del Etileno con otros monómeros. Dentro de cada categoría, también hay diferencias en el peso molecular, lo que permite disponer de una suficiente variedad de Polietilenos para sus distintas aplicaciones. A este respecto, las diferentes variedades se distinguen en la práctica por las siguientes propiedades:

- ❖ El porcentaje de cristalinidad.
- ❖ La densidad.
- ❖ La temperatura de reblandecimiento.
- ❖ El índice de fluidez.

2.5.1.1 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)

Es un polímero de cadena lineal no ramificada

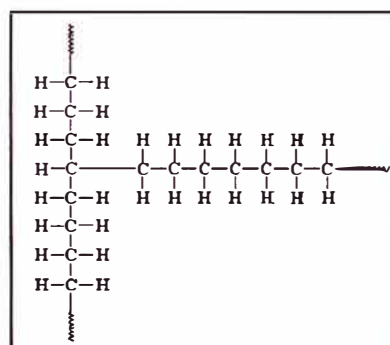


Se obtiene por polimerización del etileno a presiones relativamente bajas (1-200 atm), con catalizador alquilmetálico (catálisis de Ziegler) o un óxido metálico sobre sílice o alúmina (procesos Phillips y Standard Oil).

Su resistencia química y térmica, así como su opacidad, impermeabilidad y dureza son superiores a las del Polietileno de baja densidad. Se emplea en la construcción y también para fabricar prótesis, envases, bombonas para gases y contenedores de agua y combustible.

2.5.1.2 POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (PEBD)

Es un polímero de cadena ramificada.



Se obtiene por polimerización del etileno a altas presiones (aproximadamente 1 200 atm y 200° C) con oxígeno o catalizador de peróxido y por mecanismo de radicales libres. Es un sólido más o menos flexible, según el grosor, ligero y buen aislante eléctrico. Se trata de un material plástico que por sus características y bajo costo se utiliza mucho en envasado, revestimiento de cables y en la fabricación de tuberías.

2.5.1.3 POLIETILENO LINEAL DE BAJA DENSIDAD (PELBD)

El Polietileno lineal de baja densidad se obtiene polimerizando el etileno con un alqueno (especialmente 1-buteno) a baja presión, en disolución, suspensión o fase gaseosa y en presencia de catalizadores. Se trata de un polímero con ramificaciones muy cortas y uniformes que hacen que su temperatura de fusión y su resistencia a la tracción y al agrietamiento sean superiores a las del Polietileno de baja densidad. Se utiliza en el recubrimiento de cables y en la fabricación de objetos moldeados por extrusión o soplado.

2.6 EL AREA DE MERCADO

2.6.1 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DEMANDANTE DE POLIETILENOS

Considerando que las resinas termoplásticas son productos intermedios, el principal consumidor de las mismas es el sector industrial de plásticos. El mismo, está formado por un gran número de empresas en el mundo dedicados a transformar las resinas por medio de diversos procesos, tales como: inyección, soplado, film, calandreo, moldeo, rotomoldeo, extrusión, etc., en productos finales.

2.6.2 DETERMINACIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA QUE ABARCARÁ EL ESTUDIO

Para el caso del proyecto, se utilizará un criterio comúnmente utilizado para el establecimiento de Proyectos Petroquímicos; para la implementación de un Complejo Petroquímico es necesario que se cumpla con siete condiciones para instalarse en una determinada zona geográfica, que son los siguientes:

1. Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico.
2. Una tubería cercana al Gas Natural de Camisea.

3. Un puerto, desde el cual se puedan embarcar sus productos y/o recibir materia prima.
4. Fuente de agua dulce (que puede ser de mar)
5. Proximidad al Mercado Nacional y Exportación.
6. Proximidad a la fuente de Energía Eléctrica.
7. Impacto Ambiental

Los siguientes lugares pueden cumplir con las siete condiciones: Departamento de Lima, específicamente en la Provincia de Cañete (Pampa Clarita), límite de Cañete y Chincha (Pampa Melchorita), Provincia de Pisco (Norte de Pisco), Provincia de Marcona (Puerto de San Nicolás de Marcona); Departamento de Arequipa (Matarani) y Departamento de Moquegua (Ilo). Es decir, en la zona sur del Perú se puede desarrollar el Polo Petroquímico del Etano. La selección de la zona geográfica donde se construirá el Complejo Petroquímico será desarrollada en el CAPITULO IV del presente informe.

2.6.3 METODOLOGÍA USADA EN LA INVESTIGACIÓN DEL MERCADO

Para tomar una decisión sobre el proyecto es necesario que éste sea sometido al análisis multidisciplinario. Una decisión de este tipo no puede ser tomada con un enfoque limitado, o ser analizado sólo desde un punto de vista, sino que está basado en una metodología lógica que abarca la consideración de todos los factores que participan y afectan el estudio de mercado como son: el análisis de la demanda, análisis de la oferta, análisis de precios, y análisis de la comercialización.

2.6.4 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

El principal propósito que se persigue con el análisis de la demanda es determinar y medir cuales son las fuerzas que afectan los requerimientos del mercado con respecto

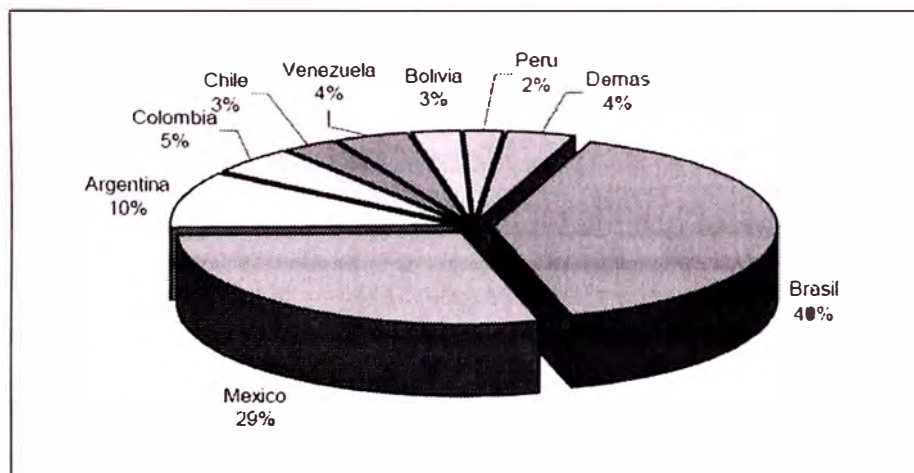
a los productos que se van a comercializar, así como determinar la posibilidad de participación de los productos en la satisfacción de dicha demanda.

2.6.4.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO LATINOAMERICANO

El Consumo Aparente³ de Polietileno (PE) en América Latina durante el año 2008 fue de 5 000 MTm/año y el crecimiento anual promedio fue de 7%⁴. La composición de este mercado, que poco ha cambiado en los últimos años, muestra una participación de casi cuatro veces mayor de solo tres países (79% de participación conjunta) que los restantes diecinueve países de la región. Como se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico II-2

Consumo Aparente de Polietileno (PE) en América Latina



Fuente: Polyolefins Consulting, año 2008

Del gráfico anterior se desprende que la situación actual en cuanto a la demanda de Polietileno (PE) nos muestra que un 79% del Consumo Aparente de PE se ubica geográficamente en los países de Brasil (40%), México (29%) y Argentina (10%) y los países de la Costa del Pacífico tienen una demanda de (17%) respecto al total de la demanda en América Latina.

³ Consumo Aparente: Producción + Importaciones - Exportaciones.

⁴ Según: Polyolefins Consulting

2.6.4.2 FLUJO COMERCIAL DEL MERCADO LATINOAMERICANO

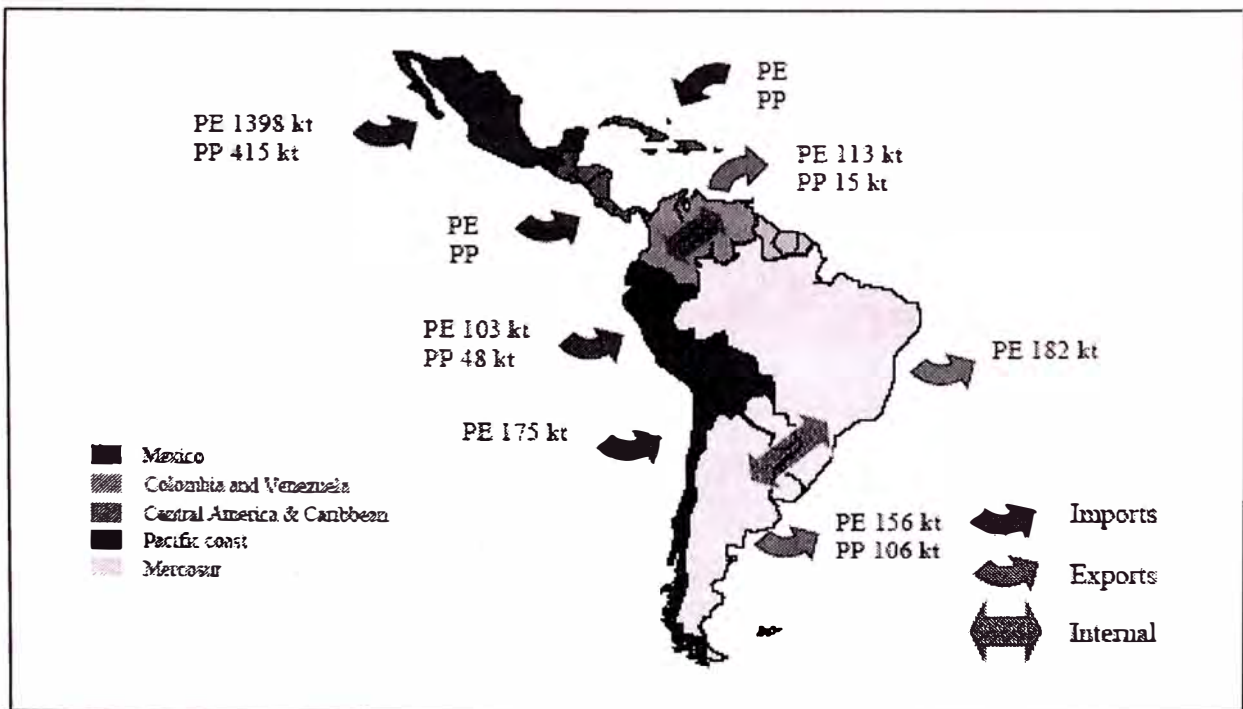
Con respecto al flujo comercial en la región, el comercio de las resinas termoplásticas en Latinoamérica es distintivamente intrarregional, puesto que el comercio de Polietilenos es global.

La Costa del Pacífico de Sudamérica se provee de resinas principalmente desde Estados Unidos y Brasil en tanto que Paraguay, Uruguay y Bolivia se suplen de materias desde Argentina y Brasil. Por otro lado existe un flujo comercial notorio entre Venezuela y Colombia principalmente de exportaciones de Polietileno (PE) desde Venezuela.

Dentro el tratado del MERCOSUR existe un claro balance entre la demanda y la oferta, registrando el mayor flujo Sudamericano el comercio entre Brasil y Argentina, los cuales se constituyen además en exportadores hacia Europa, Asia y África. El gráfico siguiente ilustra el flujo comercial del año 2006 en la región.

Gráfico II-3

Flujo Comercial de Poliolefinas en la Región, año 2006



Fuente: Polyolefins Consulting, L.L.C.

El Gráfico II-3 indica que los mayores importadores son México, los países de la Costa del Pacífico Sudamericano y América Central.

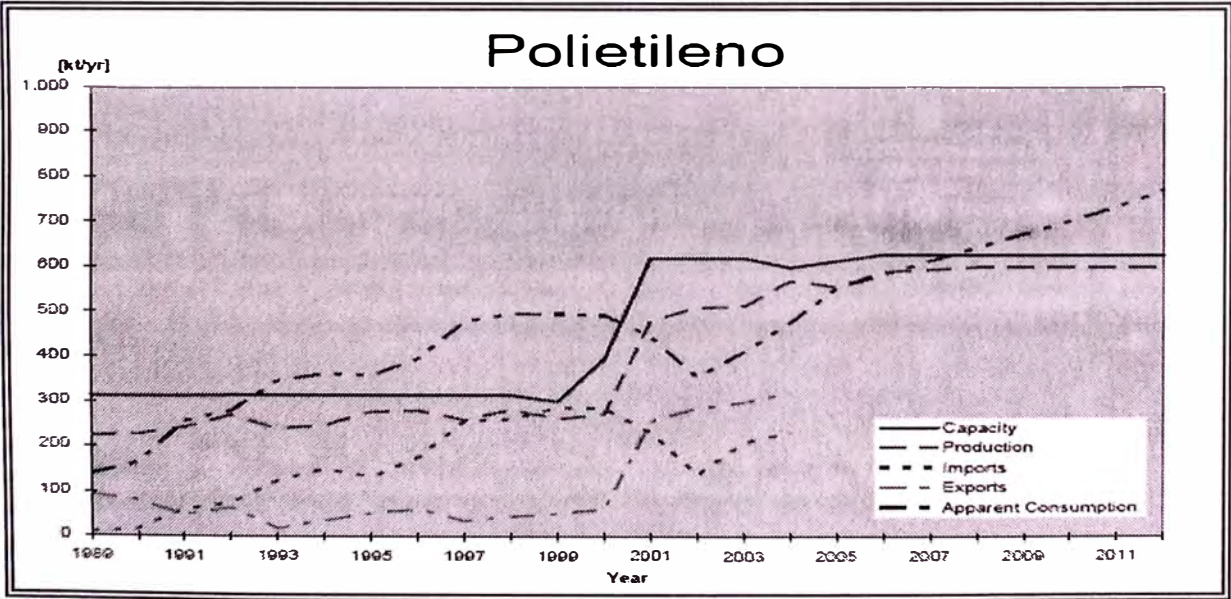
2.6.4.3 ANÁLISIS DE LOS MERCADOS DE ARGENTINA, BRASIL Y MÉXICO

En las siguientes páginas se muestran las gráficas correspondientes a la capacidad instalada, producción, importaciones, exportaciones y Consumo Aparente de Polietileno para los países con mayor consumo (Brasil, México y Argentina), los cuales representan cerca del 80% del consumo total del Mercado Latinoamericano. Las gráficas se han sido tomadas de un estudio realizado por Polyolefins Consulting LLC.

2.6.4.3.1 MERCADO ARGENTINO

Gráfico II-4

Consumo Aparente en Argentina de Polietileno (PE)



Fuente: Polyolefins Consulting, L.L.C.

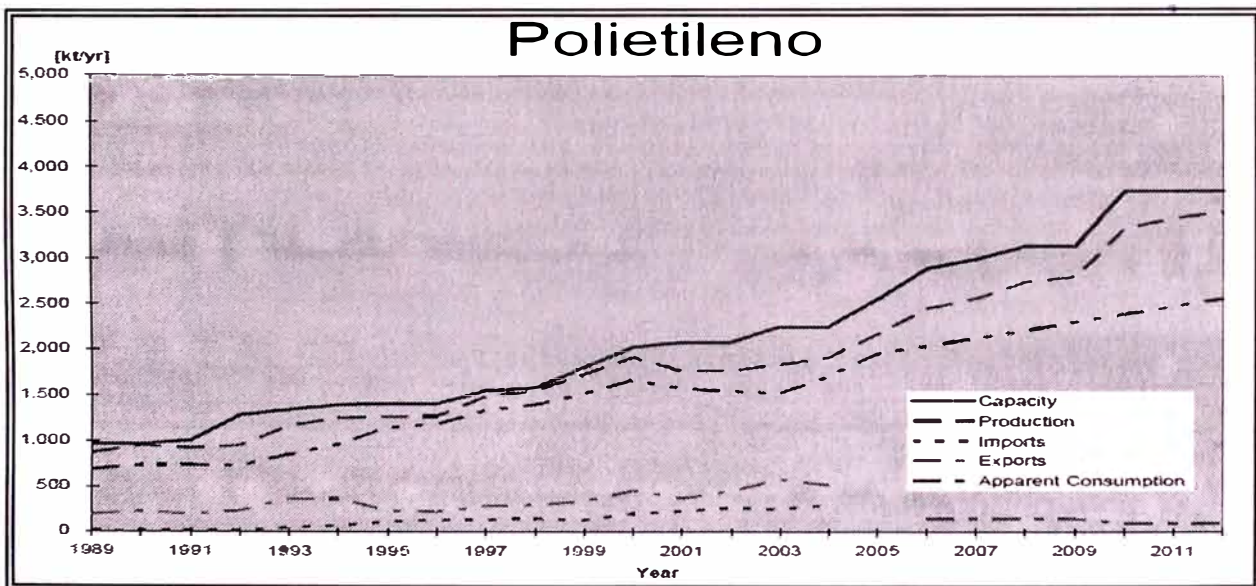
En el Gráfico II-4 se muestra que la Industria Petroquímica en Argentina se recupera, pero, necesita capacidad adicional de Polietileno (PE) antes del fin de la década. Se ve que el nivel de consumo ha mantenido un crecimiento sostenido desde el año 2002 donde el consumo fue de 0.38 MMTm/año y en el año 2008 el consumo fue de 0.65

MMTm/año lo que representa un incremento en el consumo de 25.4%. Y según las proyecciones, el consumo va crecer a un ritmo sostenido de 18.3%. Se puede destacar además la caída en el Consumo Aparente de PE, a partir del año 1999 hasta el 2002, resultado principalmente de un descenso en las importaciones debido a la crisis por la que atravesó este país durante este período.

2.6.4.3.2 MERCADO BRASILEIRO

Gráfico II-5

Consumo Aparente en Brasil de Polietileno (PE)



Fuente: Polyolefins Consulting, L.L.C.

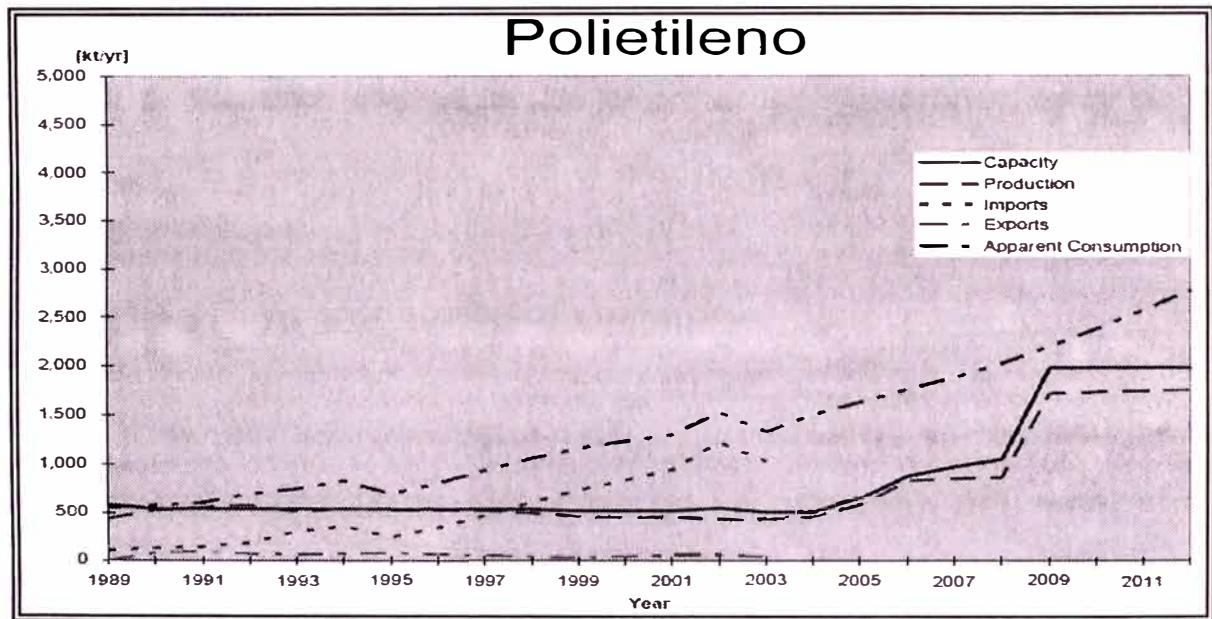
Las características más importantes del mercado de Polietilenos en Brasil están relacionadas a su tamaño y su Balanza Comercial positiva en la partida relacionada. Las importaciones son ligeramente menores que las exportaciones en tanto que el Consumo Aparente está influenciado mayormente por la producción para consumo interno dada su alta capacidad instalada. Las exportaciones han disminuido notoriamente desde el año 2004 y se prevé que siga disminuyendo. Brasil es el mayor consumidor de Polietileno en la región, con un nivel de consumo de 1.9 MMTm/año el

año 2005, con un incremento en volumen, respecto del año 2001, del 30% y con una tasa de crecimiento promedio anual del 14%.

2.6.4.3 MERCADO MEXICANO

Gráfico II-6

Oferta y Demanda en México de Polietileno (PE)



Fuente: Polyolefins Consulting, L.L.C., ANIQ, Grupo Texne

Como se muestra en el Gráfico II-6, el mercado Mexicano es el mayor importador de Polietileno durante los años 1998 y 2002, prácticamente se ha duplicado las importaciones de PE, es decir de 0.6 MMTm/año hasta 1 200 MMTm/año. Y según la consultora Polyolefins Consulting LLC se estima un déficit de 1 MMTm en el año 2014.

2.6.4.4 CONCLUSION ACERCA DE LA DEMANDA DE LOS PAISES LATINOAMERICANOS DE MAYOR DEMANDA DE POLIETILENOS

De acuerdo a la información extraída de los tres mercados anteriormente señaladas, se puede observar que Brasil es el mayor importador de la región, De ahí que la incursión en este mercado está fundamentalmente ligada a la búsqueda de acuerdos y

alianzas estratégicas (comerciales y tecnológicas) con el gobierno Brasileiro o mediante empresas privadas para el impulso de proyectos utilizando el Gas Natural de Camisea como materia prima.

Argentina va tener un crecimiento del consumo de PE un promedio anual de 18.3%, el cual es el más alto de Latinoamérica.

Respecto de México, si bien se encuentra geográficamente distante, se deben considerar las siguientes reflexiones para su análisis. Tener presente que México es el mayor importador de resinas termoplásticas en América Latina y que los bajos costos por tonelada de Polietileno que resultan de los procesos seleccionados, posibilitan la exportación de PE a este mercado, con el añadido de que existe el proyecto con México de la exportación de Gas Natural Licuefactado, lo que representa un abanico de posibilidades de integración económica y comercial.

2.6.4.5 SITUACIÓN FUTURA: PROYECCION DE LA DEMANDA DEL MERCADO LATINOAMERICANO

El punto final y central del análisis de la demanda se constituye en la Proyección de la Demanda; se ha de demostrar la existencia de una demanda en el tiempo para el proyecto. Para el caso de la demanda en Latinoamérica se tienen gráficas de la demanda histórica y una proyección en un horizonte corto realizado por una consultora del rubro.

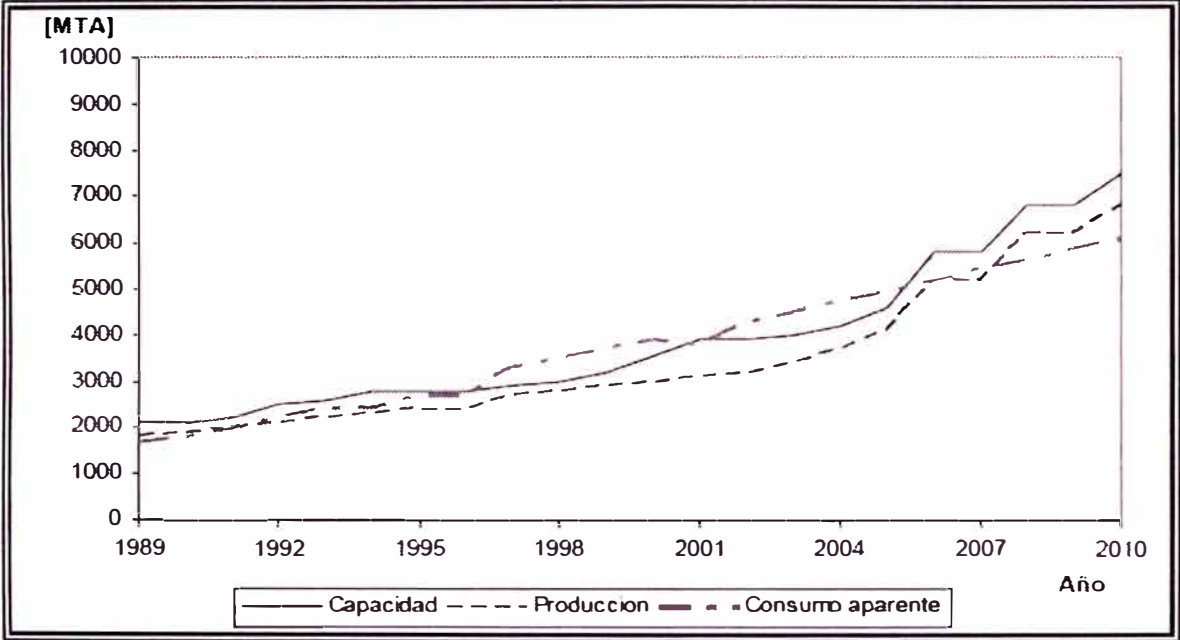
Para la Proyección de la Demanda de Polietilenos en Latinoamérica se ha recurrido a los datos proporcionados por Polyolefins Consulting LLC, compañía especializada en la investigación de mercados para Poliolefinas en América Latina.

Los datos presentados incluyen la proyección global de la demanda de resinas termoplásticas para los países productores de las mismas: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Venezuela y México. La consideración de todo el mercado global

Latinoamericano permite una visión global del mercado en la región, tan importante en análisis relativos a la Industria Petroquímica.

Gráfico II-7

Proyección de la Demanda de PE en Latinoamérica



Fuente: Polyolefins Consulting, L.L.C

El Gráfico II-7 permite contemplar un crecimiento sostenido en el tiempo, evidenciándose un crecimiento anual para la demanda de PE de 6.9% entre 1989 y 2010.

Bajo estos criterios se ha realizado la siguiente proyección para la demanda de PE en los mercados de América Latina.

Tabla II-2

Demanda Proyectada de PE en Latinoamérica

Actividades	I	AÑO	POLIETILENO (MTm/año)
Tiempo de Construcción del Complejo Petroquímico	1	2011	6 629
	2	2012	7 257
	3	2013	7 886
	4	2014	8 514
Inicio de las Operaciones	1	2015	9 143
	2	2016	9 771
	3	2017	10 400
	4	2018	11 029
	5	2019	11 657
	6	2020	12 286
	7	2021	12 914
	8	2022	13 543
	9	2023	14 171
Tiempo de Vida del Proyecto	10	2024	14 800
	11	2025	15 429
	12	2026	16 057
	13	2027	16 686
	14	2028	17 314
	15	2029	17 943
	16	2030	18 571
	17	2031	19 200
	18	2032	19 829
	19	2033	20 457
Fin del Proyecto	20	2034	20 457

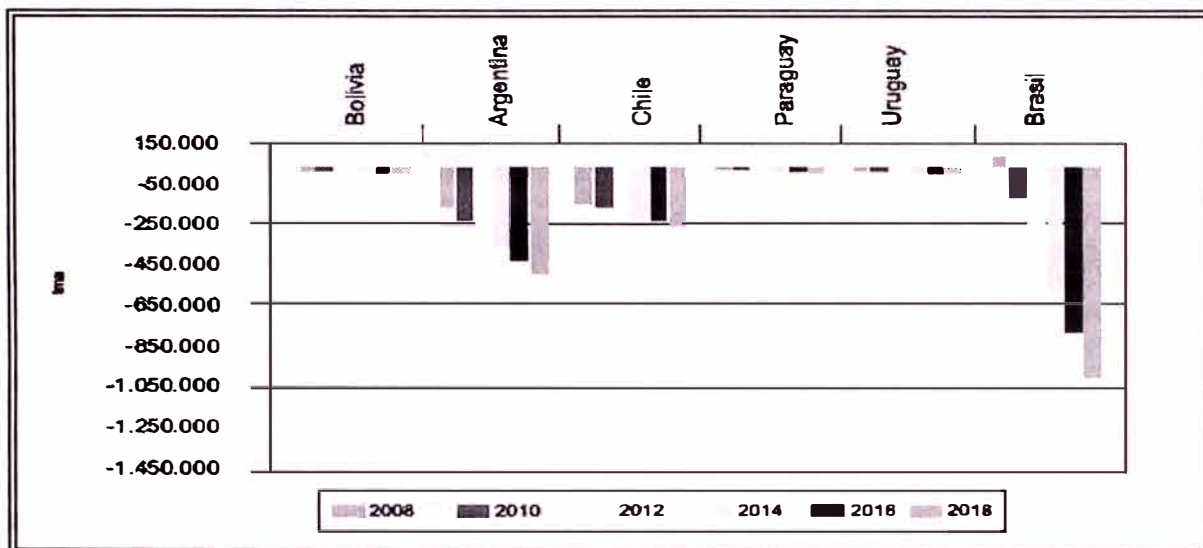
Esta proyección de demanda de PE en América Latina, se obtuvo extrapolando los datos, a partir del año 2010 del Gráfico II.7, cuya fuente es Polyolefins Consulting.

La proyección de la demanda se realizó mediante el método de regresión lineal, ya que es la función que mejor se adapta con un coeficiente de correlación de: 0.9925 y con una recta de $Y = 628.57X + 971.43$, se ha tomado el modelo de regresión lineal porque aunque otros modelos como el cuadrático presentan un mejor ajuste, la proyección realizada muestra un escenario demasiado optimista, saliendo de lo posible. El escenario es conservador; mientras que los datos históricos mostrados en el Gráfico II-7 muestran un crecimiento anual de la demanda de PE de 6.9%, la Proyección de la Demanda considera un crecimiento anual promedio de 5.3 %.

2.6.4.6 SITUACIÓN FUTURA: PROYECCION DEL DÉFICIT DE POLIETILENO EN AMÉRICA LATINA

Gráfico II-8

Proyección del Déficit de Polietilenos Según País: Período 2008-2018 (Tm/año)

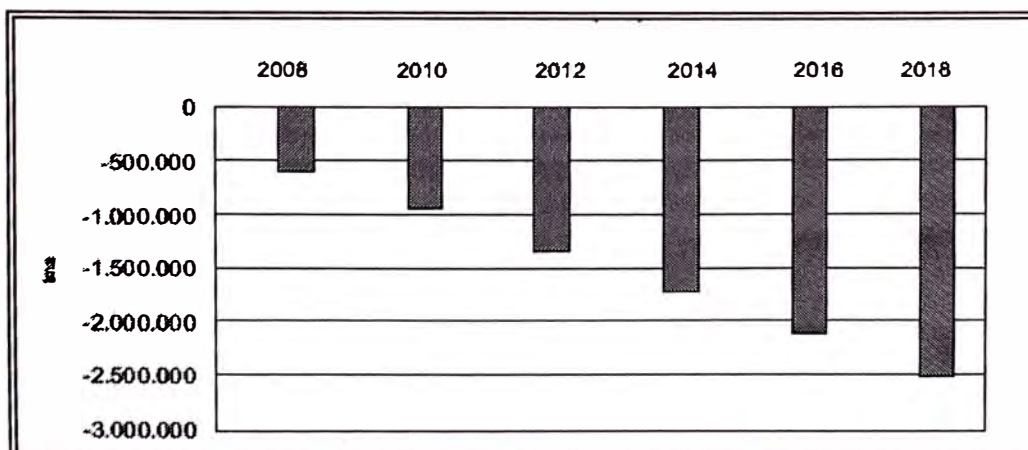


Fuente: Ministerio de Hidrocarburos y Energía –Bolivia

Del Gráfico II-8 se desprende que Brasil se muestra como el país que mayor déficit va a enfrentar a lo largo del período 2008 y 2018, alcanzando para este último período un volumen aproximado de 1.0 MMTm/año. Le siguen Argentina, con 0.60 MMTm/año y Chile con 0.26 MMTm/año.

Gráfico II-9

Proyección del Déficit de PE en Latinoamérica: Período 2008-2018 (Tm/año)



Fuente: Ministerio de Hidrocarburos y Energía –Bolivia

Como se puede observar en el Gráfico II-9, el déficit a nivel regional, el año 2018, será de aproximadamente 2.5 MMTm/año. Brasil, Argentina y Chile se constituyen en países de la región de mayor demanda de Polietilenos, y a la vez, registran un incremento acelerado en la proyección de déficit

2.6.4.7 SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO PERUANO

En el Perú, el consumo de Polietilenos es relativamente mediana en comparación a otros países de la región. Las importaciones de PEAD² provienen mayormente de Estados Unidos y República de Korea, un promedio anual desde el 2004 hasta el año 2007, de 42.9% y 26.8% respectivamente; las importaciones de PEBD² provienen mayormente de Estados Unidos y República de Korea, un promedio anual desde el 2004 hasta el año 2007, de 35.4% y 15.3% respectivamente.

La industria que demanda los Polietilenos, es la industria de productos plásticos que son los encargados de transformar en productos finales los plásticos elaborados por la Industria Petroquímica de otros países, dependiendo del grado de procesamiento de la resina, se obtienen diferentes tipos de plásticos. Cabe destacar que cada tipo de plástico tiene usos específicos, es decir, sirve para elaborar productos plásticos que comparten propiedades químicas similares.

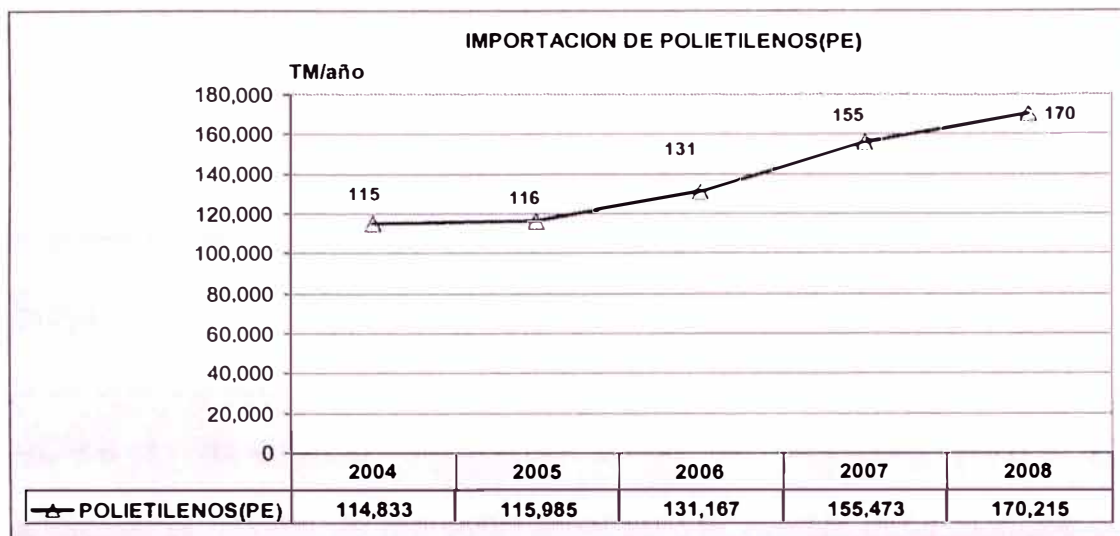
2.6.4.7.1 IMPORTACIONES DE POLIETILENO

Para obtener la información de las importaciones de Polietileno (PE) se usó las siguientes Partidas Arancelarias de ADUANAS:

- ❖ Polietileno de Densidad superior o igual a 0,94: **3901.20.00.00**
- ❖ Polietileno de Densidad inferior a 0,94 : **3901.10.00.00**
- ❖ Polietileno Lineal de Baja Densidad : **3901.90.10.00**

Gráfico II-10

Importación de PE para el Mercado Peruano



Fuente: Elaboración Propia en base a datos de Aduanas

Como se muestra en el Gráfico II-10 las importaciones de Polietileno (PE) muestran un crecimiento sostenido de 10.5% durante los últimos cinco años.

En el 2008, el Perú importó plásticos en formas primarias por US\$ 1 068 millones. Y en la primera mitad del presente año el monto de importación son las siguientes:

Gráfico II-11

Importación de plásticos en el Mercado Peruano

Perú: Importación de Plásticos Enero-Junio 2009	
Producto	Millones US\$
Politereftalato de etileno	56.5
Polipropileno	46.6
Poliétileno de densidad menor a 0.94	40.1
Poliétileno de densidad igual o mayor a 0.94	38.9
Policloruro de vinilo puro	29.1
Copolímeros de propileno	13.7
Demás poliestirenos	6.8
Demás polímeros acrílicos en formas primarias	6.5
Poliacrilato de sodio	6.0
Poliéteres polioles derivados del óxido de propileno	5.8
Poliuretanos	5.2
Demás siliconas en formas primarias	4.8
Politerpenos, polisulfuros, polisulfonas	3.6
Poliacetales y demás poliéteres con dióxido de titanio	3.4
Las demás celulosas y derivados químicos sin plastificar	2.5
TOTAL	309.2

Fuente: BCRP

Desarrollo Peruano

Fuente BCRP

2.6.4.8 SITUACIÓN FUTURA: PROYECCION DE LA DEMANDA DE POLIETILENO EN EL MERCADO PERUANO

De acuerdo a los datos proporcionados por ADUANAS, de los últimos cinco años de importaciones de Polietileno (PE), se va a realizar la proyección de demanda de estas resinas termoplásticos desde el año que arrancarían la construcción del Complejo Petroquímico es decir, el año 2011 hasta el año que finalizará el proyecto, año 2034. Esta proyección, se hará mediante el método de regresión, la función que mejor se adapta es una regresión lineal con un coeficiente de correlación de: **0.9329** y con una recta de **$Y = 13710X + 95089$** .

Se ha tomado el modelo de regresión lineal porque aunque otros modelos como el cuadrático presentan un mejor ajuste, la proyección realizada muestra un escenario demasiado optimista, saliendo de lo posible.

El siguiente cuadro muestra la proyección de la demanda de resinas termoplásticos de Polietileno en Perú, desde el año que se pondría en marcha el proyecto hasta un periodo de 20 años, tiempo de vida del proyecto.

Tabla II-3**Demanda proyectada de PE para el Mercado Peruano**

Actividades	i	AÑO	POLIETILENO (Tm/año)
	1	2004	114 833
	2	2005	115 985
	3	2006	131 167
	4	2007	155 473
	5	2008	163 638
	6	2009	177 349
	7	2010	191 059
Inicio de la construcción del Complejo Petroquímico	1	2011	204 769
Tiempo de	2	2012	218 479
Construcción del	3	2013	232 189
Complejo	4	2014	245 899
Petroquímico			
Inicio de las Operaciones	1	2015	259 609
	2	2016	273 319
	3	2017	287 029
	4	2018	300 739
	5	2019	314 449
	6	2020	328 159
	7	2021	341 869
	8	2022	355 579
	9	2023	369 289
Tiempo de Vida del	10	2024	382 999
Proyecto	11	2025	396 709
	12	2026	410 419
	13	2027	424 129
	14	2028	437 839
	15	2029	451 549
	16	2030	465 259
	17	2031	478 969
	18	2032	492 679
	19	2033	506 389
Fin del Proyecto	20	2034	520 099

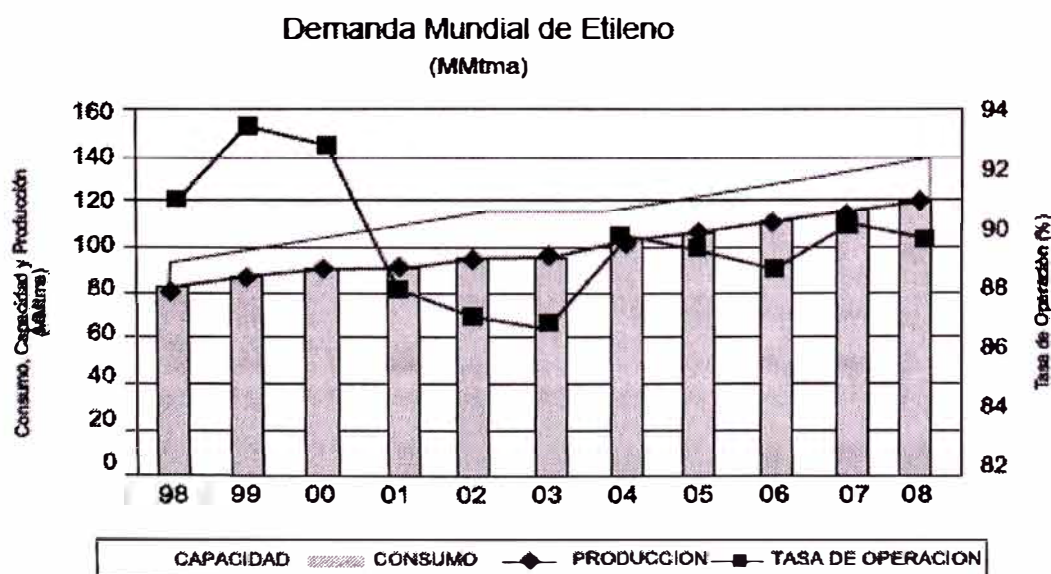
Como se muestra en la figura, la Proyección de demanda de Polietileno (PE) en el Mercado Peruano muestran un crecimiento sostenido de 3.9% durante los años 2015 y 2034.

Cabe precisar que El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) publicó el Marco Macroeconómico Multianual 2010-2012 (MMM), aprobado el 30 de mayo en el Consejo de Ministros. Según este documento orientador, el Producto Bruto Interno (PBI) crecería 4.0 % este año, en el 2010, 5.2% en el 2011 y 5.6% en el 2012. Y en el período 2010-2012, la demanda interna crecerá 5.6%, en promedio por año. Estas proyecciones van a cambiar muy poco durante la vida del proyecto.

2.6.5 ANÁLISIS DE LA OFERTA

2.6.5.1 MERCADO LATINOAMERICANO

Las plantas de etileno han aumentado sus capacidades de producción para lograr economías de escala. Los bajos costos de producción permiten que los derivados del etileno como los Polietilenos puedan ser competitivos en precios, para sustituir materiales convencionales como la madera, el vidrio, los metales y otros. En la actualidad, el tamaño típico de las nuevas plantas de etileno de escala mundial es de 1 MMTm/año, lo que requiere de 50 000 BPD de Etano, una cantidad bastante grande que depende, a su vez, del contenido de Etano en el Gas Natural.



El pronóstico para el periodo 2004-2008 refleja un continuo crecimiento anual de la demanda mundial de etileno de 4.7 % a una tasa de operación del 90 %

2.6.5.2 CAPACIDAD PRODUCTIVA DE POLIETILENO EN AMÉRICA LATINA

Tabla II-4

Capacidad Productiva Instalada de Polietileno (PE) en Latinoamérica-2006

	PEBD	PEAD	PELBD	PELBD/AD	TOTAL
	<i>[MTm/año]</i>	<i>[MTm/año]</i>	<i>[MTm/año]</i>	<i>[MTm/año]</i>	<i>[MTm/año]</i>
Argentina	95	113	270	405	883
Brasil	792	637	-	1 400	2 829
Chile	43	-	-	-	43
Colombia	60	-	-	-	60
México	378	200	-	300	878
Venezuela	85	100	-	210	395
TOTAL REGIONAL	1 453	1 050	270	2 315	5 088

Fuente: Polyolefins Consulting, L.L.C.

Brasil es el productor más grande (55%) de Polietileno (PE) en América Latina, Luego están México, Argentina, Venezuela y Chile. La Petroquímica de Brasil utiliza como materia prima, Nafta principalmente y Gas Natural en menor escala. Riopol es la compañía que utiliza una unidad de polimerización tipo Swing para producir Polietileno de alta densidad (PEAD, 270 MTm/año) o Polietileno de baja densidad lineal (PEBDL, 270 MTm/año) con plantas integradas. Brasil continuará siendo líder regional.

2.6.5.3 SITUACIÓN FUTURA: NUEVOS PROYECTOS DE COMPLEJOS PETROQUÍMICOS

Los nuevos proyectos para el Brasil se muestran en la tabla siguiente.

Tabla II-5

Brasil, Nuevos Proyectos de Polietileno (PE)

UBICACION		TECNOLOGIA	CAPACIDAD (MTm/año)	PRODUCTO	INICIO DE OPERACIÓN (Año)
Polietilenos Uniao	Santo André, SP	Chevron Phillips	230	LL/HDPE	4Q/2008
Braskem	Triunfo, RS		200	"green" LL/HDPE	2010
Braskem			300-500	"green" LL/HDPE	
Dow – Cristalsev JV		Dowlex	350	"green" PE	2011 En estudio
Río de Janeiro Petrochemical COMPERJ	Itaboraí, RJ		800	PE	2013 En estudio

Brasil continuará siendo líder regional. La empresa BRASKEM S.A. no sólo tiene aspiraciones regionales, sino globales.

Tabla II-6

México, Nuevos Proyectos de Polietileno (PE)

UBICACION		TECNOLOGIA	CAPACIDAD (MTm/año)	PRODUCTO	INICIO DE OPERACIÓN (Año)
PEMEX Petroquímica	Petroquímica Morelos, Coatzacoalcos, VC	Unipol	300	LL/HDPE	3Q/2009
Phoenix JV	Coatzacoalcos, VC or Altamira, TAM	Sclair	450	PE	Indefinido
Phoenix JV	Coatzacoalcos, VC or Altamira, TAM		500	PE	Indefinido
Altemate Phoenix	Pet. Cangrejera Coatzacoalcos, VC		300	PE	Indefinido

México tiene la mayor demanda insatisfecha de los mercados potenciales considerados. El Complejo Petroquímico Morelos inició operaciones en abril del 2007 con una planta tipo swing para PEBD/PEAD y una capacidad de producción de 300 MTm/año. Con ésta planta se dejará de importar el 40 % de dichos productos (PEMEX, Boletín de prensa 24 Abril 2007).

Tabla II-7

Venezuela, Nuevos Proyectos de Polietileno (PE):

UBICACION		TECNOLOGIA	CAPACIDAD (MTm/año)	PRODUCTO	INICIO DE OPERACIÓN (Año)
Pequiven - Braskem	José Anzoátegui		1 000	PE	2011 En estudio

Los proyectos señalados son producto de convenios de CPV y PEQUIVEN con la empresa BRASKEM S.A., nuevo socio estratégico de Venezuela. Existen memorándums de entendimiento para la producción de 1 MMTm/año de PE y otros productos para el 2011 con una inversión de 1 500 a 2 000 MMUS\$ para los mercados de México, EU, y Venezuela. La Petroquímica del Gas Natural para olefinas y derivados en Venezuela está conformada por la Planta de Olefinas I y II en el Cuadrozo, Zulia. Esta planta utiliza el Etano y Propano como materia prima para producir Etileno y Propileno.

Tabla II-8

Chile, Nuevos Proyectos de Polietileno (PE):

UBICACION		TECNOLOGIA	CAPACIDAD (MTm/año)	PRODUCTO	INICIO DE OPERACIÓN (Año)
Petroquim y ENAP	Talcahuano		400	PE	4Q2009

La empresa Polinter utiliza el Etileno para producir PEBD, PEAD, PEBDL.

Polinter: Capacidad Nominal 100 MTm/año PEAD. Tecnología Mitsui

Capacidad Nominal 80 MTm/año PEBD. Tecnología Elf Atochem

Capacidad Nominal 100 MTm/año PEBDL. Tecnología Dupont

Colombia tiene una Petroquímica basada en corrientes de refinación y está compuesta por petroquímica básica, plástica, caucho, y resina, asimismo tiene un proyecto de 0.5

MMTm/año de PEAD/ PEBDL que se encuentra bajo estudio de Compañía Promotora del Caribe en Cartagena (Buhler, 2006).

El gobierno de Trinidad y Tobago iniciará la construcción a finales del 2009 de una planta petroquímica auspiciada por el Grupo Chao en el que el gobierno es socio minoritario, producirá 0.6 MMTm/año de Polietileno y derivados utilizando Gas Natural como materia prima (Buhler, 2006).

2.6.5.4 SITUACIÓN FUTURA: NUEVAS PLANTA DE PIRÓLISIS PARA POLIETILENOS EN AMÉRICA LATINA



Del gráfico anterior se concluye que Brasil tiene dos proyectos nuevos de “Crackers” para Polietileno, Bolivia – Brasil tienen uno, Chile un proyecto, México uno, Trinidad y Tobago uno, Venezuela dos y Perú es una incógnita.

En el escenario, descrito en el presente capítulo, se muestra que el proyecto es viable en el aspecto comercial y representa para el proyecto propuesto una oportunidad para ingresar en el proceso de producción de Polietilenos y poder cubrir el mercado nacional, y el deficitario Mercado Brasileño, Mexicano, Argentino, Chileno, Paraguayo y Uruguayo.

CAPITULO III

TAMAÑO DEL COMPLEJO PETROQUIMICO

En el presente capítulo se realizará un análisis para determinar el tamaño idóneo de las Plantas del Complejo Petroquímico de Polietileno (PE).

Vamos a determinar el tamaño del Complejo Petroquímico expresado en Toneladas Métricas por año (Tm/año), basándonos en las tecnologías a emplear y la capacidad productiva del proyecto de acuerdo a la capacidad de abastecimiento de la materia prima (Gas Natural de Camisea).

El dimensionamiento del Complejo Petroquímico está ligado a factores técnicos, económicos y financieros, los cuales condicionan la capacidad de uso.

A continuación se realiza un análisis de los factores limitantes más importantes:

1. Relación tamaño-mercado
2. Relación tamaño-tecnología

3.1 RELACIÓN TAMAÑO-MERCADO

El mercado es un factor condicionante del tamaño máximo de una planta, cuyo conocimiento de la demanda potencial permite estimar la capacidad productiva y el crecimiento que debe considerarse para el proyecto.

Esta limitante se da principalmente, porque uno de los supuestos de este proyecto es que existe una demanda insatisfecha de Polietileno (PE) en el mercado, basándonos en el estudio de mercado, desarrollado en el CAPITULO II, y sobre todo considerando las proyecciones de las demandas en el Mercado Latinoamericano y Peruano.

Estas proyecciones indican que la demanda de Polietileno (PE) en el Perú mostrará un crecimiento sostenido de 3.9% durante los años 2015 y 2034, y en el mercado Latinoamericano se estima una demanda creciente de 5.9% de de Polietilenos, durante los veinte años de vigencia del proyecto.

De las tablas N° II-2 y N° II-3 se obtiene la Tabla N° III-1

Tabla N° III-1

Proyección de la Demanda de PE en el Perú y Latinoamérica durante la vigencia del Proyecto

ACTIVIDADES	i	AÑO	MERCADO PERUANO (Tm/año)	MERCADO LATINOAMERICANO (MTm/año)
Inicio de las Operaciones	1	2015	259 609	9 143
Tiempo de Vida del Proyecto	2	2016	273 319	9 771
	3	2017	287 029	10 400
	4	2018	300 739	11 029
	5	2019	314 449	11 657
	6	2020	328 159	12 286
	7	2021	341 869	12 914
	8	2022	355 579	13 543
	9	2023	369 289	14 171
	10	2024	382 999	14 800
	11	2025	396 709	15 429
	12	2026	410 419	16 057
	13	2027	424 129	16 686
	14	2028	437 839	17 314
	15	2029	451 549	17 943
	16	2030	465 259	18 571
	17	2031	478 969	19 200
	18	2032	492 679	19 829
	19	2033	506 389	20 457
Fin del Proyecto	20	2034	520 099	21 086

Con estas proyecciones se va a realizar las siguientes hipótesis de participación de los productos, que se va a producir en el Complejo Petroquímico, en el mercado de PE del Perú y Latinoamérica.

- **H-1:** Al cuarto año de iniciado las operaciones del Complejo Petroquímico, satisfacer el 74% del mercado nacional, aprovechando la fortaleza de precios competitivos, menor tiempo de entrega de PE y calidad de los productos finales.
- **H-2:** Al cuarto año de iniciado las operaciones del Complejo Petroquímico, satisfacer el 8% del mercado Latinoamericano, aprovechando la fortaleza de precios competitivos y calidad de los productos finales.

Considerando estas hipótesis de participación en el Mercado Peruano y Latinoamericano, se va a obtener el objetivo de ventas del Complejo Petroquímico y esta será la base para determinar el Tamaño del Complejo Petroquímico, desde el punto de vista del mercado:

Tabla N° III-2

Objetivo de Ventas del Complejo Petroquímico

MERCADO	DEMANDA PROYECTADA (Año 2018)	HIPÓTESIS DE PARTICIPACIÓN (Año 2018)	OBJETIVO DE VENTAS (Año 2018)
	(MTm/año)	(%)	(MTm/año)
Peruano	300.739	74	222.5
Latinoamericano	11 029	8	882.3
Total Objetivo de Ventas de (PE) del Complejo Petroquímico:			1 104.8

De la Tabla III-2, se concluye que de acuerdo al comportamiento del Mercado Peruano y Latinoamericano, el tamaño (realizando un redondeo) de la Planta de Polimerización debe ser de: **1 100 MTm/año**

3.2 RELACIÓN TAMAÑO-TECNOLOGÍA

El desarrollo de la industria del Polietileno (PE) en el Perú, se iniciará con la

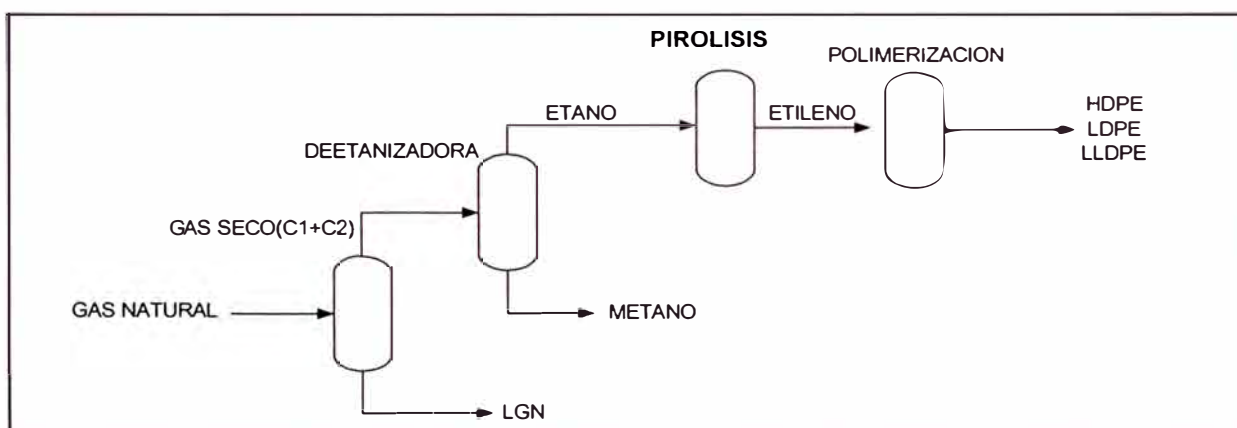
fabricación del producto intermedio principal: el “Etileno”, obtenido mediante el Proceso de “Pirólisis” a partir de la materia prima: Etano, el cual será extraído del gas natural, para aprovechar la composición de 10% de Etano presente en el gas natural de Camisea.

A continuación, se presenta el esquema para el desarrollo de la industria de PE en el Perú.

3.3 ESQUEMA PROPUESTO DEL COMPLEJO PETROQUIMICO

Gráfico III-1

Esquema del Complejo Petroquímico de PE



Para aprovechar el mayor volumen de Gas Natural de Camisea, para extraer el Etano, se plantea extraer el Etano de las corrientes de gas que incluyen aquellas corrientes que se reinyectan a los pozos de producción. El Etano extraído se debe inyectar a la tubería que transporta el Gas Seco desde Malvinas-Cuzco hasta el Complejo Petroquímico donde se instalará una Planta Deetanizadora, para extraer el Etano de la corriente enriquecida con Etano.

En el Gráfico III-1 se muestra que en el Complejo Petroquímico se desarrollarían los siguientes procesos:

- **Proceso de extracción de Etano** de la corriente de Gas Natural,

mediante un proceso Deetanizador.

- **Proceso de “Pirólisis”**, para obtener etileno teniendo como carga Etano.
- **Proceso de Polimerización** para obtener Polietilenos teniendo como carga etileno.

3.4 DIMENSIONAMIENTO DEL COMPLEJO DE “PIRÓLISIS”

Una vez producido el etileno, el siguiente proceso es la polimerización de dicha olefina, los procesos de polimerización del PE, se dan en relaciones 1 a 1 en peso con respecto a su insumo (etileno); bajo estas condiciones de producción se va a determinar la cantidad de etileno requerida para el proceso de polimerización, haciendo las siguientes consideraciones:

- Conversión de olefinas a Polietileno sea de 99%
- Utilizando el 80% de la capacidad nominal de la Planta de Polimerización.

Tabla N° III-3

Datos al cuarto año de vigencia del proyecto:

Producción PROYECTADA de PE (MTm/año)	Conversión	Capacidad Instalada	Materia prima requerida de ETILENO (MTm/año)
1 100	99%	80%	1 401.5

Realizando un redondeo se puede concluir que la Planta de “Pirólisis” desde el punto de vista del mercado, debe ser de **1 400 MTm/año**.

3.5 CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ETANO REQUERIDO EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO

Con los datos anteriores se realizarán los cálculos para determinar el flujo de Etano en el Proceso de “Pirólisis”, desde el punto de vista tecnológico, teniendo como fuente de

tecnología a la compañía ABB Lummus.

Tabla N° III-4

Balance de materia teniendo como alimentación Etano al 65% y 75% de conversión

Carga:	Etano		
Capacidades(TM/año) ETILENO:	1 400 000		
Conversión de la Carga:	65%	75%	
<u>Balances de Materiales</u>			
1) Alimentación:			
Etano:	199 406	213 923	Kg/hr
Vapor para reactor:	473	476	Kg/hr
Total:	19 879	214 399	Kg/hr
2) Productos:			
H ₂ +CH ₄ :	24 258	25 680	Kg/hr
Etileno(GP):	164 706	164 706	Kg/hr
C ₃ ⁺ :	10 688	18 959	Kg/hr
Gases Acidos:	227	212	Kg/hr
Total:	199 879	214 397	Kg/hr
3) Reciclos:			
Reciclo de etano	1 10 9.16	74 524	Kg/hr
Etileno (Tm/año)	1 400 000	1 400 000	
Propileno(Tm/año)	14 084	23 100	

Fuente: ABB Lummus

De acuerdo a la tecnología ABB Lummus los procesos de 65% y 75% de conversión tienen el mismo rango de costo de ISBL¹ y OSBL², es decir entre 462 MMUS\$ y 517 MMUS\$. Entonces, la decisión de escoger el tipo de conversión se realizará teniendo en cuenta por aquel proceso que consuma menos Etano, toda vez que ambos procesos obtienen la misma cantidad de Etileno Grado Polímero (164 706 Kg/hr).

¹ ISBL: Inversión Dentro de Límites de Batería

² OSBL: Inversión Fuera de Límites de Batería

Considerando lo descrito en el párrafo precedente se concluye que se debe construir el Complejo de "Pirólisis" con una conversión de 65%.

Cabe precisar que de la Tabla III-4, se desprende que se necesita un flujo de Etano de 199 406 Kg./hr para producir 1 400 000 Tm/año de etileno.

Tabla N° III-5

Producción de Polietileno (PE)

Balances de Materiales

1) Alimentación:

Etileno:	164 706	Kg./hr
	1 400 000	TM/año
Nitrógeno:	8 807	Nm3/hr
Hexeno:	2 728	Kg./hr
Isobutano:	947	Kg./hr
Hidrógeno:	5	Kg./hr
Estabilizadores.	1 680	US\$/hr
Total:	168 386	Kg./hr

2) Productos:

Polietileno	166 200	Kg./hr
	1 455 912	Tm/año
Pesados:	165	Kg./hr
Off Gas, Retorno al Cracker:	1 245	Kg./hr
Total:	167 610	Kg./hr

Fuente: ABB Lummus,

De acuerdo a la Tabla III-5 se observa que desde el punto de vista de la tecnología se tendrá una producción de 166 200 Kg/hr. de Polietileno(PE), es decir 1 455 912 Tm/año, operación basada en PEAD y según las reacciones de Polimerización se debe producir: 50% de PEAD(727 956 Tm/año) y 35% de PEBD(509 569 Tm/año).

3.6 DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA

En el punto anterior se ha calculado que se necesita 199 406 Kg./hr de Etano para nuestro proyecto, con este dato, vamos a determinar si el Perú tiene suficiente gas

para ser usado como materia prima del Complejo Petroquímico de PE, para ello se va realizar un análisis de las Reservas de Gas Natural de Camisea ya que el proyecto contempla el uso del 10% de Etano del Gas Natural de Camisea.

3.7 RESERVAS DE GAS NATURAL DE CAMISEA

Tabla N° III-6

FECHA	LOTE 88 (San Martín) (Cashiriari)	LOTE 56 (Pagoreni)	LOTE 57 (Repsol)	LOTE 58 (Petrobras)	TOTAL (TCF)
24/10/2007					10.9
02/01/2008	10.4	3.0			13.4
22/03/2008			2		
02/09/2008	10.4	3	2	Explorando	15.4
Reservas Probadas Camisea Información DGH al 31/12/2007	8.21	2.94			11.15
Estimado de Reservas Probadas Camisea a diciembre del año 2008					16 (**)

(**) Considerando los resultados exitosos en las perforaciones efectuadas en los reservorios Pagoreni 56, Cashiriari 88 y Quinteroni 57 en el año 2008.

Fuente: Minem

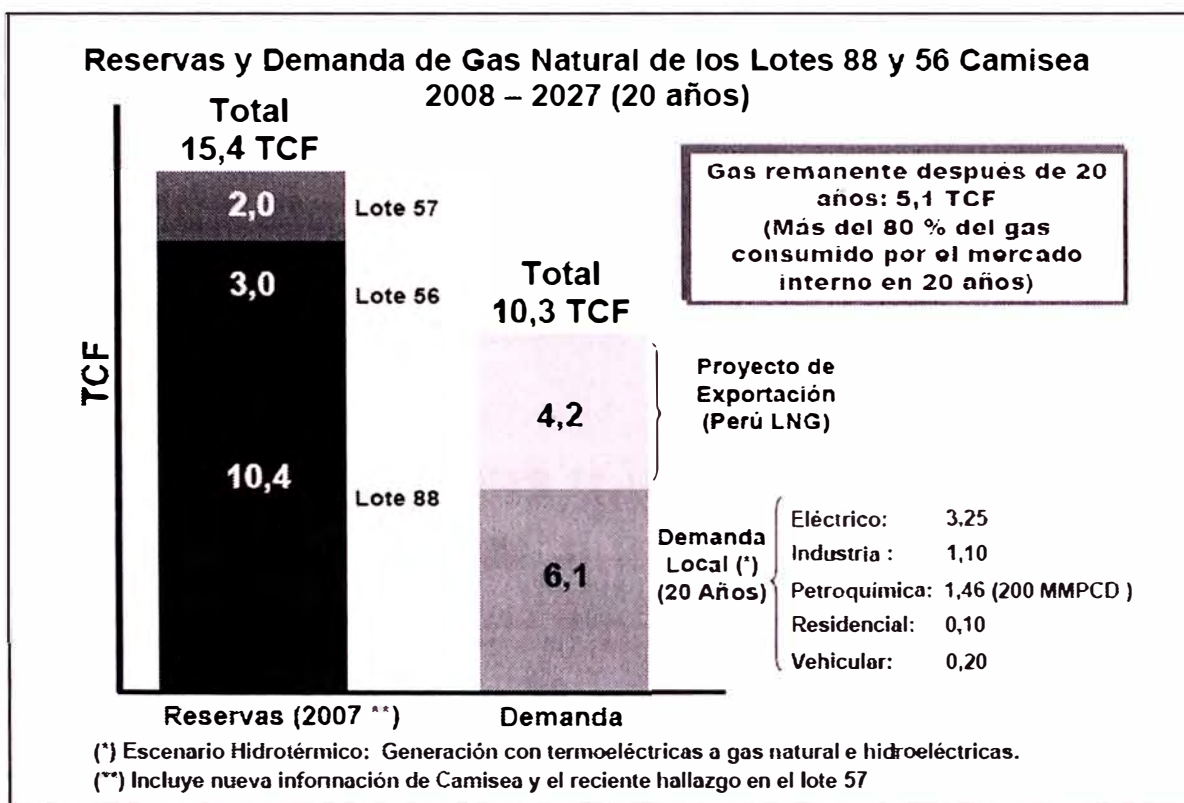
En cuanto a las perspectivas de descubrir reservas gasíferas en el lote 58, la información dada a conocer públicamente por Petrobras indica que la perforación del primer pozo tendrá lugar entre octubre y noviembre del año 2009.

Asimismo, en caso de producirse un descubrimiento de gas natural, ello podría conocerse a fines de diciembre del 2009. Finalmente, que el eventual descubrimiento de gas natural en el Lote 58 sería destinado al abastecimiento de la planta de producción de Polietilenos que Petrobras planea ejecutar conjuntamente con Petroperú y Braskem.

3.8 DEMANDA PROYECTADA DEL GAS DE CAMISEA

La primera pregunta debiera ser: ¿cuánto gas va a necesitar el Perú para asegurar el abastecimiento del mercado local y por ende del Etano para al Complejo Petroquímico de PE?

Gráfico III-2



Fuente: Minem

El Gráfico anterior –tomado de una presentación oficial del Ministerio de Energía y Minas– proporciona los elementos para determinar las reservas de Gas Natural de Camisea para el proyecto de PE en el Perú. Del 2007 al 2027, la demanda local será de 6.1 TCF (trillones de pies cúbicos, en inglés), siendo el sector eléctrico el más importante (3.25 TCF). Hay que destacar que el Ministerio de Energía y Minas ha corregido al alza esta cifra, pues hace 2 años proyectó un consumo nacional de 4.0 TCF y el volumen destinado a la Industria Petroquímica del Metano será de 1.46 TCF . Sucede que el consumo de gas crece más rápido que lo previsto y podría ser que la cifra de 6.1 TCF se vuelva a revisar al alza, ya que no considera el gasoducto andino

hasta Ilo ni, tampoco, el ramal a Chimbote. En la proyección de demanda también se consideran 4.2 TCF del proyecto de exportación de Perú LNG (a México y algún otro destino). Así, la demanda total es 10.3 TCF. Debido a estas demandas, al final de los veinte (20) años de explotación del Gas Natural de Camisea se obtendrá un volumen remanente de 5.1 TCF.

Es importante determinar si los contratos de exportación de gas a México y el suministro a los grandes consumidores nacionales, además de las típicas cláusulas de precio por Millón de BTU., establecen alguna cláusula de calidad del Gas Natural de Camisea que incluya referencias a su composición (inclusión de Etano) o a su poder calorífico por pie cúbico en condiciones estándar. De ser ese el caso, ello podría implicar una limitación a las posibilidades de segregación del Etano para la Industria Petroquímica del PE.

Por el momento, como referencia se cita el “Contrato BOOT Concesión de la Distribución de gas natural por Red de Ductos en Lima y Callao”, que establece un Poder Calorífico máximo de 39.93 MJ/M³ (equivalente a 1 071.69 BTU/Pie³); y un Poder Calorífico mínimo de 36.04 MJ/M³ (equivalente a 967.28 BTU/Pie³). Considerando que el Metano puro tiene un poder calorífico bruto de 994.7 BTU/Pie³ en condiciones estándar, este valor, está comprendido entre los límites establecidos en el contrato, entonces se concluye que el “Contrato BOOT Concesión de la Distribución de Gas Natural por Red de Ductos en Lima y Callao”, admite la comercialización de Metano puro. El Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos, aprobado mediante D. S. 042-99-EM de fecha 15.09.1999, en el inciso f) de su Artículo N° 44 establece: “El Gas Natural deberá ser entregado por el Concesionario en las siguientes condiciones: Con un contenido calorífico bruto comprendido entre 8 800 y 10 300 kcal/ m³ (st)” Por tanto, considerando que el Metano tiene un poder calorífico bruto de 8 852 kcal/m³ (994.7 Btu/Pie³) en condiciones estándar, resulta que el Reglamento permite la comercialización de Metano puro en el país y entonces, el

Etano podría estar disponible para ser segregado para servir a la Industria Petroquímica de los Polietilenos.

3.9 BALANCE DE OFERTA, DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DEL GAS DE CAMISEA PARA EL COMPLEJO PETROQUÍMICO DE (PE)

Tabla N° III-7

FECHA	TCF	TCF	MMSFCD (20 AÑOS)
Reserva Recuperable		15.40	2 109.6
Compromiso de exportación		4.20	575.3
Demanda Total mercado interno		6.11	837.0
Mercado Eléctrico	3.25		
Mercado Residencial	0.1		
Mercado Vehicular	0.2		
Industria	1.1		
Petroquímica	1.46		
Demanda Total Gas Natural		10.31	1 412.3
Volumen neto disponible para la Petroquímica del etano u otras industrias		5.1	697.3

A partir del cuadro anterior se aprecia que considerando el estimado de reservas probadas a diciembre del 2008, se puede estimar que un total de 5.1 TCF equivalentes a un suministro diario de 697.3 MMSCFD podrían estar disponibles como soporte para otros desarrollos industriales en el país, incluyendo la Petroquímica a partir del Etano.

Cabe agregar que CF Industries Inc. ha solicitado 100 MMSCFD del Gas Natural de Camisea para su planta de amoniaco y urea que produciría 1 100 000 Tm/año de urea, y que Orica Chemicals Perú S.A.C., ha solicitado entre 10 y 20 MMSCFD de Gas Natural para su planta de Nitrato de Amonio grado explosivo, lo que haría un total entre 110 y 120 MMSCFD de Gas Natural a destinarse para estas plantas, bastante menor a 697.3 MMSCFD neto disponible para la Petroquímica u otros desarrollos industriales.

3.10 MATERIA PRIMA REQUERIDO PARA EL COMPLEJO PETROQUÍMICO DE PE

Considerando que nuestro Complejo Petroquímico necesita 199 406 Kg./Hr. de Etano, vamos a realizar un balance de materia de acuerdo a los volúmenes que se han mencionado anteriormente

Tabla N° III-8

	Kg./Hr.	MMSFCD
Etano requerido para el Complejo de PE	199 406	68.3(*)
Considerando que el porcentaje de Etano presente en la composición del Gas Natural de Camisea, es 10% entonces el volumen requerido de Gas Natural es:		
	BPD	MMSFCD
Gas Natural requerido para el Complejo de PE		683

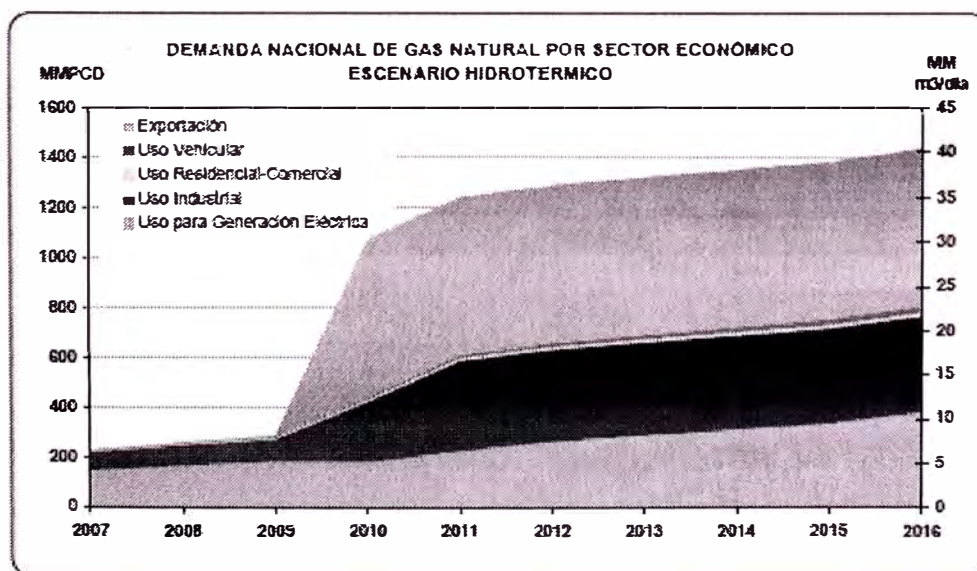
(*) Gravedad específica Del Etano= 1.0382 @ 60°F, Engineering Data Book Gas Processors Suppliers Association.

Según la Tabla N° III-7 y Tabla N° III-8, se concluye que el Perú cuenta con suficiente volumen de Gas Natural de Camisea para satisfacer la demanda de Etano del Complejo Petroquímico de PE, la Tabla N° III-7 indica que se dispone de 697.3 MMSFCD de Gas Natural de Camisea para la Petroquímica y la Tabla N° III-8, indica

que el complejo de PE necesita de 683 MMSFCD de Gas Natural de Camisea, es decir para los 20 años de operación del Complejo Petroquímico se necesita en total 4.9 TFC de Gas Natural de Camisea y el Perú cuenta con 5.1 TCF, quedando 0.2 TCF para otras industrias.

Para obtener el volumen de Etano (683 MMSFCD) que requiere el Complejo Petroquímico, es necesario implementar un proceso de segregación de Etano en el campo (Malvinas) que incluya el volumen que se destina a la reinyección de pozos, para enriquecer las corrientes de Gas Natural que llegarán a Pisco y Lima. A fin de obtener el volumen de Etano requerido. Queda claro que para iniciar el proyecto Petroquímico de PE en el Perú el consumo de Gas Natural debe ser como mínimo de 685 MMSFCD, y según el Ministerio de Energía y Minas esto se conseguiría el año 2,010 (Plan Referencial de hidrocarburos 2007-2016).

Gráfico III-3



Fuente: Ministerio de Energía y Minas

CAPITULO IV

LOCALIZACIÓN DE COMPLEJO PETROQUIMICO

Para ubicar en un determinado lugar un Complejo Petroquímico se utilizará criterios comúnmente utilizados para el establecimiento de proyectos petroquímicos, para la implementación de un Complejo Petroquímico es necesario que se cumpla con siete condiciones para instalarse en una determinada zona geográfica:

8. Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico.
9. Una tubería cercana al Gas Natural de Camisea.
10. Un puerto, desde el cual se puedan embarcar sus productos y/o recibir materia prima.
11. Fuente de agua dulce (que puede ser de mar)
12. Proximidad al Mercado Nacional y Exportación.
13. Proximidad a la fuente de Energía Eléctrica.
14. Impacto Ambiental.

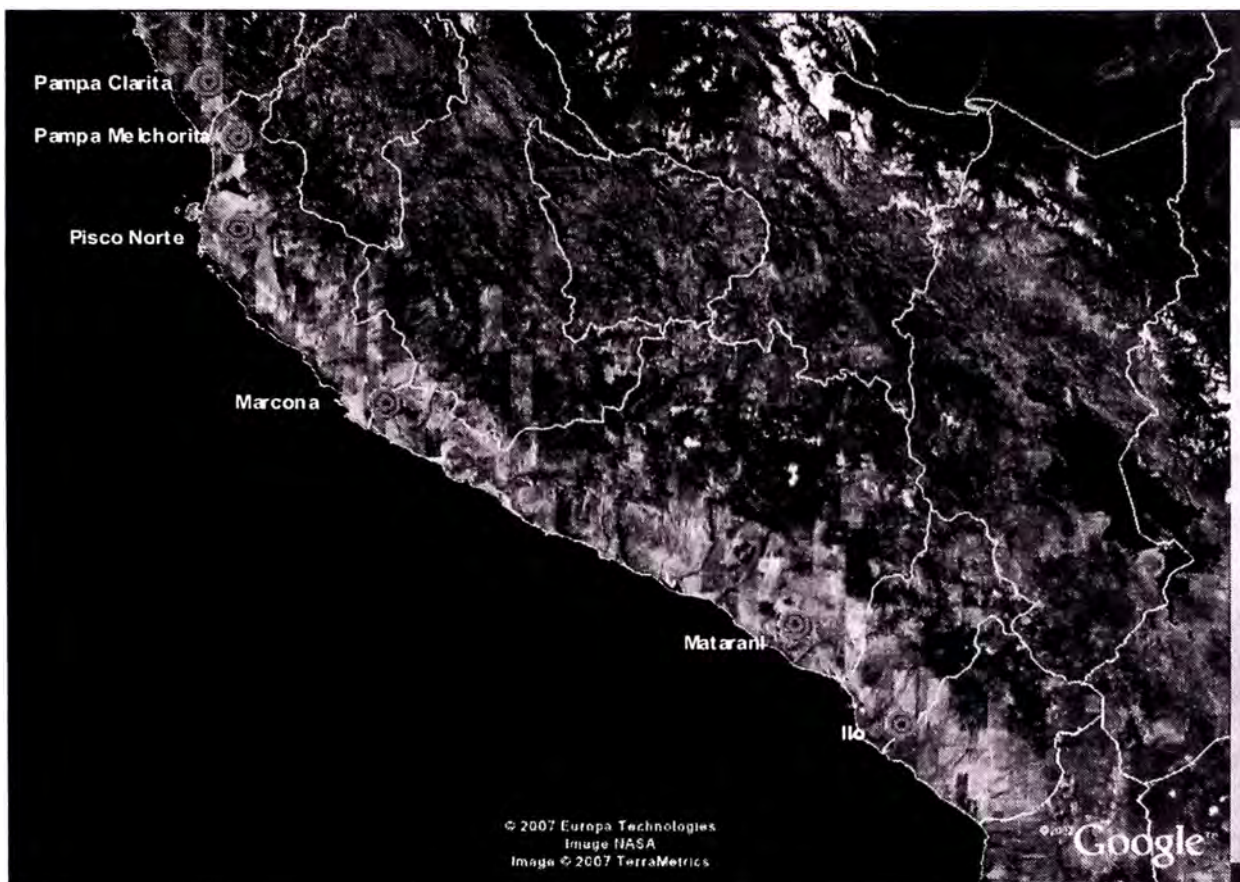
Bajo estas premisas, seis son los lugares geográficos donde se podría instalar el complejo Petroquímico:

- ❖ Provincia de Cañete (Pampa Clarita); Departamento de Lima
- ❖ Limite de Cañete y Chincha (Pampa Melchorita); límites del Departamento de Lima y e Ica.
- ❖ Pisco (Norte de Pisco); Departamento de Ica
- ❖ Marcona (Puerto de San Nicolás); Departamento de Ica.
- ❖ Puerto Matarani, Departamento de Arequipa.
- ❖ Puerto de Ilo, Departamento de Moquegua.

Es decir, en la zona sur del Perú, se podría desarrollar el Complejo Petroquímico de PE para dar un impulso económico a la zona creando nuevos puestos de trabajo.

FIGURA IV-1

POSIBLES UBICACIONES EN BASE A FACTORES PREDOMINANTES



4.1 FACTORES A CONSIDERAR PARA LA LOCALIZACION DEL COMPLEJO PETROQUÍMICO

Como se ha descrito líneas arriba, a cada uno de los posibles lugares geográficos donde podría estar ubicada el Complejo Petroquímico se va someter a un análisis de acuerdo a los “Factores de Localización”, considerando que de acuerdo a la capacidad de nuestro Complejo Petroquímico (1 400 MTm/año) se requiere un área de 10 Ha de terreno, aproximadamente.

4.2 FACTORES DE LOCALIZACIÓN:

Tabla IV-1

ITEM	FACTOR
1	Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico.
2	Una tubería cercana al Gas Natural de Camisea.
3	Un puerto, desde el cual se puedan embarcar sus productos y/o recibir materia prima.
4	Fuente de agua dulce(que puede ser agua de mar)
5	Proximidad al Mercado Nacional y Exportación.
6	Proximidad a la Fuente Energética.
7	Impacto Ambiental.

Para realizar una calificación cuantitativa del posible lugar geográfico, donde se va a instalar el Complejo Petroquímico se va utilizar la siguiente escala de calificación:

MUY BAJO	2
BAJO	4
REGULAR	6
ALTO	8
MUY ALTO	10

4.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SIETE FACTORES DE LOCALIZACIÓN A SATISFACER:

4.3.1 FACTOR 1: Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico

Al criterio de Minimización de riesgos, es de riesgo alto, es decir se asigna un factor de ponderación de 8.

4.3.1.1 Sabotaje y terrorismo

El criterio de minimizar el riesgo de sabotaje y terrorismo se considera de alta importancia y se refiere a la esencial cuestión de que una inversión tan valiosa como la que implica la instalación de un Complejo Petroquímico no debe situarse en áreas

propicias a sufrir acciones de sabotaje o terrorismo, principalmente si las características del área (infraestructura de acceso y comunicación) dificultarán de proveerle la adecuada protección.

En el Perú, el criterio de minimizar el riesgo de sabotaje y terrorismo para un Complejo Petroquímico, se cubre mejor en la Costa que en la Sierra o Selva. En efecto, desde el punto de vista de protección contra sabotaje y terrorismo, cualquier lugar en la Costa puede considerarse intrínsecamente más seguro que otro cualquiera en la Sierra o en la Selva. Por las siguientes consideraciones:

- **La Costa:** en particular las zonas vecinas a las mayores ciudades del país con mejores vías de transporte y comunicación, está intrínsecamente mejor protegida por la Policía Nacional y es más segura. Esa característica se pudo apreciar claramente durante los agitados tiempos del terrorismo en las décadas de 1980 y 1990.
- **La Sierra:** por su mayor aislamiento, difícil topografía y tradicional depresión constituyó precisamente el punto de origen del terrorismo sufrido durante el siglo pasado. A la fecha, la Sierra es un territorio aun en proceso de recuperación en el que el Estado Peruano está empeñado en desarrollar programas de lucha contra la pobreza y en el control de nuevas modalidades terroristas que encuentran germen de desarrollo en su asociación con el narco-tráfico: el narco-terrorismo, actualmente los valles del Ene y Apurímac, son zonas convulsionadas por el narco-terrorismo con posibles migraciones a otras zonas de la sierra del Perú.
- **La Selva:** con su tradicional aislamiento, actualmente constituye también un territorio poco seguro en el que se dan actividades ilícitas de narcoterrorismo.

De lo descrito se concluye que el criterio de minimización de riesgos de sabotaje y terrorismo recomienda que el/los polo/s petroquímico/s sea/n ubicado/s en la **zona de costa**.

4.3.1.2 Sismos

Toda la costa peruana se encuentra vinculada al denominado “cinturón de fuego del Océano Pacífico” y es conocida por la ocurrencia de fuertes sismos. Tales como la ocurrida el 15 de agosto del año 2007, La construcción del Complejo Petroquímico deberá considerar esta realidad.

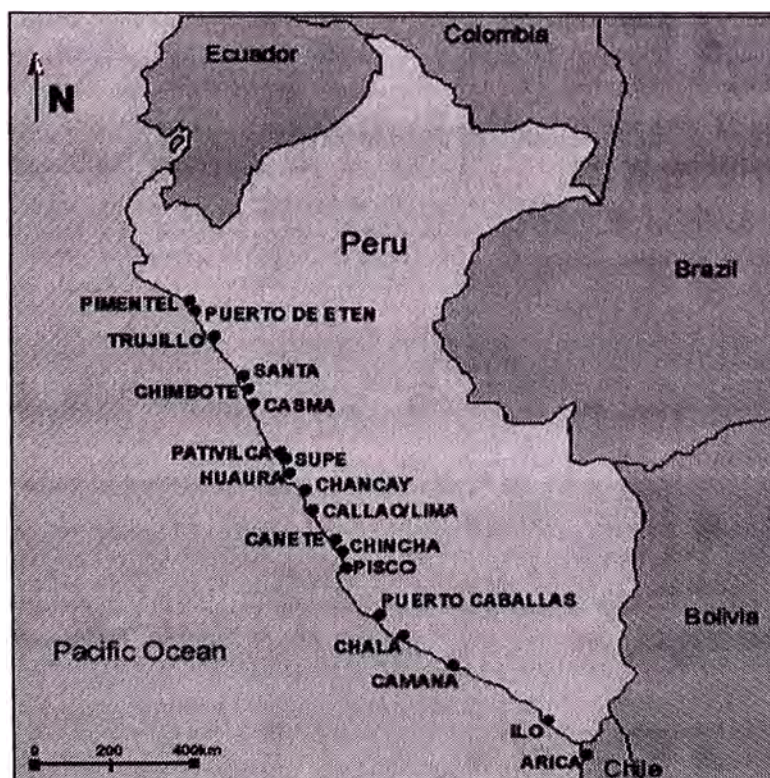
4.3.1.3 Tsunamis

Toda la costa peruana por su vinculación al “cinturón de fuego del Océano Pacífico” está expuesta a sufrir el ataque de tsunamis. Las instalaciones industriales del Complejo Petroquímico deberán tener en consideración esta realidad. Para ello una medida de orden práctico consistirá en ubicar los emplazamientos industriales en terrenos con cota mínima de 30 metros sobre el nivel del mar.

La Figura IV-2 muestra los principales puntos de incidencia de tsunamis en la costa del Perú.

FIGURA IV-2

PRINCIPALES ZONAS DE POSIBLES TSUNAMIS EN EL PERU



4.3.2 FACTOR 2: Una tubería cercana al Gas Natural de Camisea

Al criterio de una tubería cercana de Gas Natural de Camisea (materia prima) se asigna un factor de ponderación de 10.

Desde luego, la condición de proximidad a una fuente de materia prima, es condición “*sine qua non*”. En el caso del Etano, la circunstancia de que el gasoducto principal llega a la costa en las vecindades de Pisco, obligaría a separarlo del Gas Natural en esa localidad. Asimismo, es de esperar que en el futuro la corriente de Gas Natural que llegue a Pisco haya sido enriquecida en la Planta Malvinas con todo el Etano disponible proveniente de los varios campos gasíferos vecinos, antes de la reinyección a los pozos de producción.

Al respecto, cabe considerar que luego de atender el mercado de Lima como primera prioridad, los proyectos de extensión de la red nacional de gasoductos vienen siendo orientados por los potenciales concesionarios interesados, a servir la región de la costa y sierra del denominado Sur Grande. En efecto, el pasado 10 de setiembre del año 2008, mediante Resolución Suprema, el Ministerio de Energía y Minas otorgó la concesión del referido proyecto, desde el punto inicial del Sistema de Transporte aproximadamente en la zona denominada Las Malvinas de la provincia de la Concepción en el Cusco, hasta las ciudades de Juliaca, Matarani e Ilo. Asimismo dicho ministerio viene considerando otro proyecto que partiendo de Pisco serviría a la costa sur incluyendo Ica, Marcona, y ciudades vecinas.

CONCLUSIÓN FACTOR 2: De lo expuesto cabe concluir que el criterio de Proximidad a fuente de materia prima orienta la localización del Complejo Petroquímico en algún lugar en las vecindades de Pisco, Ica e Ilo. Es decir en el sur del país.

4.3.3 FACTOR 3: Un puerto, desde el cual se puedan embarcar sus productos y/o recibir materia prima.

Al criterio de Proximidad a un Puerto Marítimo de Exportación, se asigna un factor de ponderación de 8.

La selección del puerto más conveniente a cada caso depende del producto Petroquímico de que se trate y de las características de los sistemas de transporte y distribución que le sean aplicables.

El puerto adecuado, dependiendo de las particularidades de cada caso, puede estar entre los extremos que representan, de una parte la indispensable proximidad a un gran puerto cabalmente establecido, y de otra, la posibilidad de crear un puerto ad-hoc en aquella ubicación que por otras razones convenga al Complejo Petroquímico de que se trate.

Los plásticos derivados del Etano se transportan y distribuyen en el mundo en la forma de “pellets” (bolitas o perdigones) embolsados a granel y dispuestos en contenedores que luego se cargan en buques de línea que llevan un gran número de contenedores con cargas muy diversas. Debido a ello, tales buques deben seguir rutas e itinerarios preestablecidos, y por tanto sólo pueden hacer escala en grandes puertos capaces de concentrar las enormes cargas que justifican la operación de esos navíos. De aquí que el puerto de exportación de Polietilenos deberá ser un gran puerto con mucho movimiento de cargas y facilidades para la manipulación de contenedores. En el Perú el único puerto que presenta tales características es el Callao.

La Tabla IV-3, muestra las estadísticas de movimiento de contenedores en los puertos peruanos.

Tabla IV-2

Tabla de tráfico de Contenedores en los Puertos de la costa del Perú

Tráfico de Contenedores								
Unidades Equivalentes a Contenedores de 20 pies – Twenty-Foot Equivalent Units (TEUs)								
Fecha	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000
Puerto / Total	1.177.928	1.087.278	993.844	809.781	627.902	578.633	537.906	460.671
Arica	2.599	2.238	2.163	2.601	891			
Callao	1.022.246	938.119	887.035	725.490	553.138	521.382	480.706	413.646
Chimbote	2.975	7.367	6.168		1	14	-	12
Ilo	23.128	16.573	1.321	75	4.772	6.200	4.659	7.050
Iquitos	214	252	207	275	176	189	213	150
Paita	109.128	105.126	87.569	81.242	68.824	50.840	50.472	39.776
General San Martín	680	23	0	16	0	0	0	9
Matarani	3	15	0	0	0	0	1.504	0
Salaverry	16.955	17.565	9.381	82	100	8	352	28

Fuente: ENAPU S.A.

De la Tabla IV-3, se aprecia que el movimiento de contenedores en el Callao es diez veces mayor que en Paita, segundo puerto Peruano en ese rubro; y más de cuarenta veces mayor que en Ilo, tercero a nivel nacional en ese rubro.

Por tanto, el Complejo Petroquímico de PE deberá localizarse relativamente cerca del Callao, para posibilitar acceso económico al puerto por vía terrestre. De no ser así, una opción sub-óptima sería embarcar primero en un puerto de cabotaje que cuente con facilidades e infraestructura para el manejo de contenedores y hacer transbordo para exportación desde el Callao, lo cual implicaría elevación de costos de transporte.

CONCLUSIÓN FACTOR 3: De lo expuesto, cabe concluir que el criterio de Proximidad del Complejo Petroquímico a un Puerto Marítimo de Exportación, debe tener ubicación tan cercana como sea posible al puerto del Callao. Además, estudiar la conveniencia de implementar transporte terrestre entre el Complejo Petroquímico y el puerto del Callao, frente a la opción de transporte marítimo de cabotaje entre un puerto vecino al Complejo Petroquímico y el Callao como puerto de exportación.

4.3.4 FACTOR 4: Fuente de Agua Dulce (que puede ser de mar)

Al criterio de Proximidad a Fuente de Agua Dulce, se asigna un factor de ponderación de 4.

Los procesos involucrados en un Complejo Petroquímico implican calentamiento y enfriamiento. En ambos casos el agua es un intermediario conveniente. Permite llevar calor donde sea necesario, mediante la aplicación de vapor de agua generado en una caldera; y también, establecer procesos de enfriamiento y condensación de productos a través de equipos de intercambio de calor, condensadores y torres de enfriamiento.

Aunque la proximidad a un puerto marítimo ya implica proximidad al agua del océano (que puede constituir una solución) la proximidad a una fuente de agua dulce cuyos excedentes puedan aprovecharse sin perjudicar otras actividades, presenta una mayor ventaja para la economía del proyecto. Sobre el particular, los cinco ríos más caudalosos de la costa peruana son:

- Tumbes en la región de mismo nombre;
- Chira en la región Piura;
- Santa en la región Ancash;
- Majes – Camaná en la región Arequipa; y
- Ocoña, también en la región Arequipa.

Entre las regiones indicadas, la única con posibilidades de llegar a obtener un suministro suficiente de Gas Natural de Camisea impulsado por la conveniencia de servir principalmente a la gran industria minera es la región Arequipa.

CONCLUSIÓN FACTOR 4: De lo expuesto cabe concluir preliminarmente que el criterio de Proximidad a Fuente de Agua Dulce orienta la localización del Complejo Petroquímico a algún lugar en la región Arequipa.

4.3.5 FACTOR 5: Proximidad al Mercado Nacional y Exportación

Al criterio de Proximidad al Mercado Nacional y Exportación, se asigna un factor de ponderación de 4.

En cuanto a la localización del Complejo Petroquímico, para satisfacer el mercado nacional, debe estar situado tan cerca, como sea posible, de Lima, y el Callao para la exportación del PE al Mercado Latinoamericano.

- **Zonas industriales que usan plásticos como materia prima**

Las industrias que elaboran productos manufacturados a partir de plásticos a granel se hallan esencialmente concentradas en Lima.

COCLUSION FACTOR 5: De lo expuesto en los párrafos precedentes, se concluye que la localización del Complejo Petroquímico debería ser tan cercana a Lima como fuese posible.

4.3.6 FACTOR 6: Proximidad a la Fuente de Energía Eléctrica

Al criterio de Proximidad a Fuente de Energía Eléctrica, se asigna un factor de ponderación de 2.

En principio contando con un suministro suficiente de gas natural, la proximidad a una fuente de suministro de energía eléctrica deviene en factor secundario que podría manejarse como un autoservicio incluyendo cogeneración para producir vapor necesario para los procesos Petroquímicos e inclusive para la desalinización de agua de mar.

Sin embargo, cabe también considerar que si bien en la costa sur del Perú aun existen localidades no servidas desde el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, tal situación se encuentra en vía de ser corregida en breve, por los nuevos proyectos que

está impulsando el gobierno, para satisfacer la creciente demanda de energía eléctrica de las industrias.

CONCLUSIÓN FACTOR 6: De lo expuesto, cabe concluir preliminarmente que el criterio de Proximidad a Fuente de Energía Eléctrica permite la localización de todas las Plantas del Complejo Petroquímico en cualquier lugar de la costa del país.

4.3.7 FACTOR 7: Impacto Ambiental

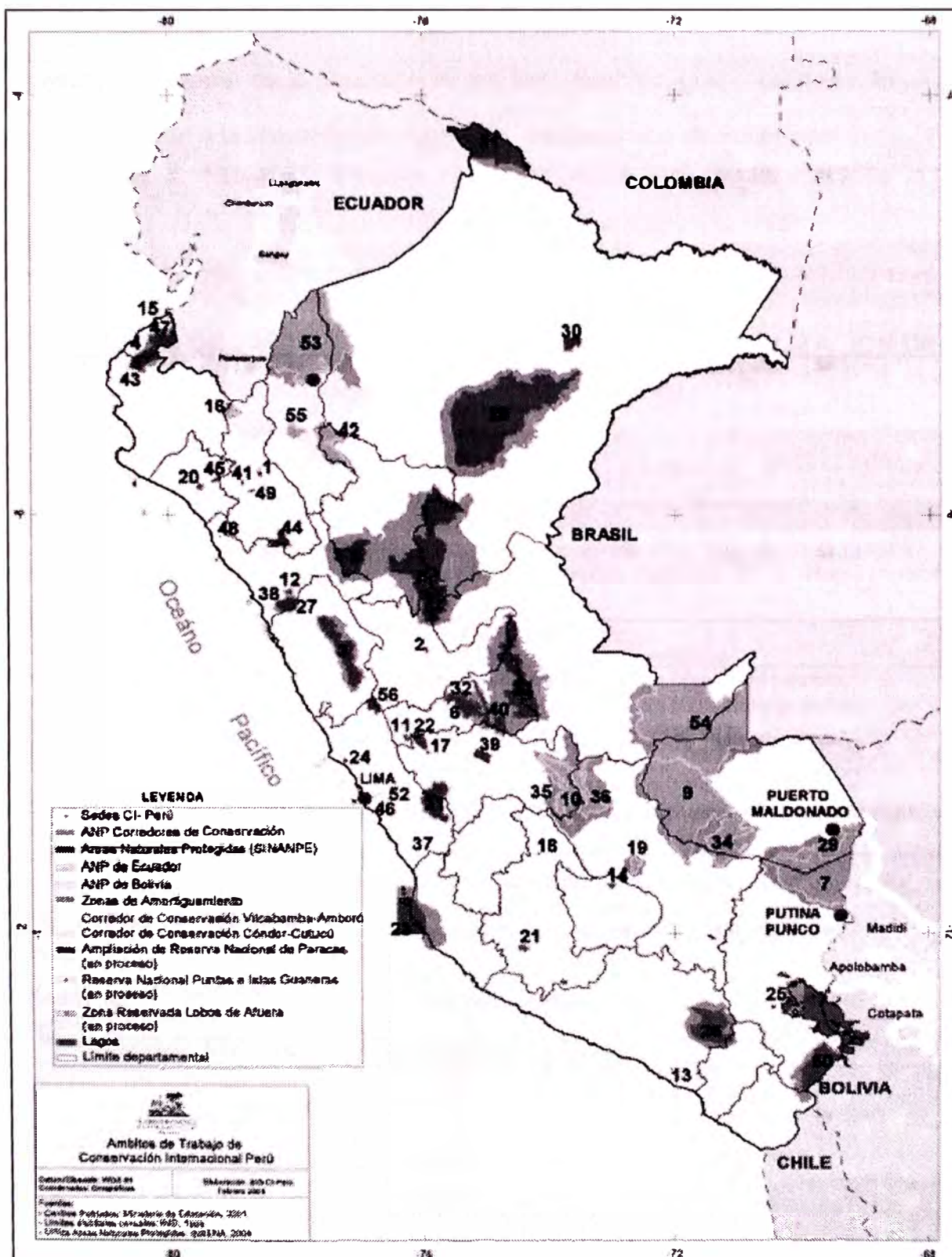
Al criterio de No afectación negativa del ambiente, se asigna un factor de ponderación de 8.

En principio el desarrollo de cualquier proyecto es susceptible de causar efectos negativos sobre cualquier región en que se establezca. Por tanto, el criterio de “no afectación negativa sobre los aspectos físicos, biológicos y socio-económicos del ambiente”, como cuestión de principio y orden general, exige evitar toda superposición de zonas ecológicamente sensibles, con lugares escogidos para instalar el/los Polo/s Petroquímico/s.

Para ello, a continuación se presenta un resumen sobre las áreas sensibles existentes a lo largo de la costa sur peruana.

FIGURA IV-3

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y ÁMBITOS DE TRABAJO DE CONSERVACION DEL PERU



4.4 RESUMEN SOBRE LA DISCUSIÓN DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOCACIÓN A SATISFACER

A continuación en la Tabla IV-4 se presenta un resumen de conclusiones e impactos identificados a partir de la discusión de los siete factores, que constituyen limitaciones que se imponen a la ubicación del Complejo Petroquímico de Polietileno.

TABLA IV-3
SUMARIO DE FACTORES A SATISFACER PARA LA LOCALIZACION DEL
COMPLEJO PETROQUIMICO

ITEM	FACTOR	CONCLUSION	IMPACTO
1	Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico	Ubicar en zona de costa La protección del Complejo Petroquímico se asegura mejor en la Costa peruana.	Alto
2	Una tubería cercana de Gas Natural de Camisea	Ubicar cerca de Pisco El ETANO será separado en Pisco.	Muy Alto
3	Un puerto, desde el cual se puedan embarcar sus productos y/o recibir materia prima	Ubicar tan cerca del Callao como sea posible Estudiar transporte terrestre vs. Cabotaje entre Complejo Petroquímico y el Callao. Callao único puerto de exportación vía contenedores	Alto
4	Fuente de agua dulce(que puede ser agua de mar)	Ubicar cerca del río Majes- Camaná, u Ocoña La desalinización del agua de mar es una alternativa válida.	Bajo
5	Proximidad al Mercado Nacional y Exportación	Ubicar tan cerca de Lima principal mercado nacional para derivados del etano y una zona vecina al océano para la exportación y cabotaje.	Bajo
6	Proximidad a la Fuente Energética	Ubicar en la costa del País	Muy Bajo
7	Impacto Ambiental	No invadir áreas sensibles.	Alto

TABLA IV-4

**FACTORES DE PONDERACIÓN ESTABLECIDOS PARA LA IMPORTANCIA
RELATIVA DE CADA UNO DE LOS SIETE FACTORES**

ITEM	FACTOR	CONTEO	PONDERACION
1	Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico	8	18%
2	Una tubería cercana de Gas Natural de Camisea.	10	23%
3	Un puerto, desde el cual se puedan embarcar sus productos y/o recibir materia prima	8	18%
4	Fuente de agua dulce(que puede ser agua de mar)	4	9%
5	Proximidad al Mercado Nacional y Exportación	4	9%
6	Proximidad a la Fuente Energética	2	5%
7	Impacto Ambiental	8	18%
			100%

4.5 PROBABLES UBICACIONES DEL COMPLEJO PETROQUÍMICO

A efecto de obtener un puntaje de calificación cuantitativa para valorar la mayor o menor conveniencia de cada locación considerada con respecto a cada criterio de Selección de Locación, estableceremos una puntuación entre 2 (muy bajo) y 10 (muy alto) que se aplicará sobre los factores de ponderación establecidos en la Tabla IV-6.

4.5.1 Posible lugar de locación: Norte de Pisco

TABLA IV-5

Valorización de Factores de localización al Norte de Pisco

ITEM	FACTOR	COMENTARIOS	CONTEO	PONDERACION	TOTAL
1	Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico	Riesgo sísmico y de Tsunami	3	18%	0.5400
2	Una tubería cercana de Gas Natural de Camisea.	Cerca de los Gasoductos de Camisea. Aún cuando actualmente los Gasoductos de Camisea a Pisco se encuentran casi copados por la demanda, la compañía transportadora tiene proyecto en marcha para ampliar la capacidad de la tubería. La fuente de Etano, está garantizado.	3	23%	0.6900
3	Un puerto, desde el cual se puedan embarcar sus productos y/o recibir materia prima	Para Polietileno(PE) el puerto de exportación es el Callao	3	18%	0.5400
4	Fuente de agua dulce(que puede ser agua de mar)	Los ríos Pisco y San Juan podrían cubrir parcialmente la demanda del Complejo Petroquímico.	1	9%	0.0900
5	Proximidad al Mercado Nacional y Exportación	Para Polietileno(PE) es ideal por su cercanía a Lima por vía marítima y terrestre. Para la exportación, el área está cerca al Puerto del Callao, la utilización del puerto San Martín para envarcar los contenedores desde/hasta el Callao, está en "observación"	3	9%	0.2700
6	Proximidad a la Fuente Energética	Se tiene acceso al sistema interconectado nacional	2	5%	0.1000
7	Impacto Ambiental	La Reserva de Paracas y su zona de amortiguamiento son limitantes importantes.	2	18%	0.3600
					2.5900

4.5.2 Posible lugar de locación: Pampa Melchorita

TABLA IV-6

Valorización de Factores de localización en Pampa Melchorita

ITEM	FACTOR	COMENTARIOS	CONTEO	PONDERACION	TOTAL
1	Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico	Riesgo sísmico y no tiene riesgo de Tsunami, debido a su altura sobre el mar.	5	18%	0.9000
2	Una tubería cercana de Gas Natural de Camisea.	Cerca de los Gasoductos de Camisea. Aún cuando actualmente los Gasoductos de Camisea a Pisco se encuentran casi copados por la demanda, la compañía transportadora tiene proyecto en marcha para ampliar la capacidad de la tubería. La fuente de Etano, está garantizado	3	23%	0.6900
3	Un puerto, desde el cual se puedan embarcar sus productos y/o recibir materia prima	Para Polietileno(PE) el puerto de exportación es el Callao	2	18%	0.3600
4	Fuente de agua dulce(que puede ser agua de mar)	Los ríos Cañete y Topara podrían cubrir parcialmente la demanda del Complejo Petroquímico.	1	9%	0.0900
5	Proximidad al Mercado Nacional y Exportación	Para Polietileno(PE) es ideal por su cercanía a Lima por vía marítima y terrestre. Para la exportación, el área está cerca al Puerto del Callao, la utilización del puerto San Martín para envarcar los contenedores desde/hasta el Callao, está en "observación"	3	9%	0.2700
6	Proximidad a la Fuente Energética	Se tiene acceso al sistema interconectado nacional	2	5%	0.1000
7	Impacto Ambiental	No se prevee mayores problemas ambientales.	5	18%	0.9000
					3.3100

4.5.3 Posible lugar de locación: Pampa Clarita

TABLA IV-7

Valorización de Factores de localización en Pampa Clarita

ITEM	FACTOR	COMENTARIOS	CONTEO	PONDERACION	TOTAL
1	Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico	Riesgo sísmico y no tiene riesgo de Tsunami, debido a su altura sobre el mar.	5	18%	0.9000
2	Una tubería cercana de Gas Natural de Camisea.	Cerca de los Gasoductos de Camisea. Aún cuando actualmente los Gasoductos de Camisea a Pisco se encuentran casi copados por la demanda, la compañía transportadora tiene proyecto en marcha para ampliar la capacidad de la tubería. La fuente de Etano, está garantizado.	2	23%	0.4600
3	Un puerto, desde el cual se puedan embarcar sus productos y/o recibir materia prima	Para Polietileno(PE) el puerto de exportación es el Callao	2	18%	0.3600
4	Fuente de agua dulce(que puede ser agua de mar)	Los ríos Cañete y Topara podrían cubrir parcialmente la demanda del Complejo Petroquímico.	1	9%	0.0900
5	Proximidad al Mercado Nacional y Exportación	Para Polietileno(PE) es ideal por su cercanía a Lima por vía marítima y terrestre. Para la exportación, el área está cerca al Puerto del Callao, la utilización del puerto San Martín para envarcar los contenedores desde/hasta el Callao, está en "observación"	3	9%	0.2700
6	Proximidad a la Fuente Energética	Se tiene acceso al sistema interconectado nacional	3	5%	0.1500
7	Impacto Ambiental	No se prevee mayores problemas ambientales.	5	18%	0.9000
					3.1300

4.5.4 Posible lugar de locación: San Nicolás- Marcona

TABLA IV-8

Valorización de Factores de Localización en San Nicolás en Marcona

ITEM	FACTOR	COMENTARIOS	CONTEO	PONDERACION	TOTAL
1	Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico	Riesgo sísmico y de Tsunami. Las ondiciones de presencia de roca en el suelo, favorecen la construcción anti-sísmica.	3	18%	0.5400
2	Una tubería cercana de Gas Natural de Camisea.	Requiere la construcción de un Gasoducto: Pisco-Marcona de 300 Km. Aproximadamente. El Etano será separado en Pisco, sería necesario construir una tubería de Pisco a Marcona para el transporte del Etano.	2	23%	0.4600
3	Un puerto, desde el cual se puedan embarcar sus productos y/o recibir materia prima	Será necesario la construcción de un nuevo terminal. Las condiciones de profundidad en la bahía son buenas. La presencia de Shougang limita las posibilidades.	2	18%	0.3600
4	Fuente de agua dulce(que puede ser agua de mar)	No se dispone de agua dulce. Se requiere la instalación de facilidades para obtener agua dulce a partir del agua de mar. El río Grande podría cubrir parcialmente la demanda del Complejo Petroquímico.	1	9%	0.0900
5	Proximidad al Mercado Nacional y Exportación	Será necesario la construcción de un nuevo terminal. Y carreteras desde Marcona hasta la Panamericana Sur.	2	9%	0.1800
6	Proximidad a la Fuente Energética	Se tiene acceso al sistema interconectado nacional	3	5%	0.1500
7	Impacto Abiental	No se prevee mayores problemas ambientales.	5	18%	0.9000
					2.6800

4.5.5 Posible lugar de locación: Matarani

TABLA IV-9

Valorización de Factores de localización en Matarani

ITEM	FACTOR	COMENTARIOS	CONTEO	PONDERACION	TOTAL
1	Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico	Riesgo sísmico y de Tsunami. En Ocoña hay zona elevada que minimizarla el riesgo de Tsunami.	4	18%	0.7200
2	Una tubería cercana de Gas Natural de Camisea.	La Buena Pro para la construcción del Gasoducto Camisea-Ilo, ya fue otorgada. Sin embargo, la factibilidad del ducto requiere ser confirmada y la construcción de dicho ducto va tomar varios años. En adición, como la separación del Etano va ser en Pisco, se requiere la construcción de una tubería de Pisco a Matarani.	1	23%	0.2300
3	Un puerto, desde el cual se puedan embarcar sus productos y/o recibir materia prima	El puerto de Matarani con mejoras adecuadas (dragado) podría servir para la exportación y recibir embarcaciones.	2	18%	0.3600
4	Fuente de agua dulce (que puede ser agua de mar)	Los ríos Majes-Camaná, u Ocoña podrían cubrir parcialmente la demanda del Complejo Petroquímico.	1	9%	0.0900
5	Proximidad al Mercado Nacional y Exportación	Ubicación ventajosa para acceso a la demanda del mercado y se dispone de área cerca al Puerto Matarani para la construcción de las Plantas	2	9%	0.1800
6	Proximidad a la Fuente Energética	Se tiene acceso al sistema interconectado nacional	3	5%	0.1500
7	Impacto Ambiental	No se prevee mayores problemas ambientales.	5	18%	0.9000
					2.6300

4.5.6 Posible lugar de locación: Ilo

TABLA IV-10

Valorización de Factores de localización en Ilo

ITEM	FACTOR	COMENTARIOS	CONTEO	PONDERACION	TOTAL
1	Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico	Riesgo sísmico y de Tsunami.	4	18%	0.7200
2	Una tubería cercana de Gas Natural de Camisea.	La Buena Pro para la construcción del Gasoducto Camisea-Ilo, ya fue otorgada. Sin embargo, la factibilidad del ducto requiere ser confirmada y la construcción de dicho ducto va tomar varios años. En adición, como la separación del Etano va ser en Pisco, se requiere la construcción de una tubería de Pisco a Ilo	1	23%	0.2300
3	Un puerto, desde el cual se puedan embarcar sus productos y/o recibir materia prima	El puerto de Matarani con mejoras adecuadas (dragado) podría servir para la exportación y recibir embarcaciones.	2	18%	0.3600
4	Fuente de agua dulce (que puede ser agua de mar)	Los ríos Majes-Camaná, u Ocoña podrían cubrir parcialmente la demanda del Complejo Petroquímico.	1	9%	0.0900
5	Proximidad al Mercado Nacional y Exportación	Ubicación ventajosa para acceso a la demanda del mercado y se dispone de área cerca al Puerto Matarani para la construcción de las Plantas	2	9%	0.1800
6	Proximidad a la Fuente Energética	Se tiene acceso al sistema interconectado nacional	3	5%	0.1500
7	Impacto Ambiental	No se prevee mayores problemas ambientales.	5	18%	0.9000
					2.6300

4.6

TABLA IV-11**MATRIZ DE CONFRONTACIONES PARA DETERMINAR LA UBICACIÓN DEL COMPLEJO PETROQUÍMICO DE POLIETILENO**

ITEM	FACTOR	PONDERACION	PISCO						SAN NICOLAS		MATARANI		ILO	
			NORTE DE PISO		PAMPA MELCHORITA		PAMPA CLARITA		CALIFICACION	TOTAL	CALIFICACION	TOTAL	CALIFICACION	TOTAL
			CALIFICACION	TOTAL	CALIFICACION	TOTAL	CALIFICACION	TOTAL						
1	Evaluación del riesgo físico a las instalaciones del Complejo Petroquímico	18%	3.00	0.54	5.00	0.90	5.00	0.90	3.00	0.54	4.00	0.72	4.00	0.72
2	Una tubería cercana de Gas Natural de Camisea.	23%	3.00	0.69	3.00	0.69	2.00	0.46	2.00	0.46	1.00	0.23	1.00	0.23
3	puedan embarcar sus productos y/o recibir	18%	3.00	0.54	2.00	0.36	2.00	0.36	2.00	0.36	2.00	0.36	2.00	0.36
4	Fuente de agua dulce(que puede ser agua de mar)	9%	1.00	0.09	1.00	0.09	1.00	0.09	1.00	0.09	1.00	0.09	1.00	0.09
5	Proximidad al Mercado Nacional y Exportación	9%	3.00	0.27	3.00	0.27	3.00	0.27	2.00	0.18	2.00	0.18	2.00	0.18
6	Proximidad a la Fuente Energética	5%	2.00	0.10	2.00	0.10	3.00	0.15	3.00	0.15	3.00	0.15	3.00	0.15
7	Impacto Ambiental	18%	2.00	0.36	5.00	0.90	5.00	0.90	5.00	0.90	5.00	0.90	5.00	0.90
			2.59		3.31		3.13		2.68		2.63		2.63	

De la Tabla IV-12, se concluye que el lugar ideal para la Ubicación del Complejo Petroquímico de Polietileno es Pampa Melchorita, ubicada en los límites de las provincias de Cañete (Departamento de Lima) y Chincha (Departamento de Ica).

CAPITULO V

DESCRIPCION DE LOS PROCESOS

En el presente capítulo se va realizar la descripción de cada uno de los Procesos presentes en el Complejo Petroquímico, vale decir; el Proceso de extracción de Etano del Gas Natural de Camisea, enseguida se describirá el Proceso de “Pirólisis” para la obtención de etileno, finalmente se describirán los diferentes Procesos de polimerización del etileno.

5.1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE EXTRACCION DE ETANO DEL GAS NATURAL DE CAMISEA

El proceso de recuperación del Etano implica enfriar la corriente del Gas Natural de Camisea usando refrigerantes externos, después al expandir el gas a través de un Turbo-Expansor, hace que la temperatura caiga aproximadamente de -120 a -160 °F. Esta caída rápida de la temperatura condensa el Etano en la corriente del gas, mientras que mantiene la mayor parte del Metano en forma gaseosa. La corriente enfriada del gas entonces entra en la columna del Deetanizador, donde se extrae el exceso del Metano

5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE “PIRÓLISIS”.

En la actualidad el etileno se produce, junto con otras olefinas de 3 y 4 átomos de carbono mediante Proceso Petroquímicos de Craqueo con Vapor de Hidrocarburos: fundamentalmente Naftas, Gasoil y Etano, aunque también Propano y Butanos.

5.2.1 PRODUCCIÓN DE OLEFINAS POR CRAQUEO CON VAPOR DE HIDROCARBURO

El craqueo térmico con vapor de hidrocarburos se produce en reactores tubulares en ausencia de catalizador a temperaturas por encima de los 750 °C, según reacciones

de deshidrogenación y de fisión beta, todas ellas endotérmicas. Con alimentaciones ligeras la deshidrogenación es preponderante; con alimentaciones pesadas las reacciones preponderantes son las de fisión, adquiriendo especial importancia las reacciones de condensación de olefinas y moléculas con dobles enlaces conjugados, que mediante sucesivas deshidrogenaciones, dan lugar a la indeseable formación de coque.

La corriente saliente del horno se enfría y destila en una columna de fraccionamiento, en la que se separan los gases olefínicos de las gasolinas de pirólisis, y aquellos se comprimen, se secan y se les elimina el CO₂ que llevan consigo, sometiéndoles a una serie de destilaciones sucesivas, primero a bajas temperaturas y luego a altas temperaturas.

5.2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

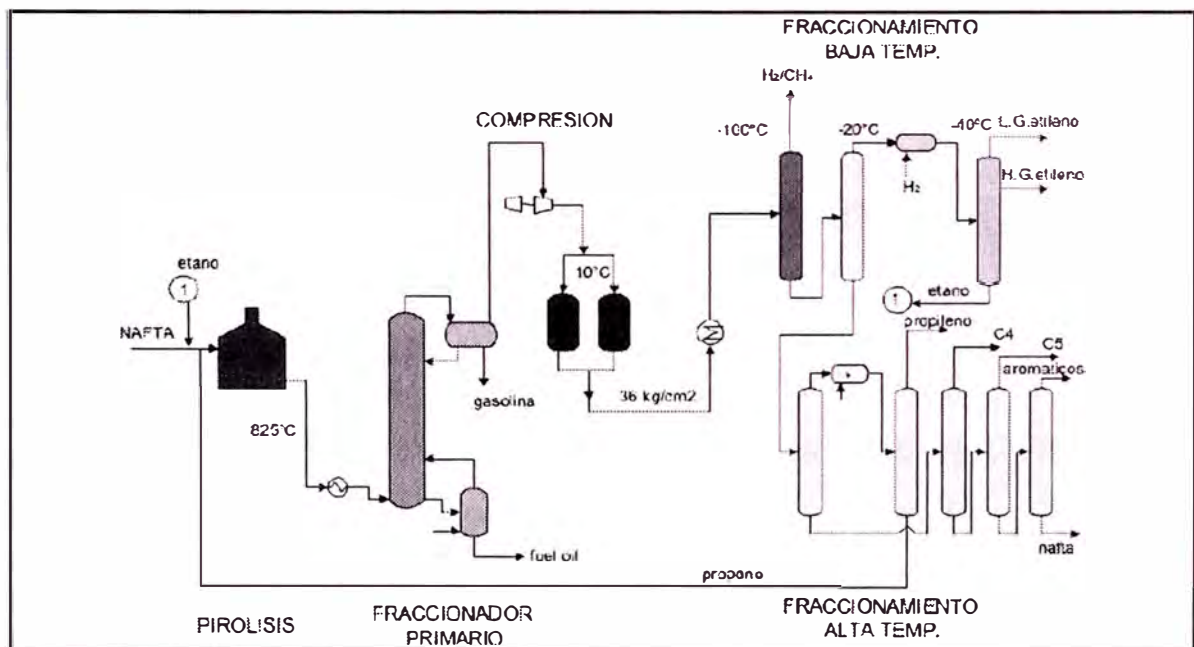
En el esquema simplificado de la Figura V-2 se señalan las cinco unidades básicas que constituyen las plantas de craqueo con vapor de una de las alimentaciones más convencionales: la nafta. Estas unidades son: Pirólisis, Fraccionamiento Primario, Compresión, Fraccionamiento Criogénico y Fraccionamiento a Alta Temperatura. Además pueden existir otras unidades complementarias como la de Hidrodesulfuración de los gas-oils (si se emplean como alimentación), las de separación de BTX (benceno, tolueno y xileno), etc.

- **PIRÓLISIS.** La alimentación se precalienta y vaporiza parcialmente en la sección de convención del horno, inyectándole seguidamente vapor recalentado, con lo que se completa la vaporización, y se la introduce en la zona convectiva del horno para recalentar la mezcla antes de entrar en la zona de radiación en la que tienen lugar de forma consecutiva y simultánea las reacciones comentadas. Como la capacidad del horno es limitada, deben disponerse varios en paralelo; uno de ellos diferente para Pirolicar el Etano y el Propano separados en las unidades de fraccionamiento de colas, que se

reciclan. La diferencia consiste en que los hidrocarburos ligeros requieren menor tiempo de residencia, menores temperaturas y menor relación vapor de agua/HC que las naftas. El gas saliente del horno de Pirólisis debe enfriarse rápidamente en una caldera de recuperación de calor (en la que se genera vapor de muy alta presión) y, a continuación, se termina su enfriamiento hasta los 350-400°C mediante mezcla con la corriente de fondo del fraccionador principal previamente enfriado en un refrigerante, con aire o con agua de refrigeración.

Figura V-2

Proceso de "Cracking Térmico"



- FRACCIONAMIENTO PRIMARIO:** En una columna de Destilación Atmosférica se rectifica la corriente saliente del horno de pirólisis, separándose por fondo un Gasoil o Fuel Oil de Pirólisis Negro, rico en olefinas, que suele quemarse como combustible en el horno. En el condensador de cabeza se separa el agua y una nafta que, por contener gran cantidad de olefinas y aromáticos tiene un buen número de Octano, y recibe el nombre de gasolina de Pirólisis. Sin embargo, debe ser estabilizada mediante tratamiento con Hidrógeno para que

no polimerice, es decir, para que no forme "gomas". Los gases salen como incondensables.

- **COMPRESIÓN:** El gas craqueado se comprime hasta unos 40 Kg./cm² en un compresor con 4 ó 5 etapas, con refrigeración intermedia, para evitar la polimerización de las olefinas. En los refrigerantes intermedios condensa el agua junto con naftas ligeras, que se unen a la gasolina de pirólisis separada en el fraccionador primario. Generalmente a la salida de la tercera etapa el gas se lava con una solución de hidróxido sódico para eliminar el H₂S y el CO₂ que lleva consigo. Al final de la última etapa el gas se seca mediante alúmina activada o tamices moleculares, que también retienen el CO₂ residual, de modo que su punto de rocío sea inferior a -100°C.
- **FRACCIONAMIENTO A BAJA TEMPERATURA:** El gas seco se enfría y se introduce en la Deemetanizadora, en la que se separa el Hidrógeno, el CO y el Metano. El condensador de esta columna es el punto más frío del sistema, utilizándose como líquido refrigerante etileno de un circuito auxiliar. La separación de Metano en esta columna debe ser lo más completa posible, pues todo el Metano retenido en la corriente de fondo impurificará al etileno producto. Por otra parte no debe escapar etileno con el Metano e Hidrógeno. Normalmente el CO y el Hidrógeno se introducen en un reactor de metanización y el Metano producido, junto con el separado en la columna se emplea como fuelgas.

La corriente de fondo de la Deemetanizadora pasa a la Deetanizadora, en la que se separa la corriente C₂ por cabeza, que seguidamente pasa al convertidor de acetileno, en el que este hidrocarburo se hidrogena selectivamente a etileno, debiendo desaparecer casi por completo pues su presencia en el etileno producto final es muy peligrosa.

El gas saliente del convertidor de acetileno se enfría, devolviendo los condensados a la Deemetanizadora. La fracción no condensada pasa al splitter

de C₂, del que se obtiene por fondo Etano, que se recicla a pirólisis, y por cabeza etileno impurificado con restos de Metano ("low grade"). El etileno de alta pureza se obtiene en una extracción lateral superior.

- **FRACCIONAMIENTO A ALTA TEMPERATURA:** La corriente de fondo de la Deetanizadora pasa a la Deepropanizadora, en la que se separan por cabeza los C₃. Los más pesados se separan seguidamente en fracción C₄ y en una segunda gasolina de Pirólisis que lleva consigo los C₅ y superiores. En algunos casos también se recupera la fracción C₅.

La fracción C₃ pasa a otro reactor de hidrogenación selectiva para eliminar el metilacetileno. A la salida la fracción C₃ pasa al splitter del que se obtiene por cabeza el Propileno y por cola el Propano, que se recicla al horno de Pirólisis junto con el Etano. De la fracción C₄ se separa el Butadieno y los Butenos y de las gasolinas de Pirólisis se separan los BTX. Las proporciones en que aparecen los distintos productos de la pirólisis en el gas saliente del horno son distintas según sea la naturaleza y el intervalo de o en reacciones de oxidación, polimerización, halogenación, alquilación.

5.3.1 DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE POLIMERIZACIÓN

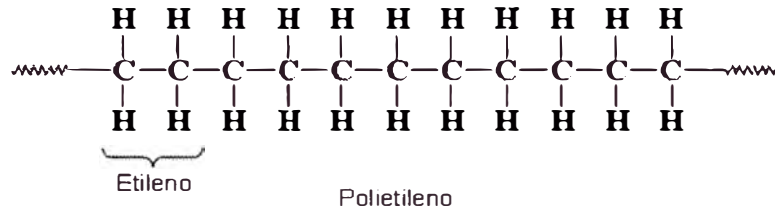
Antes de iniciar con la descripción de los diferentes procesos de polimerización vamos a describir las características de los Polietilenos

5.3.1 POLIETILENOS

El Polietileno (PE) es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva (CH₂-CH₂)_n. Se obtiene de la polimerización del etileno (de fórmula química CH₂=CH₂, llamado eteno por la IUPAC), del que deriva su nombre.

Figura V-3

Estructura del Polietileno



5.3.2 PROPIEDADES GENERALES

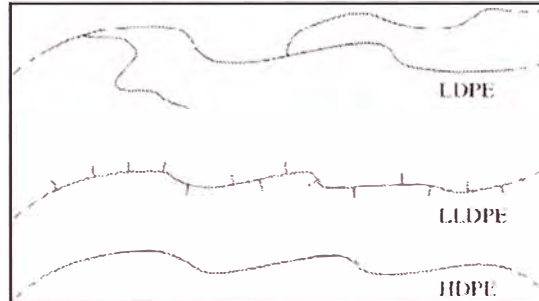
Existen básicamente cuatro propiedades moleculares que afectan la mayoría de las propiedades esenciales del Polietileno (y de las poliolefinas en general). Estas propiedades moleculares las determinan los materiales usados para producir las poliolefinas y las condiciones bajo las cuales se las produce. Las propiedades son:

5.3.2.1 DISTRIBUCIÓN DE RAMIFICACIONES:

Las ramificaciones de cadena afectan a muchas de las propiedades del polímero, tales como la densidad, dureza, flexibilidad y transparencia. Estas ramificaciones también se convierten en puntos de la red molecular donde puede ocurrir oxidación. Cuando a un homopolímero (poliolefina formada por un solo tipo básico de monómero) se incorporan otros monómeros (denominados comonómeros) las moléculas resultantes reciben el nombre de copolímeros. Los comonómeros generan cadenas laterales que proporcionan mejoras en ciertas propiedades específicas. Los comonómeros que se usan con mayor frecuencia con el PELBD (Polietileno lineal de baja densidad) y el PEAD (Polietileno de alta densidad) son las alfa olefinas, estas incluyen, entre otros, el buteno, hexeno y octeno, así como el Propileno. Las cadenas moleculares pueden estar más o menos ramificadas, formando estructuras que pueden ser caracterizadas por la longitud media de la cadena, por la distribución de cadenas longitudinales, por el grado de ramificación y por la distribución de los comonómeros.

Figura V-4

Estructuras del Polietileno de Baja densidad, de Baja Densidad Lineal y de Alta Densidad



5.3.2.2 DENSIDAD:

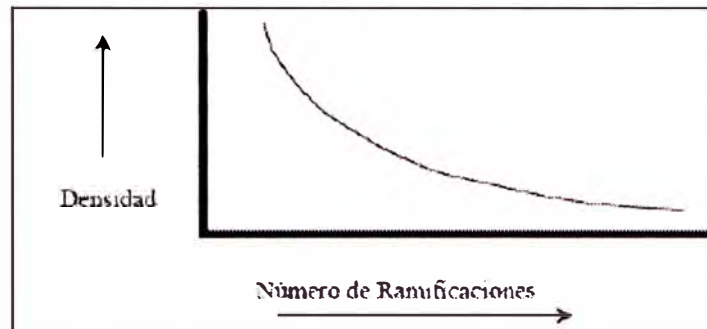
Las resinas de poliolefinas son una mezcla de áreas cristalinas y amorfas. En las áreas cristalinas las cadenas moleculares se arreglan más o menos paralelamente unas a otras. En áreas amorfas se arreglan al azar. En los polímeros, el mayor grado de cristalinidad implica mayor densidad de la resina, la cual posee pocas ramificaciones (y por lo tanto puede compactarse más eficientemente), mientras que las ramificaciones dificultan el acomodamiento disminuyendo la densidad del polímero.

POLIOLEFINA	DENSIDAD (gr/cm²)
PEBD-Polietileno de baja densidad	0.916 a 0.925
PEAD-Polietileno de alta densidad	0.941 a 0.965
PELBD-Polietileno lineal de baja densidad	0.910 a 0.940

Clasificación del (PE) por densidad según ASTM D 1248

Figura V-5

Relación entre la densidad del Polietileno y la ramificación de sus cadenas



5.3.2.3 PESO MOLECULAR:

Cada resina de poliolefina consiste en una mezcla de cadenas largas y cortas, o sea, cadenas de alto y bajo peso molecular. El promedio de estos pesos se llama peso molecular promedio. A medida que el peso molecular promedio aumenta, también aumenta la fortaleza de la resina, pero desgraciadamente también se hacen más difíciles de procesar debido al aumento de su viscosidad. Ambas propiedades (peso molecular y viscosidad) se miden por medio de un parámetro denominado Índice de Fluencia (IF), el cual se relaciona inversamente con el peso molecular promedio de la resina, cuando el peso molecular aumenta, el IF disminuye.

Clasificación del PE por peso molecular

NOMBRE		PESO MOLECULAR (g/mol)
Baja densidad	PEBD	100.00 – 300.00
Baja densidad lineal	PELBD	200.00 – 500.00
Alta densidad	PEAD	200.00 – 400.00
PEAD de alto peso molecular	HMW HDPE	200.00 – 500.00

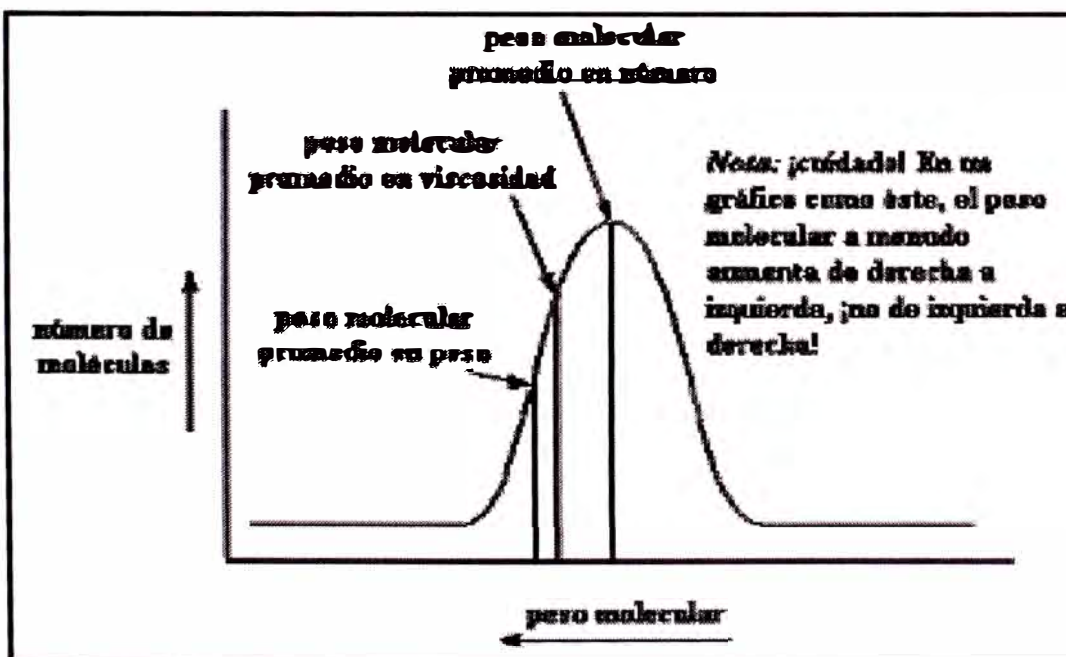
Fuente: Tecnología de las Poliolefinas

5.3.2.4 DISTRIBUCIÓN DEL PESO MOLECULAR:

Las distribuciones unimodales de peso molecular pueden ser anchas o angostas. También pueden tener una distribución bimodal e incluso trimodal, con dos o tres picos de distribución. Estas distribuciones tienen una gran incidencia en las propiedades de la resina. Cuando la distribución consta de cadenas cuya longitud se aproxima al promedio se dice que la resina tiene una distribución estrecha o angosta de peso molecular. Las resinas de distribución ancha de peso molecular son aquellas que poseen una variedad de longitudes de cadena. En general, las resinas con distribución estrecha de peso molecular tienen una mayor resistencia al resquebrajamiento bajo tensión y mejores propiedades ópticas. Las resinas con distribución amplia de peso molecular generalmente presentan mayor resistencia al impacto y mayor facilidad de procesamiento.

Figura V-6

Distribución unimodal del peso molecular de un Polímero

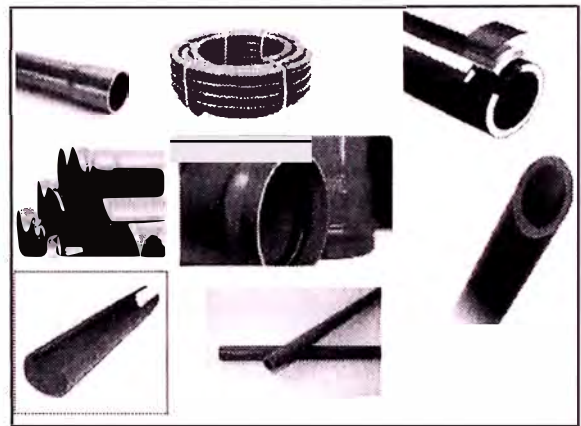


Fuente: <http://pslc.ws/spanish/weight.htm>

5.4 TIPOS DE POLIETILENO Y APLICACIONES

5.4.1 POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (PEBD)

El Polietileno de baja densidad (PEBD), es el primer PE en ser comercializado, tiene una estructura ramificada y es amorfo. Su bajo grado de cristalinidad es atribuido a las frecuentes ramificaciones cortas y largas. Se comporta como un material altamente flexible y su apariencia natural es traslúcida. Sus aplicaciones principales son para bolsas, cable, película para embalaje, bolsas para suero, tuberías para riego, base para pañales, etc.



5.4.2 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)

El Polietileno de alta densidad (PEAD) es un polímero cuya estructura es lineal, sin ramificaciones. Tiene menor flexibilidad que el de baja densidad, debido a su usual mayor peso molecular. Sus aplicaciones incluyen: bolsas, envases (de alimentos, detergentes, pinturas, etc.), juguetes, macetas, tuberías, cajones para gaseosas, etc.



5.5 PROCESOS DE POLIMERIZACIÓN

Hay una gran cantidad de procesos comerciales para producir PE. Se pueden contar aproximadamente de 27 tecnologías para producir PE. Pero se debe tener en cuenta que la mayoría de las tecnologías ofrecen opciones y variaciones sobre la plataforma básica. Algunas de esas tecnologías solo son usadas por la empresa dueña de la tecnología, otras son usadas también en emprendimientos conjuntos, otras son licenciadas con restricciones (manteniendo las partes más interesantes sin licenciar) y otras son licenciadas sin mayores restricciones. Muchas de las tecnologías son descritas en mayor o menor detalle, pero no todas.

Si bien puede ser interesante proveer una descripción detallada de todas las tecnologías disponibles, ese no es el objetivo. El objetivo es proporcionar una información de las muchas opciones disponibles, que pueden paralizar un proyecto ante una cantidad apabullante de opciones.

5.5.1 TECNOLOGÍAS PARA EL PROCESO DE POLIMERIZACIÓN DE PE

Los procesos, su licenciador (generalmente el dueño de la tecnología, pero no siempre) y el rango de productos se pueden resumir en la siguiente tabla.

Licenciario	Nombre del proceso	Tipo de proceso	Rango de productos	Comentarios
LyondellBasell	Hostalen	Suspensión, 2 reactores	HDPE	Productos bimodales. Inventado por Hoechst.
LyondellBasell	Lupotech G	Fase gas	PELBD/AD	Inventado por BASF. Tecnología incorporada en nuevo Spherilene en 2/06.
LyondellBasell	Lupotech TM y TS	Alta presión, tubular	LDPE, EVA	Hasta 30% EVA. Inventado por BASF.
LyondellBasell	Spherilene	Fase gas, reactores en cascada	PELBD/AD	Inventado por Montell.
Borealis	Borstar	Suspensión, Fase gas	PELBD/AD	
Chevron Phillips		Suspensión	PELBD/AD, mPE	Inventado por Phillips
Dow	Dowlex	Solución	PELBD/AD,	No se licencia.
Dow	Unipol II	Fase gas, reactores en cascada	PELBD/AD	Productos bimodales. No se licencia. Inventado por Union Carbide.
Enichem		Alta presión, autoclave y tubular	PEBD	

Licenciario	Nombre del proceso	Tipo de proceso	Rango de productos	Comentarios
ExxonMobil		Alta presión, autoclave	PEBD, EVA	Hasta 40% EVA.
ExxonMobil		Alta presión, tubular	PEBD, EVA	Hasta 10% EVA.
Ineos	Innovene	Fase gas	PELBD/AD, mPE	Inventado por BP
LyondellBasell	Lupotech A	Alta presión, autoclave	PEBD, EVA	Hasta 40% EVA. Inventado por USI. Licenciado por Lyon Dell hasta la fusion en LyondellBasell
Lyondell		Alta presión, tubular	PEBD, EVA	Hasta 30% EVA. Inventado por USI. Licenciado por Lyon Dell, indefinido luego de la fusion en LyondellBasell
Lyondell		Suspensión, dos reactores	PEAD	Productos Bimodales. Inventado por Nissan. Licenciado por Lyondell/Maruzen, indefinido luego de la fusión en Lyondell Basell
Mitsubishi		Alta presión, autoclave	PEBD	
Mitsui	CX	Suspensión	PEAD	Productos Bimodales.
Mitsui	Ovolute	Fase Gas	PELBD/AD	No se licencia
Nova	AST-Advanced Sclairtech	Solución, dos reactores	PELBD/AD	SSC
Nova	Sclair	Solución, un reactor	PELBD/AD	SSC. Inventado por Du Pont Canadá

5.6 DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE PROCESO DE POLIMERIZACIÓN

5.6.1 ALTA PRESIÓN

Para producir PEBD se utilizan reactores de alta presión. El gas etileno es comprimido e inyectado al reactor donde se activa por medio de un catalizador y se polimeriza. El producto fluye a un separador donde se retira el gas no utilizado, retornándolo al proceso.

Luego el material fundido va a un extrusor, donde opcionalmente, se agregan aditivos antes de pelletizarlo. El PEBD una vez pelletizado es transportado neumáticamente a silos para su homogenización, clasificación y distribución.

Las presiones en los procesos de alta presión están oscilan entre 15.00 y 50.00 psi, con temperaturas entre 150 y 325 °C, el calor de reacción es removido a través de chaquetas de enfriamiento en un proceso generalmente adiabático.

Hay dos procesos, uno el de reactor autoclave (con agitador) y otro con reactor tubular (serpentina). La polimerización en el reactor autoclave se hace partiendo de etileno al cual se le inyecta peróxidos orgánicos. La reacción se inicia a aproximadamente 150 °C al descomponerse los peróxidos, obteniéndose una polimerización con una conversión de entre 15 y 40%. Este proceso puede producir resinas de LDPE con un amplio intervalo de distribuciones de pesos moleculares.

Las tecnologías de alta presión normalmente disponibles incluyen los procesos de Enichem, ExxonMobil, Lyondell, Mitsubishi, Polimeri Europa, ICI y Ube.

5.6.2 SOLUCION

El Proceso de solución opera a presiones de hasta 1 000 psi, con temperaturas arriba del punto de fusión del Polímero, típicamente mayores de 135 °C y hasta 200 °C. La remoción de calor se efectúa a través del solvente y paredes del reactor. Algunos Procesos usan chaquetas de enfriamiento y solvente hirviendo para remover calor. El

Polímero debe permanecer disuelto en el solvente durante la polimerización. Algunos de los solventes usados son el Octano y el Ciclohexano (tienen alto punto de ebullición y bajo costo). Se puede usar Buteno y Hexeno como comonómeros, pero el Octeno es posiblemente el más usado. El proceso tiene buen control de peso molecular y distribución de peso molecular produciendo resinas para película con buena apariencia. Si bien puede producir PEAD, se usa normalmente para producir PELBD.

A pesar que un único reactor puede ser utilizado, los reactores múltiples proveen un buen control de temperatura, distribución de peso molecular y la posibilidad de producir resinas bimodales. El sistema de polimerización opera al 15-20% de polímero en la solución fundida y alcanza más del 90% de conversión del etileno por pasada. Para las resinas convencionales (PELBD y PEAD), éste proceso utiliza catalizadores Ziegler de alta reactividad, preparados mediante la reacción de titanio con otros componentes

Los procesos de solución incluyen los procesos Dowlex de Dow, AST de Nova y Stamicarbon de Sabic.

5.6.3 SUSPENSIÓN

El Polietileno se obtiene mediante un proceso catalítico, por reacción de etileno con Hidrógeno y Buteno en suspensión de Hexano o de Isobutano (proceso Slurry). Las reacciones se realizan en un reactor agitado de proceso continuo, a una presión que oscila de 100 a 600 psi, y a una temperatura que varía entre 50 a 100 °C.

En estas condiciones el catalizador se mantiene suspendido en el Hexano y el polímero, a medida que se genera, se va depositando sobre su superficie. Una vez terminada la reacción, la suspensión pasa por una centrifuga que separa el Hexano del polvo húmedo. El Polietileno obtenido en polvo, es secado en horno con corriente de nitrógeno caliente. Luego el polvo es transportado a los silos de almacenaje, donde es homogeneizado antes de enviarlo a la unidad de extrusión.

Los Procesos de suspensión (slurry) incluyen los procesos Hostalen de Basell, de Chevron Phillips, de Lyondell/Maruzen, CX de Mitsui y el de Nipon PC/JPO.

5.6.4 FASE GAS

El etileno purificado se une con el comonomero en cantidades definidas, que son función de la densidad del producto a obtener, formando la corriente de alimentación fresca al reactor. A la corriente anterior se le adiciona hidrógeno gaseoso de alta pureza, en una cantidad determinada que es función del peso molecular y de la distribución del mismo en el Polietileno a obtener. A la corriente así obtenida se le adiciona una corriente de cocatalizador en forma dosificada, que es función del producto a obtener. Esta corriente gaseosa se mezcla con la corriente gaseosa de reciclo y entra al reactor de polimerización de lecho fluido por su parte inferior. En la cámara de reacción del reactor se hallan partículas de polvo de Polietileno al estado fluidizado por medio de la corriente gaseosa que atraviesa la placa de distribución de gas. El catalizador se introduce en la cámara de reacción al estado de polvo seco. De esta manera, la corriente gaseosa circulante va polimerizando alrededor de las partículas de catalizador, generando un incremento en el volumen de éstas, que permanecen en estado fluido.

El porcentaje de polimerización en cada paso por el reactor es del 2 %, y la conversión total del monómero en el proceso es mayor al 97 %. El peso molecular y su distribución en el polímero obtenido es función de la temperatura de reacción. Las partículas del polímero son descargadas del reactor en forma intermitente por medio de un sistema de válvulas a una cámara de desgasificación primaria o tanque de descarga de producto. La fracción no convertida del gas es purificada y pasa por un compresor centrífugo que le eleva la presión por encima de la presión del reactor, y luego pasa por un intercambiador que le regula su temperatura, para posteriormente ser mezclado con la corriente de alimentación fresca que entra nuevamente al reactor. El polvo de Polímero pasa al tanque de desgasificación donde es fluidificado por

medio de nitrógeno para poder eliminar casi totalmente el resto de gas; la corriente gaseosa emergente es enviada a la antorcha para su quemado. El polvo sale del tanque de desgasificación a través de una válvula exclusiva rotativa que oficia de dosificador volumétrico continuo que lo envía conjuntamente con los aditivos dosificados por un sistema gravimétrico a un mezclador intensivo. En el mezclador el polímero es amasado, mezclado y plastificado, formando una masa homogénea de elevada viscosidad; esta última es tomada por una bomba a engranajes especialmente diseñados para materiales altamente viscosos que la impulsa a través de la plaqueta de la pelletizadora. Los pellets suspendidos en el agua son separados de esta última por medio de una zaranda húmeda que vuelca el agua para ser reciclado, y envía los pellets húmedos a un secador centrífugo rotativo en el cual son secados por medio de aire que circula en contracorriente. Este proceso es utilizado para producir desde PELBD hasta PEAD.

Los procesos de fase gas incluyen los procesos Lupotech G y Spherilene de Basell, Borstar de Borealis, Innovene de Ineos, Unipol de Dow, Evolve de Mitsui y el de Sumitomo.

CAPITULO VI

SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

En el presente capítulo se va seleccionar las tecnologías que serán usados en los procesos del Complejo Petroquímico de Polietileno.

6.1 TECNOLOGÍA PARA LA EXTRACCIÓN DE ETANO

La tecnología que se usará en la extracción del Etano del Gas Natural de Camisea será el Proceso COREFLUX™-C2.

6.1.1 Descripción del Proceso COREFLUX™-C2

El proceso de recuperar el Etano desde el Gas Natural (Figura VI-1), tiene las siguientes características.

- Alta tasa de recuperación del Etano por la formación del reflujo de alta concentración de Metano (>95%).
- Reducción de la energía de compresión por el uso efectivo del Tubo-Expansor.
- Fácil modificación desde el proceso convencional.

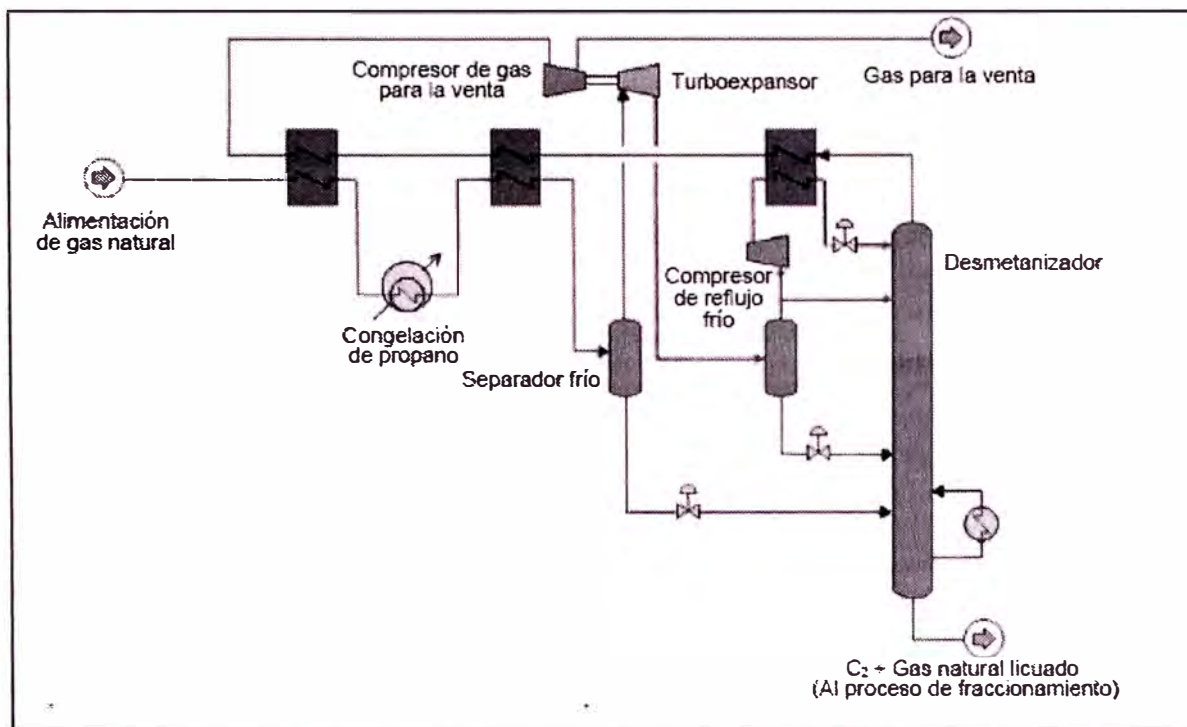
Para elevar la tasa de recuperación del Etano es necesario que se suministre el líquido de alta concentración de Metano (igual reflujo) hacia el tope de la torre de destilación. Se obtiene una alta eficiencia de destilación y se recupera una mayor cantidad de Etano cuanto más alta es tasa de licuación dentro del reflujo y más alta es la concentración del Metano dentro del líquido. Para producir este líquido de reflujo se requiere una baja temperatura del nivel de -100°C y la clave que determina las características del proceso depende de cómo lograr eficientemente las condiciones de baja temperatura.

En el proceso COREFLUX™-C2 se obtiene el estado de baja presión utilizando efectivamente el Tubo-Expansor. Además, se extrae el gas de alta concentración de metano instalando un separador en la corriente de salida del Tubo-Expansor. Una

parte de este gas vuelve a comprimirse y la condensación se facilita elevando la temperatura de equilibrio y se condensa mediante el intercambio de calor con el gas del tope de la torre de Deemetanización de baja temperatura. Con este método se eleva la tasa de licuación y permite formar el líquido de reflujo de alta concentración de Metano, posibilitando la separación eficiente del Metano y el Etano.

Figura VI-1

Diagrama del Proceso COREFLUX™-C2



6.2 TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE ETILENO

La tecnología que se usará en la producción de Etileno es la tecnología de ABB - Lummus ya que es la tecnología más usada en el mundo, para la producción de Etileno en Grado Polímero por el proceso de "Pirólisis".

6.2.1 Descripción del Proceso ABB-LUMMUS

La alimentación a la planta de Etileno puede ser Etano o Propano. La alimentación fresca y Etano reciclado son craqueados térmicamente en presencia de vapor en un

horno reactor, conformado por un banco de tubos donde se efectuará la Pirólisis. La corriente de gas es enfriada inmediatamente generando vapor de agua.

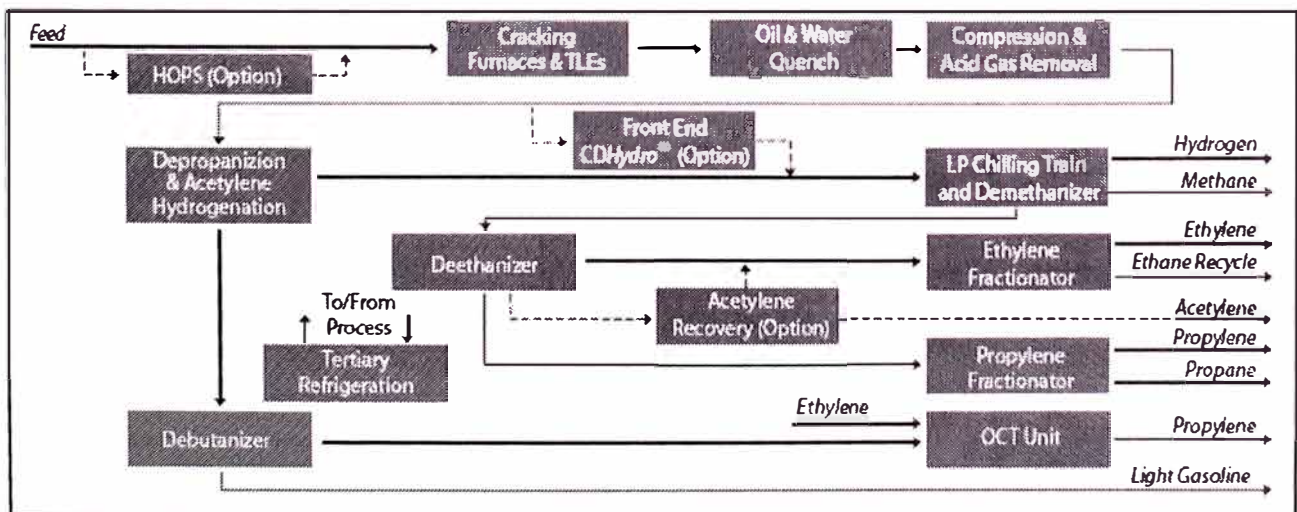
Posteriormente la corriente de gas es comprimida en un tren de compresores centrífugo en 4 o 5 etapas. Los gases ácidos son removidos por absorción con MEA (Monoetanol Amina) y/o soda cáustica, y seguidamente son secados sobre tamices moleculares por adsorción.

La recuperación de productos toma lugar bajo condiciones criogénicas por intercambio de corrientes frías y aplicando el efecto Joule-Thompson. Los componentes acetileno son hidrogenados en sistemas catalíticos, y el hidrógeno es recuperado vía PSA (Pressure Swing Adsorption) o metanización. El Metano excedente es recuperado y usado como combustible en el horno reactor de la planta.

El Etileno en Grado Polímero es obtenido en torres de súper fraccionamiento que están altamente integradas para reducir el consumo de energía. La mezcla de productos C4 y gasolina de pirólisis también son recuperados.

Figura VI-2

Diagrama del Proceso de "Pirólisis"



Fuente: ABB Lummus

6.3 TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE POLIETILENO

Se ha seleccionado dos tecnologías para la producción de Polietilenos, que son las siguientes: Lupotech T y Hostalen de Basell.

6.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO LUPOTECH T

El proceso Lupotech T de Basell, es un proceso tubular de alta presión para la producción de PEBD y Copolímeros de EVA. Puede producir una variedad de productos de diversas densidades y MI. En el caso de copolímeros puede tener concentraciones desde 3 a 28 %.

El etileno es polimerizado a temperaturas superiores a los 150 °C y presiones entre 2 000 y 3 100 bar. Para la producción de copolímeros se usan acetato de vinilo o butilacrilato. El proceso se puede dividir en los siguientes pasos o secciones:

- Precomprensión del etileno
- Compresión a condiciones de reacción
- Reacción de polimerización
- Separación de gas y polímero
- Reciclado de gases que no han reaccionado
- Extrusión y paletizado
- De volatilización
- Almacenamiento y envase

El etileno Grado Polímero y el etileno de reciclaje son comprimidos por un compresor primario a aproximadamente 300 bar. Se agrega modificador para controlar el peso molecular.

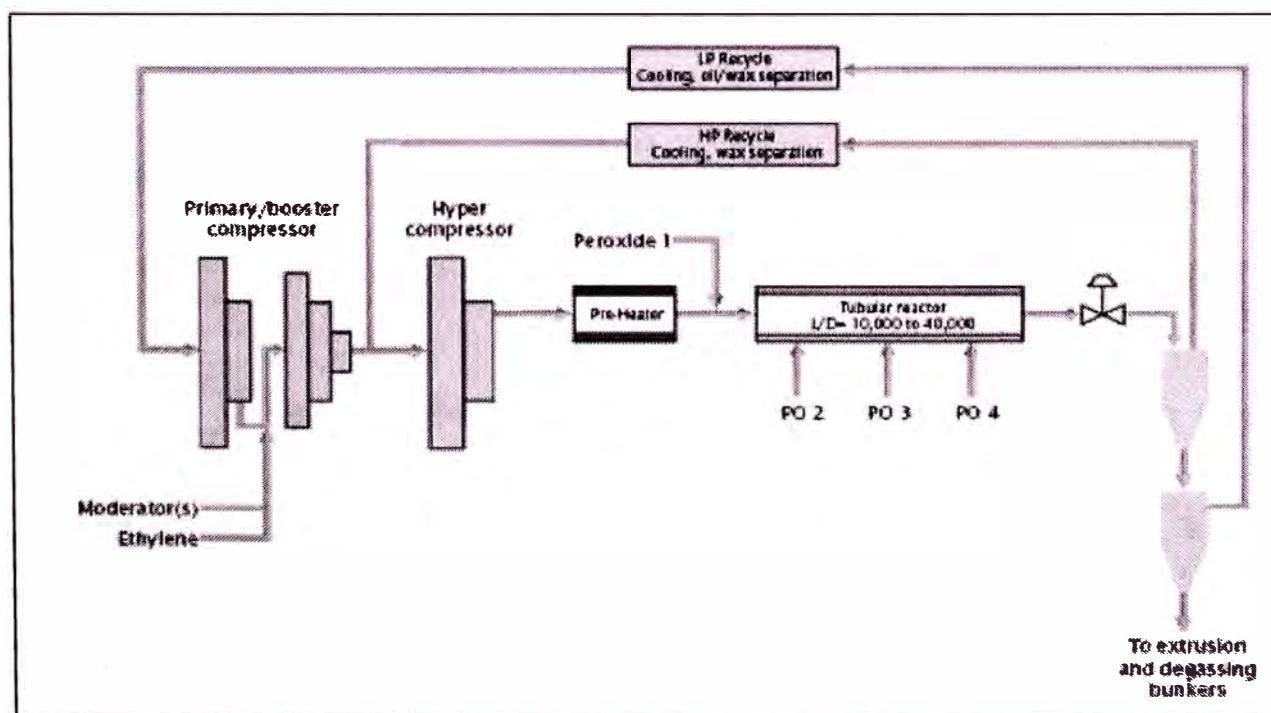
La corriente de etileno fresco con el etileno de reciclaje del circuito de reciclaje de alta presión se comprimen aún más por el hipercompresor hasta 3 100 bar.

El hipercompresor es un compresor simétrico de dos etapas. En la primera etapa el gas es comprimido desde unas 270 bar a aproximadamente 1 250 bar. En la segunda etapa el gas es comprimido a presiones de hasta 3 200 bar. Después de cada etapa el gas pasa por un amortiguador de pulso de descarga. El etileno de descarga debe ser calentado aun más para que la reacción tenga lugar.

La mezcla de gases de reacción que sale del hipercompresor es alimentada a un reactor tubular. Los reactores pueden tener dos configuraciones diferentes. En el reactor T todo el flujo del hipercompresor es calentado a 150 – 180 °C e introducido a la primera zona de reacción. La reacción se inicia por inyección de peróxidos orgánicos. A medida que la mezcla reactante se enfría luego del primer pico de reacción, se introduce iniciador de peroxido adicional para poner en marcha una zona de reacción adicional. Puede haber varios puntos de inyección, dando un total de tres a cinco zonas de reacción.

Figura VI-3

Diagrama del proceso Lupotech T

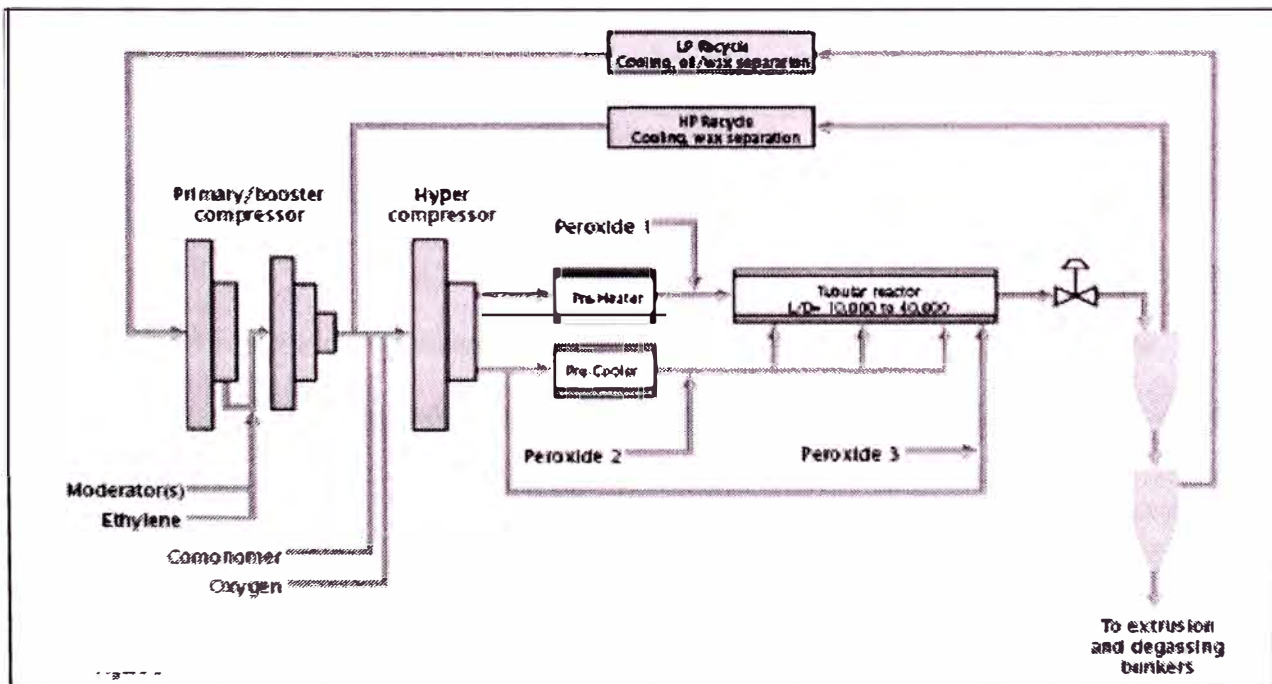


Fuente: Basell

En un reactor TM (múltiples inyecciones de gas frío) el etileno comprimido es dividido en varias corrientes e introducido al reactor en varias posiciones. Un 40 a 70% del total de etileno es precalentado a 150 a 180 °C antes de adicionar el peroxido, el cual junto con el Oxígeno, inicia la primera zona de reacción.

El 30 a 60% restante del etileno se enfría y dividido en porciones aproximadamente iguales las cuales son inyectadas en el reactor en varias posiciones. Junto con la adición de iniciador esto resulta en el número deseado de zonas de reacción. Se pueden crear zonas adicionales de reacción alimentado peroxido directamente al reactor. El reactor TM puede tener incrementos de diámetro escalonados y la velocidad del flujo de la mezcla reactante puede cambiar significativamente debido a la introducción adicional de gas.

Figura VI-4
Diagrama del proceso Lupotech TM



Fuente: Basell

En las zonas de reacción, la polimerización se inicia por adición de iniciador (Oxígeno o peroxido). Debido a la naturaleza exotérmica de la reacción del etileno, la mezcla aumenta de temperatura, y el Polietileno resultante está derretido. La temperatura se

controla través de la concentración y tipo de los iniciadores así como a través del sistema de agua caliente. Corrientes laterales de etileno enfriado fresco pueden ser usadas para enfriar rápidamente la mezcla reactante y re arrancar la iniciación. Se puede obtener una conversión de más de 35% por circuito, mediante este procedimiento. A la salida del reactor, la mezcla de polímero y etileno sin reaccionar es despresurizada, pasa a un enfriador de post reacción y entra en un separador de producto de alta presión. El etileno sin reaccionar es separado del polímero fundido a aproximadamente 300 bar. La mezcla de polímero fundido sale por una válvula de producto en un separador de producto de baja presión (aproximadamente 0.2 a 2.0 bar) para remover el etileno remanente de la resina.

Las corrientes de etileno de ambos separadores se reciclan a los respectivos compresores mediante un enfriamiento por etapas. La corriente de alta presión es reciclada al hipercompresor y la corriente de baja presión es reciclada a la segunda etapa del compresor primario. Para minimizar la acumulación de impurezas e inertes en los circuitos, una pequeña cantidad de etileno es removida como gas de purga y enviada al sistema de recuperación de etileno.

El polímero fundido, todavía con pequeñas cantidades de etileno, se pasa del separador de baja presión al extrusor para de volatilización adicional, incorporación de aditivos si es necesario, y peletizado por un sistema de peletizado bajo agua. Al salir del peletizador los pellets todavía tienen trazas de etileno, son enviados a los silos de purga, donde son purgados a través de un flujo constante de aire. Luego de una cierta cantidad de tiempo los hidrocarburos remanentes se difunden afuera de los pellets. El flujo de aire es diseñado para mantener un nivel de concentración de etileno seguro.

El producto luego entra en silos de almacenaje, de donde el producto puede ser transportado a granel o embolsado.

6.3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO HOSTALEN

El Proceso Hostalen de Basell puede producir PEBD y PEBD bimodal. Para producir PEBD los reactores son operados en serie, para PEBD bimodal en series o cascada, sin cambio de capacidad de producción.

El proceso Hostalen consiste en las siguientes secciones:

- Preparación y alimentación de catalizador
- Polimerización
- Secado de polvo
- Extrusión y transporte de pellets
- Reciclado de hexano
- Reciclado de buteno

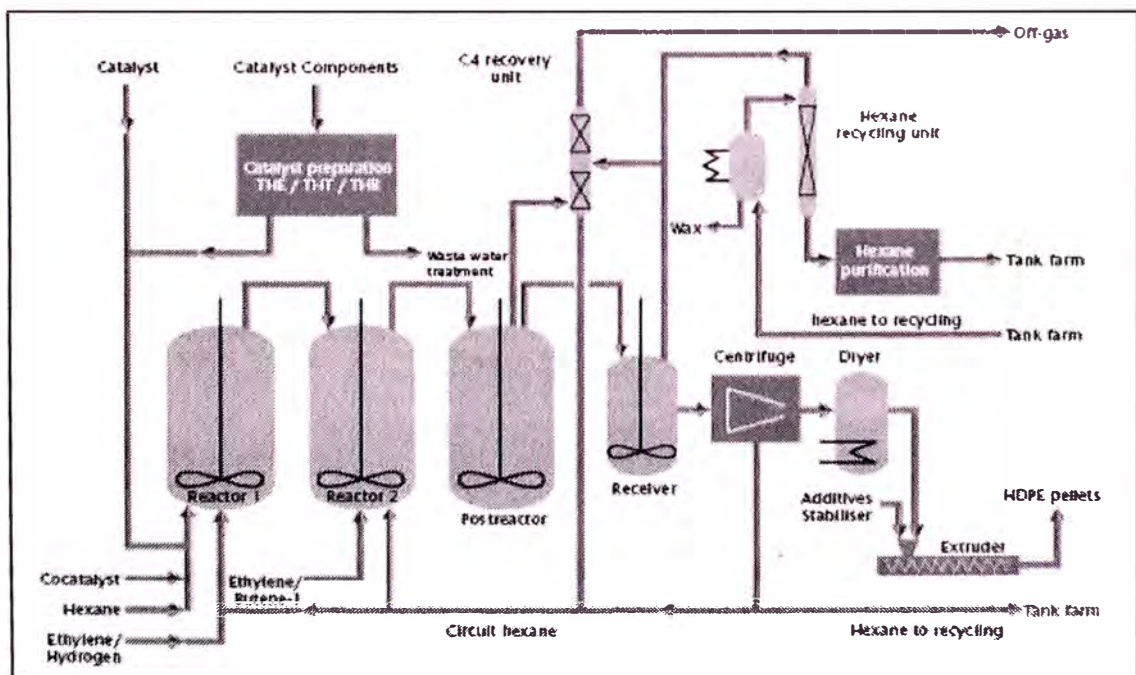
La producción de catalizador es hecha en forma discontinua a partir de cuatro componentes disponibles comercialmente en un tanque de preparación de catalizador bajo condiciones definidas con precisión. Los lotes de catalizador completados son transferidos a tanques de dilución de catalizador, donde son diluidos adicionalmente y alimentados a través de un dosificador de catalizador directamente a los reactores de polimerización. Algunos tipos de catalizador, disponibles ya listos para ser alimentados, son transferidos directamente a los tanques de dilución de catalizador.

Los reactores son alimentados continuamente con una mezcla de monómeros, hidrogeno, catalizador, co-catalizador y Hexano reciclado del proceso. En los reactores, la polimerización del etileno tiene lugar como una reacción fuertemente exotérmica a presiones de 5 a 10 bar, y temperaturas entre 75 y 85 °C. El calor de reacción se remueve por medio de agua de enfriamiento. El peso molecular, la distribución de peso molecular y la densidad del polímero en los reactores son determinadas por el tipo de catalizador y su concentración, comonómero e hidrogeno para diferentes grados de PE. En el tipo de proceso BiModal(BM) los reactores operan en cascada, con diferentes condiciones en cada reactor, incluyendo bajo contenido de hidrogeno en el segundo. Esto permite la producción de PEAD con una distribución

bimodal de peso molecular y un contenido definido de comonómero en cadenas moleculares de PE de alto peso molecular. En el tipo de proceso K2 los reactores operan en cascada, con diferentes condiciones de reacción en cada reactor. Esto permite la producción de PEAD con una Distribución ancha de peso molecular y un contenido definido de comonómero en cadenas moleculares de PE de alto peso molecular. En el tipo de proceso K1 los reactores operan en paralelo, bajo condiciones de polimerización idénticas. Este proceso es usado si se desea una Distribución angosta de peso molecular. Una suspensión de polímero (slurry) fluye de los reactores en un post reactor común. Allí, tiene lugar la polimerización final, resultando en una conversión de más de 99 % del monómero usado. La suspensión luego fluye a un recipiente de suspensión.

Figura VI-5

Diagrama del proceso Hostalen



Fuente: Basell

La suspensión sale del recipiente de suspensión para ser separada en un decantador centrífugo. Los sólidos se alimentan a un secador de lecho fluidizado, con Nitrógeno caliente; los líquidos (Hexano de reciclo) se devuelve a los reactores. En el secador el

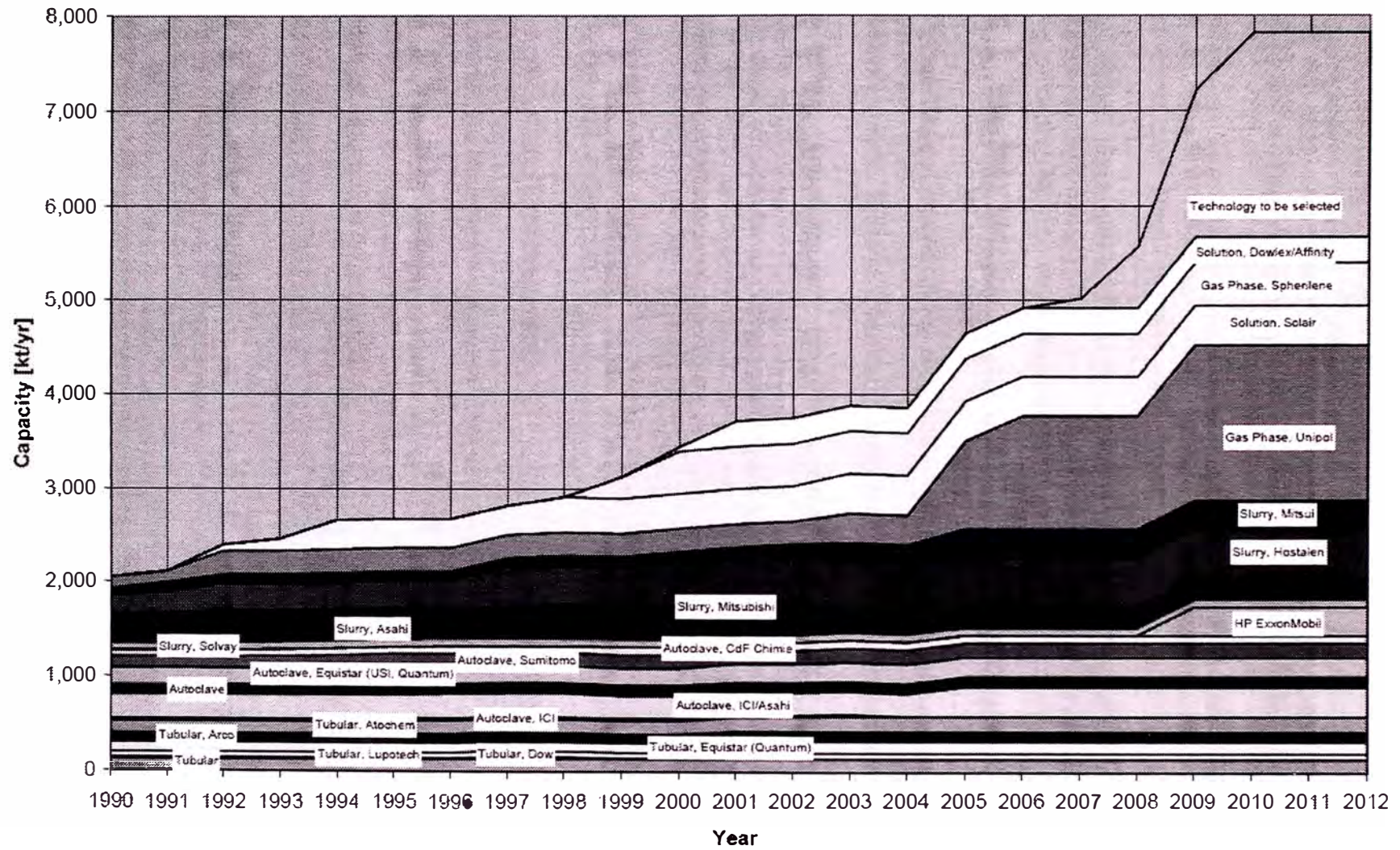
Hexano remanente se remueve y luego es recuperado en sistema de circuito cerrado de Nitrógeno.

El PEAD en polvo pasa a través de un tamiz y es transportado neumáticamente a la sección de extrusión. De un tanque de almacenamiento intermedio el polvo es alimentado en un tornillo de mezclado con estabilizadores y otros aditivos bajo un control proporcional. De ahí la mezcla es introducida al extrusor. En la zona de mezclado del extrusor, la mezcla de polvo es comprimida, derretida y homogeneizada. Por medio de una bomba de engranajes el Polímero derretido es alimentado a un peletizador bajo agua. Los pellets son secados y luego transportados neumáticamente a silos de homogenización. Parte del Hexano circulante es evaporada. La porción más pesada de esta pre destilación se alinea a la unidad de remoción de ceras. La porción más liviana, el Hexano sin ceras, se destila en la columna de Hexano. Los componentes mas livianos se separan de Hexano y se realimentan en el proceso. Finalmente, el Hexano es purificado en absorbedores e introducido de vuelta en el proceso.

Una corriente de Hexano rica en ceras, resultado de la pre destilación durante el proceso de purificación del Hexano, es concentrada a un casi 100 % de cera.

Gases del post reactor y el receptor, volátiles de la unidad de destilación de hexano se introducen a un "scrubber". El comonomero que no ha reaccionado se recobra y reciclado al reactor. Los gases remanentes se pueden usar en una caldera para generación de energía o se envían a un flare.

Figura VI-6
DIFERENTES TIPOS DE TECNOLOGÍAS



CAPITULO VII

ESTUDIO ECONÓMICO

7.1 INTRODUCCIÓN

La última etapa del análisis de viabilidad de un proyecto es el Estudio Económico. De manera general, en esta etapa se busca ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores, elaborar los cuadros analíticos y datos adicionales para la evaluación del proyecto y evaluar los antecedentes para determinar su rentabilidad. La sistematización de la información financiera consiste en identificar y ordenar todos los ítems de inversiones, costos e ingresos que puedan deducirse de los estudios previos. Sin embargo, y debido a que no se ha proporcionado toda la información necesaria para la evaluación, en esta etapa deben definirse todos aquellos elementos que debe suministrar el propio estudio financiero. El caso clásico es el cálculo del monto que debe invertirse en capital de trabajo o el valor de deshecho del proyecto.

7.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos del Estudio Económico son:

- Determinar los recursos financieros para la inversión.
- Realizar el análisis y proyecciones financieras.
- Realizar el estudio de financiamiento.
- Realizar la evaluación financiera.
- Realizar el análisis de riesgos.
- Realizar el análisis de sensibilidad.
- Realizar una evaluación económica social de manera conceptual.

7.3 RECURSOS FINANCIEROS PARA LA INVERSIÓN

Las decisiones que se adoptan en el estudio técnico corresponden a una utilización de capital que debe justificarse de diversos modos desde el punto de vista financiero. En primer lugar hay que demostrar que se cuenta con los recursos financieros suficientes para hacer las inversiones y los gastos corrientes que implica la solución dada a los problemas contemplados en el Estudio Técnico.

Así, este apartado presenta los datos relacionados a los requerimientos en inversión del Complejo Petroquímico propuesto en el estudio.

7.3.1. NECESIDADES TOTALES DE CAPITAL

El Complejo Petroquímico propuesto demanda una inversión total que llega a 1 930 MUS\$ los cuales se desglosan en el Cuadro VII-1. Esta inversión considera todas las partidas necesarias para la puesta en marcha del Complejo Petroquímico: Costo de la Inversión Física, Consultoría, Seguros, Pago de Licencias, Inventario Inicial de Catalizadores, Costo de Terrenos, Gastos de Puesta en Marcha, etc.

Cuadro VII-1
Costo Total de la Inversión.

	MMUS\$
Planta Separadora de Etano	280
Planta de Steam Cracking	720
Planta de Polimerización	350
Total ISBL	1 350.8
OSBL	214.8
Complejo Petroquímico ISBL y OSBL	214.8
Consultores	Incluido
EPC Contingencias	Incluido
Costo LSEPC	309.7
Reservas (Capital y Puesta en marcha)	Incluido
Seguros	Incluido
Pago por licencias	Incluido
Inventario Catalizadores y Adsorbentes	Incluido
Costos de Importación	Incluido
Terrenos	Incluido
Costos pre-operacionales	Incluido
Puesta en Marcha	Incluido
Pago Consultores Proyecto	Incluido
Desarrollo JV	Incluido
Subtotal	579.7
Inversión Total Proyecto	1 930.00

Fuente: Petrobras, UOP LLC, Kvaerner U.S. Inc.

Los valores de cada una de las partidas han sido estimados por Kvaerner (compañía anglo-noruega de ingeniería), UOP y Petrobras (esta compañía piensa implementar un nuevo complejo Petroquímico a partir del Gas Boliviano), en un estudio de características similares. No ha sido posible acceder a un detalle mayor de las partidas de este costo, y a partir de los que se tienen, se han calculado entre otros el capital de trabajo.

El costo LSEPC (Lump Sum Engineering, Procurement and Construction) incluye el costo total de la construcción, adquisición de equipos y montaje de los mismos; representa evidentemente en el mayor costo total de la Inversión.

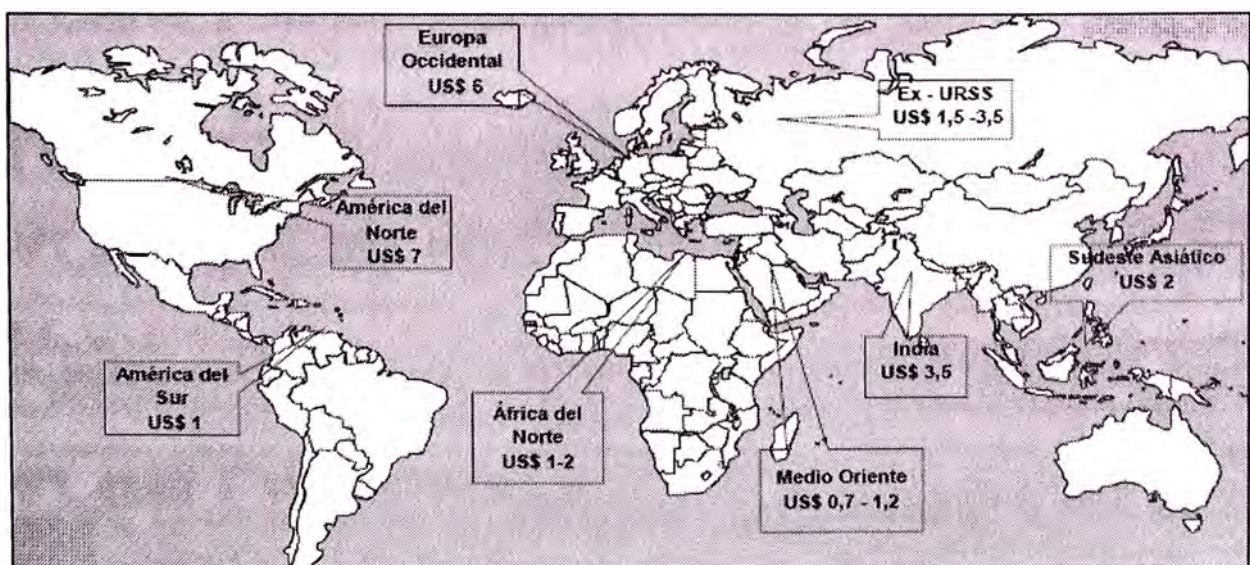
7.3.2. CÁLCULO DEL CAPITAL DE TRABAJO

Para el cálculo del capital de trabajo se ha tomado información de las mismas fuentes sobre la composición de este valor. El capital de trabajo necesario para la operación normal del proyecto, considera la cobertura de los siguientes ítems:

- a) Costos de Materia Prima.

Gráfico VII-2

Costo Promedio del Gas Natural para Desarrollo Petroquímico a Nivel Mundial (US\$ por millón de BTU)



Fuente: Stamicarbon

Según el informe de la certificadora de reservas Gaffney, Cline & Associates, contratada por Pluspetrol, los precios de venta para el mercado residencial y doméstico se encuentran entre US\$1,59 y US\$2,7 el millón de BTU (MMBTU) y de US\$4 el MMBTU para la industria petroquímica, mientras que para la exportación se estaría contemplando una tarifa de US\$0,51 el MMBTU

- b) Productos Químicos.
- c) Catalizadores.
- d) Insumos para operación del Complejo.

7.4 ANÁLISIS Y PROYECCIONES FINANCIERAS

Se trata de mostrar y comparar los ingresos totales con los gastos de ejecución y de operación del proyecto, para mostrar el movimiento de caja que resultará de las operaciones financieras corrientes.

El análisis adecuado de las variaciones previsibles de utilización de la capacidad y de evolución de las demás variables que inciden en los costos y en los ingresos permitirá apreciar la sensibilidad financiera del proyecto a estas variaciones. Los elementos de juicio sacados de este análisis servirán de fundamento a la evaluación financiera del proyecto y aportarán datos básicos para su evaluación económica.

7.4.1. SUPUESTOS DE LAS PROYECCIONES

Los supuestos utilizados para realizar las proyecciones toman en cuenta los antecedentes del mercado así como la capacidad productiva del proyecto. Algunos de estos supuestos son propios de la Industria y se han tomado en base a trabajos similares.

Ventas: La proyección de las ventas, justificada en el Estudio de Mercado, está basada netamente en las estimaciones del crecimiento de los mercados identificados como potenciales.

Precio de Venta: Se plantea un escenario conservador donde el precio estimado para las proyecciones resulta de un promedio de los últimos años; recuérdese los ciclos de precios a los cuales está sujeto el rubro de la Industria Petroquímica, y permanece como constante en el tiempo. Aunque eventualmente se espera que estos puedan subir anualmente.

Costos de Producción: Los costos de producción del proyecto se han asumido como variables en función de la producción y constantes en el tiempo. El mayor componente del costo, el costo del gas natural se espera que para el proyecto no pueda tener un incremento en el tiempo y este supuesto compensa de alguna manera los precios de venta constantes en el tiempo.

Costos Fijos: Dentro de esta partida se consideran los costos por mano de obra tanto del área de producción como el administrativo y comercial; la partida incluye también los costos relativos a Mantenimiento preventivo y correctivo.

Depreciación y Amortización de activos intangibles: En ambos casos se realiza el cálculo en base a lo establecido en los proyectos de Inversión de Petroperú S.A. Método de depreciación lineal en el caso de la depreciación y recuperación en diez años en el caso de activos intangibles.

7.4.2. PROYECCIÓN DE GASTOS

Se presentan aquí los costos de operación del proyecto de acuerdo a los datos del estudio de mercado que permiten prever la utilización de la capacidad instalada en los años sucesivos, y las estimaciones respectivas de costos contenidas en el Estudio Técnico.

7.4.3. PROYECCIÓN DE LOS INGRESOS

En base al programa de producción y precios para cada uno de los productos del proyecto establecidos en el Estudio de Mercado se tiene la estimación de ingresos de ventas por año. No se prevé otro tipo de ingresos durante el tiempo de vida del

proyecto. En el cuadro VII-6 se muestran los ingresos totales para cada uno de los años de vida del proyecto.

7.4.4. DEPRECIACIÓN ACTIVO FIJO Y AMORTIZACIÓN ACTIVOS DIFERIDOS

Las inversiones efectuadas antes de la puesta en marcha del proyecto se pueden agrupar en tres tipos: activos fijos, activos intangibles o diferidos y capital de trabajo.

Para efectos contables y dentro lo establecido por PROINVERSION, los activos fijos están sujetos a depreciación, producida como consecuencia del desgaste por el uso a lo largo de los años o debido al avance tecnológico; en tanto que la inversión en activos intangibles es susceptible de recuperación mediante un cargo anual denominado amortización.

Para el estudio se considera la depreciación de activos fijos principalmente para la inversión en las plantas ISBL y OSBL dado que se constituyen en las inversiones mayores respecto de activos fijos; aquí se encuentran incluidos además la inversión en construcciones civiles y vehículos.

La inversión en terrenos no se considera dado que el dato del mismo no ha sido posible de acceso y en comparación de la inversión en las plantas no resulta representativa.

Para la depreciación de las plantas se considera el método de línea recta, 20 años como tiempo de vida y el 10% del monto de la inversión; consideraciones tomadas de estudios similares y aplicables a la Industria Petroquímica.

Cuadro VII-2
Cálculo de la depreciación anual.

DETALLE	MONTO (MMUS\$)	VIDA UTIL (años)	TASA ANUAL DE DEPRECIACION (%)	DEPRECIACION ANUAL (MMUS\$)
Planta Separadora de Etano	280	20	5	28
Planta de Steam Craquer	720	20	5	72
Planta de Polietileno	350	20	5	35
Planta OSBL	214.8	20	5	21.48
TOTAL	1 564.8			156.48

Por otro lado, para la amortización de activos diferidos se ha estimado, considerado otros estudios similares, un porcentaje de 10 % de la inversión total como susceptible de amortización, dada la imposibilidad de acceso al detalle de las inversiones realizadas.

Los ítems considerados son: Gastos de Organización, Gastos de puesta en marcha, Patentes y Licencias, etc., los cuales de acuerdo legislación peruana se amortizan en 10 años y a una tasa de 12%. El Cuadro VI-3 muestra la amortización de activos diferidos.

Cuadro VII-3
Amortización del Activo diferido

DETALLE	MONTO (MMUS\$)	AÑOS	TASA ANUAL DE AMORTIZACION (%)	DEPRECIACION ANUAL (MMUS\$)
Activo Diferido	156.48	10	4	18.78
TOTAL	156.48			18.78

7.5 PROGRAMA DE FINANCIAMIENTO

En esta tercera parte del Estudio Económico se presenta el programa de financiamiento para el proyecto, teniendo en cuenta las fuentes internas y externas de recursos financieros que se movilizaran.

7.5.1. ESTRUCTURA Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Las inversiones totales requeridas para el proyecto han sido estimadas en 1,930 Millones de Dólares. La inversión total será financiada con un 30% de aporte propio y 70% de préstamo, bastante común en la Industria Petroquímica.

Cuadro VII-4
Estructura y Fuente de Financiamiento

FUENTE DE LOS FONDOS	MONTO (MMUS\$)	% PARTICIPACION
Aporte Propio	579.0	30
Financiamiento	1,351.0	70
TOTAL	1 930.0	

El aporte propio como fuente de los fondos, se considera en este estudio, formado por entidades nacionales públicas y/o privadas como impulsores y entidades extranjeras públicas y privadas como socios estratégicos para el emprendimiento y ejecución del proyecto. No es posible imaginar el proyecto totalmente impulsado por entidades nacionales dado el nivel de conocimiento acerca del tema Petroquímico incipiente en el país y de las múltiples ventajas de soporte extranjero.

Por otro lado, el emprendimiento de proyectos petroquímicos a nivel mundial considera necesariamente créditos de diferentes entidades para la consecución de este tipo de proyectos dada la magnitud de las inversiones y las ventajas que representa este tipo de financiamiento. Se considera aquí como potenciales fuentes de financiamiento: Bancos Internacionales, Bancos Regionales, Mercado de Capitales Internacional e inclusive Inversiones de Privados. Los términos que se han supuesto para el financiamiento son los siguientes:

Interés	4% anual
Tiempo de Amortización:	10 años
Período de gracia	4 años

De acuerdo a este esquema propuesto, las siguientes serian las figuras de Financiamiento y aporte propio.

Cuadro VII-5
Estructura de Financiamiento y Aporte Propio

DETALLE	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	TOTAL
Inversión Requerida	366.7	752.7	405.3	212.3	1737.0
Aporte Propio	110.01	225.81	121.59	63.69	521.1
Monto de Financiamiento	256.69	526.89	283.71	148.61	1215.9
Interés	41.1	84.3	45.4	23.8	194.5
TOTALES	408	837	451	236	1932

7.6 EVALUACIÓN FINANCIERA

La Evaluación Financiera analiza el proyecto sobre la base de su retorno financiero, que permite determinar si los costos pueden ser cubiertos oportunamente (diseño del plan financiero); mide la rentabilidad de la inversión, y hace posible la comparación con otras alternativas u oportunidades de inversión.

Una vez organizados los costos de operación, inversión, impuestos e ingresos se procede a evaluar la viabilidad o no del proyecto desde el punto de vista del inversionista, para lo cual se construyen estados de pérdidas y ganancias y los flujos de caja para el proyecto. Los indicadores seleccionados consideran el valor del dinero en el tiempo, utilizando para este propósito una tasa de actualización.

Los principales métodos que utilizan el concepto de flujo de cada descontado son el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Tiempo de Retorno de la Inversión (PAY OUT). Adicionalmente se utilizan otros indicadores como el período de recuperación de capital y punto de equilibrio.

7.6.1. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Es la tasa de descuento al cual el valor actualizado de los ingresos en efectivo es igual al valor actualizado de las salidas de efectivo; teóricamente valores menores del TIR respecto de tasas de comparación indican la inviabilidad de la inversión. Investigaciones realizadas a través de la red Internet muestran que la TIR para

proyectos similares oscila entre 13 y 17%; para el caso específico de un estudio de similares dimensiones en Egipto, del cual se tomó los datos relativos a inversión y costos de producción, la TIR calculada asciende a 16.0%.

Para el proyecto propuesto, el flujo de caja del proyecto se muestra en el Cuadro VII-8 calcula una Tasa Interna de Retorno de 14.9 % un valor que hace viable al proyecto.

7.6.2 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Este Criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su Valor Actual Neto (VAN) es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos los ingresos y egresos del proyecto expresados en moneda actual. El VAN establece cual es la variación de la riqueza medida en términos presentes, que genere el proyecto con respecto a la alternativa que la renta la tasa de descuento utilizada.

El VAN obtenido para el proyecto que se muestra en el Cuadro VII-8, asciende a 1 290.0 Millones de dólares calculado a una tasa del 12%. Se ha considerado una tasa del 12% para el cálculo del VAN tomando el caso de estudios similares y en el entendido de que la mayor parte de la inversión proviene de fuentes de financiamiento a una tasa de interés del 12% aproximadamente.

7.6.3 PERÍODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (PAY OUT)

El período de recuperación de la inversión mide en cuanto tiempo se recupera la inversión (o la inversión más el costo de capital involucrado). El PAY-OUT obtenido para el Proyecto es de 8.5 años

7.7 ANALISIS DE RIESGO

El riesgo de un proyecto se define como la variabilidad de los flujos de caja reales respecto de los estimados. Mientras más grande sea esta variabilidad, mayor es el riesgo del proyecto. De esta forma, el riesgo se manifiesta en la variabilidad de los

rendimientos del proyecto, puesto que se calculan sobre la proyección de los flujos de caja y se deben a diferentes factores que en este acápite se explican.

Ahora, en este apartado no se evalúan cuantitativamente cada uno de los riesgos definidos más adelante; sino que se hace una descripción de los mismos para una comprensión del proyecto en el contexto de la industria a la que pertenece. Durante las fases de construcción y operación del Proyecto, se contemplan los siguientes riesgos.

- Construcción y culminación no esperados
- Riesgo Tecnológico.
- Desempeño y operación del complejo no deseados
- Suministro de Materias Primas deficiente
- Precios y margen de ganancias bajos
- Disminución de volumen de ventas
- Riesgo Medioambiental
- Riesgo Social y Político
- Incumplimiento a la deuda

El riesgo por construcción y culminación del Complejo no deseados, incluye factores como la no culminación de trabajos de acuerdo a cronograma, la producción de cantidades menores a las esperadas y desempeño y eficiencia del proyecto discordes con el diseño.

El riesgo tecnológico está asociado al desempeño no deseado de las unidades de producción de acuerdo a lo anticipado en el diseño y selección de tecnología.

El suministro de Materias primas constituye una causa de riesgo cuando el proyecto no puede acceder a las materias primas en cantidad y calidad necesarios para la producción normal del Complejo. Cuando el proyecto no es capaz de distribuir y comercializar las cantidades producidas se habla de riesgo por volumen de ventas.

En escenarios donde existen precios de los productos cíclicos o volátiles en el tiempo, el proyecto no recibe un flujo de caja suficiente debido a la disminución en los márgenes de utilidad con el consiguiente riesgo por márgenes y precios.

El riesgo asociado al desempeño no esperado en la Operación del Complejo, se da cuando el Complejo no es operado para la maximización del potencial de producción o cuando este no es mantenido en el tiempo.

El riesgo medioambiental está ligado a la descarga, intencional o no intencional, de contaminantes al medio ambiente violando de esta manera las leyes relacionadas al medio ambiente y salud pública teniendo además como consecuencias paradas de producción y obligaciones con terceros.

El riesgo ligado a la subida de intereses del servicio de deuda pone en peligro la capacidad del proyecto para el pago de la deuda.

El riesgo debido a factores sociales y/políticos nacionales y locales está relacionado a la interferencia de autoridades o sociedad de modo que el proyecto sea perjudicado en su normal desenvolvimiento.

Ahora bien, estos riesgos pueden ser atenuados por medio de algunas medidas a tomar previo o durante la construcción del Complejo.

7.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad como método de análisis de riesgo permite definir el efecto que tendrían sobre el resultado de la evaluación cambios en uno o más valores estimados en sus parámetros. Su importancia se manifiesta en el hecho de que los valores de las variables que se han utilizado para llevar a cabo la evaluación del proyecto pueden tener desviaciones con efectos de consideración en la medición de sus resultados.

En el estudio se consideran dos casos:

- Sensibilidad al precio de venta de los productos

- Sensibilidad al precio de la materia prima, es decir el Gas Natural de Camisea

6.8.1. SENSIBILIDAD AL PRECIO DE VENTA DE LOS PRODUCTOS

Aquí se considera la posibilidad de un incremento y descenso de los precios de los productos, vale decir el HDPE¹ y LDPE² en 20%, 15%, 10% y 5 %, los valores de este análisis se muestra en el cuadro VII-9, de este cuadro se concluye que un descenso de 20% en los precios de venta del HDPE y LDPE, el Proyecto no es Rentable.

7.8.2. SENSIBILIDAD AL PRECIO DE MATERIA PRIMA

Aquí se considera la posibilidad de un incremento o descenso del precio de la materia prima, vale decir el Gas Natural de Camisea, en 20%, 15%, 10% y 5 %, los valores de este análisis se muestra en el cuadro VII-10, de este cuadro se concluye que un incremento en el precio del Gas Natural de 20% (3.3. US\$/MMBTU) el Proyecto no es Rentable.

¹ HDPE: Polietileno de Alta Densidad

² LDPE: Polietileno de Baja Densidad

CUADRO VII-6
PROYECCION DE INGRESOS TOTALES

ANO	2015	2016	2017	2018	2019	2020-2034
Capacidad Instalada	60%	70%	80%	100%	100%	100%
Producción de Polietilenos(TM/año)	660,000.0	770,000.0	880,000.0	1,100,000	1,100,000	1,100,000
Producción de HDPE	330,000	385,000	440,000	550,000	550,000	550,000
Producción de LDPE	231,000	269,500	308,000	385,000	385,000	385,000
Precio Polietilenos(US\$/TM)						
Precio HDPE(*)	1050	1050	1050	1050	1050	1050
Precio LDPE(**)	1210	1210	1210	1210	1210	1210
Ingreso por Ventas (MMUS\$)						
Ventas HDPE	346.5	404.3	462.0	577.5	577.5	577.5
Ventas LDPE	279.5	326.1	372.7	465.9	465.9	465.9
INGRESO TOTAL POR VENTAS(MMUS\$)	626.0	730.3	834.7	1043.4	1043.4	1043.4

(*), (**) según CMAI

CUADRO VII-7

PROYECCION DE COSTO DE PRODUCCION

ANO	2018	2019	2020	2021	2022	2023-2034
Programa de Producción	60%	70%	80%	100%	100%	100%
Producción de Polietilenos(TM/año)	660,000.0	770,000.0	880,000.0	1,100,000	1,100,000	1,100,000
COSTO DE PRODUCCION (MMUS\$)	1,167.0	1,382.1	1,578.8	1,586.1	1,586.1	1,586.1
Costo Materias Primas	1,155.5	1,346.6	1,538.8	1,539.9	1,539.9	1,539.9
Gas Natural(*)	1,146.7	1,337.8	1,528.9	1,528.9	1,528.9	1,528.9
Copolímeros	8.76	8.76	9.86	10.95	10.95	10.95
Catalizadores y Adsorbentes	0.0	24.0	27.0	30.0	30.0	30.0
Catalizadores y Adsorbentes	0.0	24.0	27.0	30.0	30.0	30.0
Productos Químicos	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
Productos Químicos	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
Costo Servicio	11.0	11.0	12.4	15.5	15.5	15.5
Electricidad	9.00	9.00	10.1	12.6	12.6	12.6
Agua	2.00	2.00	2.3	2.9	2.9	2.9
Combustible	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
COSTOS FIJOS(MMUS\$)	92.2	92.2	92.2	92.2	92.2	92.2
Mano de obra	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
Mantenimiento(4% de la Inversión) y seguros	78.2	78.2	78.2	78.2	78.2	78.2
COSTO TOTAL DE PRODUCCION(MMUS\$)	1259.2	1474.3	1671.0	1678.3	1678.3	1678.3
COSTO TONELADA POLIETILENO(US\$/TM)	1907.9	1914.7	1898.8	1525.7	1525.7	1525.7

(*) Precio del G.N(al 16 de Setiembre 2009, para el sector doméstico) = 2.79 US\$/MMBTU

CUADRO VII-8

FLUJO DE CAJA

ANO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Programa de Producción					60%	70%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Producción de Polietileno(TM/año)					660.000,0	770.000,0	880.000,0	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000	1.100.000
Ingreso por Ventas					626,0	730,3	834,7	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4
(-) Impuestos a la Renta					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ingreso Netos					626,0	730,3	834,7	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4	1043,4
(-) Costos de Producción					1907,894	1914,7078	1898,8409	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7	1525,7
(-) Costos Fijos					92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20	92,20
(-) Depreciación					156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48
(-) Amortización Activo Diferido					18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78
Costos Totales					2175,354	2182,1678	2166,3009	1793,16	1793,16	1793,16	1793,16	1793,16	1793,16	1793,16	1636,68	1636,68	1636,68	1636,68	1636,68	1636,68	1636,68	1636,68	1636,68	1636,68
Utilidades Brutas					-1,549,3	-1,451,8	-1,331,6	-749,8	-749,8	-749,8	-749,8	-749,8	-749,8	-749,8	-593,3	-593,3	-593,3	-593,3	-593,3	-593,3	-593,3	-593,3	-593,3	-593,3
(-) Impuesto a la Renta 30%					-464,8	-435,5	-399,5	-224,9	-224,9	-224,9	-224,9	-224,9	-224,9	-224,9	-178,0	-178,0	-178,0	-178,0	-178,0	-178,0	-178,0	-178,0	-178,0	-178,0
Utilidades Netas					-458,5	-285,9	-97,5	518,5	518,5	518,5	518,5	518,5	518,5	518,5	628,0	628,0	628,0	628,0	628,0	628,0	628,0	628,0	628,0	628,0
Depreciación					156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48	156,48							156,48	156,48	156,48	156,48
Amortización Activo Diferido					18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78							18,78	18,78	18,78	18,78
Recuperación Capital Trabajo															18,78	18,78	18,78	18,78	18,78	18,78				
Ingreso Efectivo					-283,3	-110,7	77,8	693,7	693,7	693,7	693,7	693,7	693,7	693,7	646,8	646,8	646,8	646,8	646,8	646,8	803,3	803,3	803,3	803,3
Inversiones					-408,0	-837,0	-451,0	-236,0																
FLUJO DE CAJA					-408,0	-837,0	-451,0	-236,0	-283,3	-110,7	77,8	693,7	693,7	693,7	693,7	646,8	646,8	646,8	646,8	646,8	803,3	803,3	803,3	803,3

Valor Actual Neto (VAN) al 12%	1290.0	MMUS\$
Tasa Interna de Retorno (TIR)	14.9%	
Tiempo retorno de la Inversión(PAYOUT)	8.5	Años

CUADRO VII-9

ANALISIS A LA SENSIBILIDAD AL PRECIO DE VENTA DE LOS PRODUCTOS

VARIACION	-20%	-15%	-10%	-5%	BASE	5%	10%	15%	20%
Precio de HDPE(US\$/TM)	840.0	892.5	945.0	997.5	1,050	1,102.5	1,155.0	1,207.5	1,260.0
Precio de LDPE(US\$/TM)	968.0	1,028.5	1,089.0	1,149.5	1,210	1,270.5	1,331.0	1,391.5	1,452.0
VAN(MMUS\$) al 12%	-1,097.7	-500.8	96.1	693.1	1,290.0	1,886.9	2483.82	3080.74	3677.65
TIR	5.7%	8.4%	10.8%	12.9%	14.9%	16.8%	18.6%	20.3%	21.9%
PAY OUT(Años)	20.0	20.0	14.9	10.6	8.5	7.2	6.3	5.7	5.1

CUADRO VII-10

ANALISIS A LA SENSIBILIDAD AL PRECIO DEL GAS NATURAL DE CAMISEA

VARIACION	-20%	-15%	-10%	-5%	BASE	5%	10%	15%	20%
Precio del Gas Natural (US\$/MMBTU)	2.2	2.4	2.5	2.7	2.79	2.9	3.1	3.2	3.3
VAN(MMUS\$) al 12%	2,950.4	2,387.5	2,106.1	1,543.3	1,290.0	980.4	417.6	136.2	-145.3
TIR	20.3%	18.5%	17.6%	15.8%	14.9%	13.9%	11.9%	10.9%	9.9%
PAY OUT(Años)	5.5	6.2	6.7	7.9	8.5	9.5	12.4	14.7	17.8

CAPITULO VIII

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

8.1 INTRODUCCION

Un tema que ha tenido un avance notable en los últimos años ha sido el de analizar las consecuencias que significan para el medio ambiente los proyectos de inversión, con el objeto de tomar medidas a tiempo a fin de evitar daños futuros. Y esta preocupación ya no deriva solamente de ciertas preocupaciones puramente éticas o doctrinarias – por importantes que éstas sean - sino que responde a una real inquietud acerca de los efectos económicos que los impactos ambientales implican, a los niveles nacional, regional y local.

La protección ambiental se ha transformado en un verdadero problema para el proceso de desarrollo de los países, sobre todo cuando se trata de revertir ciertos procesos de contaminación o de agotamiento de recursos naturales, lo que deviene en ingentes inversiones que los países no están en condiciones de asumir.

De allí que sea tan importante dar énfasis a la gestión ambiental preventiva, anticipándose a posibles daños ambientales futuros, cuidando los derechos de las generaciones que vendrán, haciendo pequeñas inversiones ahora, en lugar de enormes gastos públicos en el futuro (ejemplo: la adecuación del PAMA de la empresa DOE RUN). A esto contribuyen precisamente las Evaluaciones del Impacto Ambiental, y que en el marco del proyecto se presentan en este capítulo.

8.2. DEFINICION DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

El "Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos" define el medio ambiente como "el conjunto de elementos bióticos y abióticos que interactúan en un espacio y tiempo determinados". El mismo documento define "estudios de impacto ambiental" como los estudios (requeridos para los proyectos de

hidrocarburos) sobre los elementos físicos naturales, biológicos, socioeconómicos y culturales dentro del área de influencia del proyecto.

El objetivo de estos estudios consiste en describir las condiciones existentes y sus capacidades de respuesta a perturbaciones, así como prevenir los impactos (efectos y consecuencias) de los proyectos y determinar las medidas de control (mitigación) necesarias para asegurar la compatibilidad entre las actividades petroleras y el medio ambiente.

El Estudio de Impacto Ambiental es tanto un proceso como un producto. Como proceso, es la actividad por la cual uno intenta predecir las clases de resultados reales y potenciales de las interacciones esperadas entre un nuevo proyecto y el medio ambiente natural/humano donde se planifica el proyecto. El proceso continúa con el desarrollo de aspectos específicos importantes del proyecto (medidas de mitigación) - en las fases de ubicación, diseño, prácticas de construcción y operación, monitoreo, recuperación de tierras, políticas de administración, etc. - que confinarán a los impactos ambientales dentro de límites aceptables.

Como producto, el estudio de impacto ambiental es el documento que contiene la información de soporte necesaria sobre el proyecto y el medio ambiente, señala los compromisos del proponente sobre las medidas de mitigación y presenta las predicciones de impactos efectuadas por profesionales calificados.

El objetivo principal del EIA consiste en reducir al mínimo la degradación ambiental innecesaria. Cualquier cambio en el medio ambiente natural o humano causado por un proyecto constituye un impacto ambiental. Todos los impactos no son necesariamente negativos. Además, todos los impactos negativos no son necesariamente inaceptables. No obstante, existen por lo menos dos situaciones que serían inaceptables:

- A. No intentar predecir, profesionalmente, las posibles interacciones negativas entre un proyecto planeado y el medio ambiente natural/humano en el área propuesta para el proyecto, y

- B. No responder a los posibles efectos negativos serios mediante el desarrollo e implementación de medidas de mitigación diseñadas para reducir dichos efectos a límites aceptables.

Es en beneficio de todos el proponente, los organismos reguladores gubernamentales, el público - la participación en el proceso de EIA como un medio positivo y constructivo de lograr un compromiso entre el deseo de un crecimiento económico y la necesidad de una protección ambiental.

Un estudio ambiental busca resaltar cualquier impacto ambiental adverso en la etapa del proceso de planificación del proyecto, en el cual estos impactos pueden remediarse o evitarse. Por lo tanto, el proceso deberá iniciarse con anticipación durante la planificación del proyecto y no después, cuando el proyecto ya ha sido completado. El estudio de impacto ambiental abarca tanto los efectos directos como indirectos de los proyectos. Examina los impactos ambientales de primer orden y la cadena de efectos ambientales que puedan derivarse de un determinado proyecto. El estudio ambiental es un proceso de estudio sistemático que predice las consecuencias ambientales. Su objetivo consiste en asegurar se prevean los riesgos potenciales y se identifiquen así como financiar e incorporar dentro del plan de desarrollo del proyecto, las medidas necesarias para evitar, mitigar o compensar daños ambientales.

Siendo un proceso, el EIA/ EIAP permite que el nivel de estudio corresponda a la escala del proyecto y al riesgo percibido para el medio ambiente. Puede realizarse una evolución inicial del alcance del EIA para identificar los aspectos ambientales particularmente sensibles que pueden ser afectados o daños potenciales a las características de desarrollo las cuales requerirán de un estudio especial.

Los resultados de la evaluación inicial pueden llevar al proponente a concluir que un estudio de Impacto Ambiental Preliminar (EIAP) será adecuado para su proyecto. En el caso de algunos proyectos y utilizando la información disponible, el EIAP resultaría suficiente para que la Dirección General de Hidrocarburos (DGH), con el

asesoramiento de la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA), emita una resolución para que el proyecto se lleve a cabo.

Deberá realizarse un EIA detallado cuando la magnitud o naturaleza del proyecto sea de tal envergadura que probablemente haya un impacto significativo, o cuando no haya certeza acerca de la magnitud y la gravedad de los posibles impactos.

A fin de cumplir con su propósito, deberá emprenderse un EIA con la anticipación necesaria en el ciclo del proyecto para que pueda afectar la planificación y el diseño.

La sincronización es crucial. Es importante contar con suficientes datos sobre ubicaciones alternativas, diseños y procesos en los cuales se pueda basar un estudio ambiental. Si ya se han tomado decisiones sobre estos factores, la oportunidad de ejercer una influencia en el proyecto final mediante el mecanismo del proceso de estudio de impacto ambiental se verá limitada. Deberá considerarse al EIA como parte de un proceso dinámico del desarrollo de proyectos y no como un informe independiente en el que se detalla las consecuencias ambientales y sociales de un proyecto cuyo diseño no ha considerado los análisis ambientales y sociales.

El costo normal de un EIA sólo será una proporción muy pequeña del costo total del proyecto. Existe una relación general entre la magnitud de un proyecto (por ejemplo, la magnitud de la inversión de capital) y la cantidad de daño ambiental que pudiese resultar de su implementación. Cuanto más grande sea el proyecto, existe la probabilidad de que sea más complejo el planeamiento y el estudio de impacto ambiental del proyecto.

8.3 ETAPAS DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

TABLA VIII-1

ETAPAS DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ETAPA	ESTUDIO AMBIENTAL	TAREAS
INGENIERIA		
IDEA DE PROYECTO	Descripción Ambiental Básica (Inicial)	- Levantamiento de información ecológica y ambiental (existente y nueva) del área - Diagnósticos ambientales - Identificación de conflictos (ecológicos y sociales) entre medio ambiente y proyecto
PREFACTIBILIDAD	Descripción Ambiental Básica (Completa)	- Identificación de áreas y/o especies de alto valor ecológico - Identificación de áreas de alto valor cultural, arqueológico o recreacional
FACTIBILIDAD	Identificación de Impactos Ambientales	- Análisis ambiental de alternativas - Estudios ambientales complementarios - Identificación de impactos mitigables y no mitigables, permanentes y transitorios, de largo, mediano y corto plazo
DISEÑO	Evaluación de Impactos Ambientales	- Evaluación de impactos ambientales (en magnitud e importancia) - Análisis técnico y económico de medidas mitigadoras propuestas - Diseño óptimo de medidas mitigadoras - Diseño del plan de seguimiento y monitoreo - Diseño del plan de contingencias
EJECUCION		
CONSTRUCCION	Medidas de Mitigación Seguimiento y Monitoreo Control Ambiental	- Revisión y ejecución de medidas mitigadoras - Auditorías ambientales
OPERACION Y MANTENIMIENTO	Medidas de Mitigación Seguimiento y Monitoreo Control Ambiental	- Programa de Monitoreo - Plan de Contingencias - Ejecución de medidas mitigadoras - Plan de manejo ambiental - Auditorías ambientales
ABANDONO	Medidas de Mitigación Control Ambiental	- Ejecución medidas de mitigación - Auditorías ambientales

8.4 OBJETIVOS DEL EIA

Se ha determinado que la ubicación del complejo Petroquímico será en Pampa Melchorita, ubicada en la Provincia de Pisco y el Departamento de Ica, y acorde a lo establecido por los expertos, respecto de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) sus etapas y los objetivos del presente capítulo son:

- Identificar los impactos positivos y negativos del proyecto sobre el medio ambiente (entorno en el cual una organización opera, incluyendo el aire, el agua, la tierra, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones), durante la fase de construcción del proyecto.

8.5 CONCEPTOS AMBIENTALES GENERALES

8.5.1 MEDIO AMBIENTE:

Entorno en el cual una organización opera, incluyendo el aire, el agua, la tierra, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones.

8.5.2 ORGANIZACION:

Compañía, corporación, firma, empresa, autoridad o institución o parte o combinación de ellas, organizada en forma societaria o no pública o privada, la cual tiene sus propias funciones y administración.

8.5.3 PARTE INTERESADA:

Individuo o grupo interesado o afectado por el desempeño ambiental de una organización

8.5.4 ASPECTO AMBIENTAL:

Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente, un aspecto ambiental es aquel tiene o puede tener un impacto ambiental.

8.5.5 IMPACTO AMBIENTAL:

Cualquier cambio en el ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante de manera total o parcial de las actividades, productos y servicios de una organización.

8.5.6 DESEMPEÑO AMBIENTAL:

Resultados Medibles de la gestión que hace una organización de sus aspectos ambientales en función de su política, objetivos y metas ambientales.

8.6 BASE LEGAL

Las obligaciones ambientales para la industria en el sector de los hidrocarburos están reguladas en un conjunto de leyes, normas y reglamentos, entre los que se encuentran los siguientes.

8.6.1 SECTOR DE ENERGÍA Y MINAS:

- Ley Orgánica de Hidrocarburos, Ley N° 26221 del 20/08/1993
- D.S. N° 015-06-EM Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos,
- D.S. N° 051-93-EM Reglamento de Normas Para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos.
- Niveles Máximos Permisibles para efluentes líquidos para las actividades de hidrocarburos (RD N° 030 – 96 EM/DGAA).
- Ley N° 29163, Ley Promoción del Desarrollo de la Industria Petroquímica.

8.6.2 OTROS SECTORES:

- Ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos
- Ley N° 27308 Ley Forestal y de Fauna Silvestre
- Ley N° 26834 Ley de Áreas Naturales Protegidas
- Ley N° 26821 Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales.

- Ley N° 26786 Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades
- D.L. N° 17752 Ley General de Aguas.

8.6.3 CONVENIOS INTERNACIONALES:

- Convenio Marpol 73/78 - Convenio sobre la Contaminación Marítima.
- Convenio 169 OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes.
- Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre.
- Convenio sobre Diversidad Biológica
- Tratado de Cooperación Amazónica
- Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas.

8.7 IDENTIFICACION DE ASPECTO AMBIENTALES

A este nivel del estudio se entra ya en el establecimiento de las relaciones de causa/efecto entre las actividades específicas del proyecto y factores ambientales relevantes del medio ambiente. Se procede a una identificación de las actividades potencialmente impactantes, y los factores ambientales potencialmente impactados durante las fases de construcción y operación del proyecto además de los potenciales impactos resultado de acontecimientos catastróficos.

8.7.1 IMPACTOS POTENCIALES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL COMPLEJO PETROQUÍMICO

Los aspectos siguientes serán afectados como resultado de la construcción del Complejo Petroquímico.

- **Geología y suelos**

A excepción de remoción de superficies y excavación menor, no se espera ningunos impactos ambientales significativos a la geología y los suelos como resultado de la construcción del complejo Petroquímico propuesto.

- **Calidad Del Aire**

Impactos de menor importancia y a corto plazo en la calidad local del aire pueden ser experimentados de las emisiones de humo del equipo pesado durante la construcción del complejo propuesto.

- **Ruido**

Igualmente, impactos de menor importancia y a corto plazo de ruido pueden ser experimentados como resultado de la operación del equipo pesado y de otras actividades durante la construcción del complejo propuesto.

- **Radiación Visible (Luz)**

Con excepción de tráfico de vehículos de la noche (transporte y construcción de la carga) no se espera ningún impacto en patrones de iluminación locales como resultado de la construcción del complejo propuesto.

- **Agua**

Las fuentes de agua potable y otra serán suministradas por los servicios municipales con que se cuenta. Los volúmenes, los patrones del uso y los medios exactos de la entrega no se detallan aquí.

- **Energía Eléctrica**

La energía eléctrica para el funcionamiento de la planta será proporcionada por el sistema interconectado nacional y por sistemas de generador a diesel.

8.7.2 IMPACTOS POTENCIALES DURANTE LA OPERACIÓN DEL COMPLEJO PETROQUIMICO

El Estudio Preliminar indica que los puntos siguientes serán afectados como resultado de la operación del proyecto propuesto:

- **Geología y suelos**

Los impactos en la geología y los suelos resultarán principalmente de la disposición de basuras sólidas en terraplenes aprobados. Tales basuras incluirán a los catalizadores y los adsorbentes, partículas residuales de los catalizadores. Las pérdidas y los medios propuestos de disposición se describen como sigue:

a) Deshechos de Polímeros: Los gránulos y pellets de polímero, separados de la precipitación excesiva en el interceptor del polímero, pueden ser vendibles. Los gránulos de polietileno, pellets o aditivos serán contenidos y quitados tan pronto como sea posible.

b) Catalizadores y adsorbentes: Periódicamente, habrá la necesidad de quitar y de disponer del catalizador y de los adsorbentes gastados de las instalaciones. Las recomendaciones de los fabricantes con respecto al manipuleo seguro y a la disposición de tales artículos serán seguidas. Ciertos catalizadores serán reciclados para recuperar los metales que tienen valor económico.

c) Partículas de catalizador: El proceso de Polimerización y “Pirólisis” generará partículas del catalizador, los cuales serán transportados afuera para su disposición por otros, tratándose de metales es posible inclusive otorgar un valor económico.

- **Calidad del aire**

Las emisiones gaseosas de la planta provendrán principalmente de chimeneas, de respiraderos y sistemas de desfogue.

- a) Las emisiones de chimeneas provendrán de la chimenea del horno del proceso “Pirólisis”, y de la chimenea de los calderos. La única emisión reglamentada esperada de estas chimeneas son los óxidos del nitrógeno (NO_x).
- b) Las emisiones de respiraderos procederán del respiradero del Descarbonatador, del respiradero del desaereador, y de la purga intermitente de la caldera. Los gases emitidos de estos respiraderos no son agentes contaminadores reglamentados.
- c) Las emisiones de los sistemas de desfogue resultaran de los dos sistemas de desfogue instalados en el complejo. Uno recibirá emisiones de todos los respiraderos criogénicos del servicio y el otro recibirá el resto de las descargas a ser evacuadas. Los sistemas de desfogue se proporcionan para la emergencia y/o condiciones riesgosas.

- **Calidad Del Agua**

Las descargas líquidas de las plantas de proceso serán tratadas antes de ser vertidas al mar. Los puntos de la descarga de las aguas residuales del complejo serán como sigue:

- a) Filtro Orgánico (Tratamiento de desechos de la planta Polimerización y “Pirólisis”)
- b) Unidad de Osmosis Inversa (Tratamiento de desechos de la planta polimerización y “Pirólisis”)
- c) Pulidor de Agua (Tratamiento de desechos de la planta polimerización)
- d) Suavizador De Agua (Tratamiento de agua cruda)
- e) Unidad de Osmosis Inversa(Tratamiento de agua cruda)

Otro flujo de corriente de desechos líquido incluye el sistema de retiro del aceite (poza separadora de hidrocarburos y aceites), incluido en el diseño de planta. El sistema removerá el aceite de las corrientes del agua que se pueden contaminar con

aceite de los escapes potenciales en el equipo de proceso. Los aceites recogidos serán quitados de la planta y dispuestos periódicamente de una manera ambientalmente segura.

- **Ruido**

Los niveles de Ruido no excederán los 80 dB durante el día y 70 dB durante la noche en las localizaciones normalmente accesibles a la instalación, por lo que no se prevén impactos sino al interior del Complejo.

- **Radiación Visible (Luz)**

La radiación, como luz visible resultado de operaciones de iluminación, no excederá una intensidad de 1.6 kW/m² (excluyendo la luz solar) en localizaciones accesibles. La única otra fuente de la radiación visible será la iluminación de la planta en el tráfico de vehículos de la noche asociado a la operación de la planta.

8.8 CONCLUSIONES

- La localización propuesta del sitio del proyecto encuentra acogida dado el tipo de actividad petrolera propia de la zona.
- No se asocia ningún peligro potencial importante, único o inusual resultado de la instalación y operación del Complejo Petroquímico. El diseño y la disposición de las instalaciones están destinados a reducir al mínimo las emisiones a la atmósfera con la puesta en práctica de las salvaguardas del control así como el uso de operaciones y personal de mantenimiento bien entrenado.
- Los impactos principales de la construcción del proyecto propuesto son temporales, y consistirán en el polvo originado por actividades de movimiento de tierras y otras de preparación del lugar, y emisiones gaseosas de equipo pesado. Los impactos primarios de la operación del proyecto propuesto resultarán de emisiones de los óxidos del nitrógeno (NO_x), principalmente dióxido de nitrógeno (NO₂), y de descarga de agua de deshecho.

- Los resultados preliminares del estudio indican que los impactos para el medio ambiente del proyecto propuesto, cumplen con los requisitos de la actual ley del Medio Ambiente y las directrices del Banco Mundial.

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo último del presente estudio se presentan las Conclusiones y Recomendaciones más importantes a partir del estudio realizado para la instalación de un Complejo Petroquímico de producción de Polietilenos a partir del Etano del Gas Natural de Camisea, bajo financiamiento nacional o extranjero.

9.1 CONCLUSIONES

1. Inicialmente se ha visto que el desarrollo de una nación se encuentra estrechamente relacionado a una planificación de este desarrollo en todos los ámbitos del quehacer nacional; y esta planificación pasa principalmente por un aprovechamiento de los recursos con que se cuentan. Los hidrocarburos adquieren en este contexto particular importancia dada la magnitud de las reservas nacionales de Gas Natural de Camisea, que según el Ministerio de Energía y Minas, al 02 de setiembre de 2009 se tiene 15.4 TCF de reservas probadas. Así mismo, efectuado el control de calidad a la composición del Gas Natural de Camisea, este tiene un 10% de Etano que debe ser aprovechado para dar mayor valor agregado.
2. La industrialización del Gas Natural de Camisea es, de todas las alternativas actuales (uso del Gas Natural de Camisea en la instalación de nuevas centrales térmicas) la que mayores beneficios proporcionaría al país por el alto valor agregado y el efecto multiplicador en la economía nacional y regional, que implica la obtención de productos petroquímicos. En tal sentido, al analizar el costo-beneficio del presente estudio se destaca que de producirse estos insumos en el país a través de los productos petroquímicos básicos, intermedios y finales, se hará más competitiva a la pequeña y mediana industria ubicada al final de la

cadena de valor, dado que podrán acceder a mejores precios por esos insumos, en lugar de tener que importarlos.

3. De todos los productos de la Industria Petroquímica, los termoplásticos y dentro de estos las Polietilenos constituyen una de las industrias con crecimiento más espectacular a nivel mundial en los últimos años. Constituyendo el 39% (54.8 MMTM/año) del consumo mundial de termoplásticos, según Hydrocarbon Processing del año 2006, mostrado en el Gráfico II-1, este dato garantiza que el Polietileno que se producirá en el Complejo Petroquímico tendrá mercado a satisfacer en Latinoamérica y el Perú.
4. La demanda de PE en el Mercado Latinoamericano, está concentrado en un 79% en los países de Brasil, Argentina y México, tal como se muestra en el Gráfico II-2. Es a estos mercados donde se debe apuntar con los productos del Complejo Petroquímico, con tratados comerciales y alianzas estratégicas. En cuanto a la situación futura, a mediano plazo, del Mercado Latinoamericano de PE, se puede concluir que la demanda de PE tendrá un crecimiento de 6.9% hasta el año 2010, tal como se muestra en el Gráfico II-7, y haciendo una proyección, a largo plazo, se estima que el mercado Latinoamericano tendrá crecimiento sostenido de 5.3% (escenario moderado), el cual es mostrado en la Tabla II-2, lo cual hace preveer que el mercado, a nivel Latinoamericano, está garantizado para el Polietileno que produzca el Complejo Petroquímico propuesto.
5. En cuanto a la oferta de PE en el Mercado Latinoamericano, en el año 2006 se tenía una capacidad instalada de 5 MMTm/año, mostrado en la Tabla II-4, en la cual se detalla que Brasil es el productor más grande (55%) de Polietileno (PE) en América Latina, seguidamente están México, Argentina, Venezuela y Chile. En adición, vemos que se va a seguir construyendo Complejos Petroquímicos en América Latina, mostrado en las Tablas II-5, II-6, II-7 y II-8, pero a pesar de estos nuevos Complejos Petroquímicos se estima que en el año 2018 habrá un déficit de

2.5 MMTm/año de PE, indicado en el Gráfico II-9. Entonces, debemos aprovechar esta demanda insatisfecha de PE en el Mercado Latinoamericano.

6. En el Mercado Peruano, la demanda de PE representa el 2% de la demanda total del Mercado Latinoamericano, ha tenido un crecimiento sostenido desde el año 2005, en el cual se importó 115.0 MTm/año, de insumos plásticos de los mercados de Korea, Estados Unidos y Argentina, hasta el año 2008, donde se importó 170.0 MTm/año. Es decir, un crecimiento de 10.5 % durante los últimos años, estos datos son expuestos en el Gráfico II-10. Y según el Banco Central de Reserva del Perú en la primera mitad del año 2009, se ha importado 309 Millones de dólares en insumos plásticos, publicado en el Gráfico II-11. Realizando una proyección, a largo plazo, de la demanda de PE en el Mercado Peruano se concluye que la demanda de este producto Petroquímico tendrá un crecimiento sostenido de 3.9% (escenario moderado), mostrado en la Tabla II-3, este crecimiento porcentual está dentro del rango proyectado del Producto Bruto Interno (PBI), ya que el Ministerio de Economía prevé un PBI entre 3% y 6% a largo plazo publicado en el Marco Macroeconómico Multianual 2010-2012 (MMM)
7. Debido a las múltiples razones expuestas, es importantísimo que el gobierno peruano a través de sus instituciones tenga un cierto liderazgo para el establecimiento en nuestro país de una Industria Petroquímica en base al Etano del Gas Natural de Camisea.
8. De acuerdo a las proyecciones de demanda del Mercado Peruano y Latinoamericano, y considerando una participación de 74% en el Mercado Peruano y 8% en el Mercado Latinoamericano. El tamaño de las Plantas del Complejo Petroquímico deben ser las siguientes: Planta de Polimerización: 1 100 MTm/año, Planta de "Pirólisis": 1 400 MTm/año.
9. El volumen de Etano que requiere el Complejo Petroquímico es 68.3 MMSFCD, lo que implica procesar un volumen de 683 MMSFCD Gas Natural de Camisea. El

consumo durante los veinte años de vigencia del Proyecto de 4.9 TCF de Gas Natural de Camisea.

10. En cuanto al análisis de que si hay suficiente Gas Natural en los yacimientos de Camisea para satisfacer la demanda del Complejo Petroquímico, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) señala que hay 13.4 TCF (la unidad de medida) en los lotes 88 y 56. De acuerdo a esta información indicado en el Gráfico III-2, la demanda local en 20 años será de 6.1 TCF, incluye el sector eléctrico (un gran demandante para las centrales térmicas), la industria, el consumo residencial que es muy incipiente aún, el consumo vehicular y la petroquímica, más los 4.2 TCF comprometidos para la exportación, el total de la demanda se estima que será de 10,3 TCF. De acuerdo a la Tabla III-8 el Complejo Petroquímico de PE necesita una demanda mínima de 4.9 TFC de Gas Natural de Camisea, para extraerle el Etano. Por consiguiente, se concluye que si contamos con suficiente demanda de Gas Natural de Camisea, para satisfacer el Complejo Petroquímico, ya que el Complejo requiere como mínimo 4.9 TCF y el MINEM estima una demanda de 10.3 TCF.
11. Teniendo en consideración los siete factores, mostrados en la Tabla IV-1, que tienen que cumplir un lugar geográfico donde estará instalado el Complejo Petroquímico, se ha escogido un universo de posibles cinco lugares del Sur del Perú: Pampa Clarita, Pampa Melchorita, Pisco Norte, Marcona, Matarani e Ilo, estos lugares fueron sometidos a la Matriz de Confrontación (Tabla IV-11) según esta evaluación se ha determinado que el lugar ideal donde será instalado, en un terreno de 3 000 Ha, el Complejo Petroquímico, es Pampa Melchorita, ubicado en los límites de las provincias de Cañete (Departamento de Lima) y Chincha (Departamento de Ica).
12. La Planta de Separación de Etano, debe estar ubicada en el distrito de Humay de la Provincia de Pisco, Departamento de Ica. Es decir, antes que el gasoducto que viene de Malvinas a Humay sea bifurcado en un ramal que trae el Gas Natural de

Camisea a Lima, y en otro ramal que servirá para abastecer a la Planta de LNG donde se realizará la exportación de Gas Natural de Camisea a México. El gasoducto que viene desde Malvinas hasta el distrito de Humay, tiene que ser enriquecido de Etano, aprovechando aquellas corrientes de gas que se utilizan en la reinyección a los pozos de producción. Entonces, en Malvinas-Cuzco se tiene que instalar otra Planta de Separación de Etano con el objetivo de enriquecer con Etano al gasoducto que llegará al distrito de Humay.

13. En el presente informe se ha presentado una relación de veintisiete tecnologías de polimerización, de las cuales se ha escogido los procesos de Lupotech T y Hostalen de Basell para la producción de Polietilenos, y se ha escogido el proceso de COREFLUXTM-C2 para la extracción de Etano del Gas Natural de Camisea, también se ha escogido el Proceso de "Pirólisis" con tecnología ABB LUMMUS para el proceso de obtención de Etileno ya que con este proceso, se obtiene una producción cerca de 79% en volumen de etileno, teniendo como carga el Etano del Gas Natural de Camisea. Estas tecnologías se han escogido por ser las más usadas a nivel mundial y pueden garantizar su operatividad de las Plantas del Complejo Petroquímico.
14. La inversión total del Complejo Petroquímico es de 1 930 Millones de dólares, esta inversión será financiada con un 30% de aporte propio y 70% de préstamo. Con un interés anual de 4%, un tiempo de amortización de 10 años y 4 años de gracia (tiempo de construcción del Complejo Petroquímico). El VAN obtenido para el proyecto asciende a 1 290 Millones de dólares calculado a una tasa del 12%, TIR de 14.9 % y un PAYOUT de 8.5 años. Estas cifras hacen totalmente viable económicamente el proyecto del Complejo Petroquímico de PE.
15. Un punto sensible del proyecto es el precio del Gas Natural de Camisea. Si tomamos como referencia el informe de la certificadora de reservas Gaffney, Cline & Associates, contratada por Pluspetrol, donde señala que los precios de venta para la industria Petroquímica debe ser de US\$ 4 el MMBTU el proyecto

propuesto no es rentable. Para el presente proyecto se ha considerado un precio de gas natural similar al precio que pagan las empresas generadoras de electricidad. El gobierno peruano tiene que interceder ante el consorcio Camisea para que el precio de la materia prima para la Petroquímica debe ser menor o igual a los de US\$ 1.79 el MMBTU.

16. Con respecto al Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se concluye que de acuerdo al conjunto de leyes, normas y reglamentos, detallados en la página 114 del presente estudio, vemos que el área geográfica colindante a Pampa Melchorita, donde podría estar instalado el Complejo Petroquímico no se prevé mayores Impactos Ambientales Significativos al medio ambiente ya sea en la etapa de construcción o cuando entre en operación el Complejo Petroquímico.

9.2 RECOMENDACIONES

1. Entendiendo que el Gas Natural de Camisea constituye el mayor potencial de desarrollo que tiene el país, el gobierno Peruano debe revisar el contrato de exportación del Gas de Camisea a México y especificar que el Poder Calorífico debe ser similar al contrato BOOT de “Concesión de la distribución de Gas Natural por Red de Ductos de Lima”, con el objetivo de aprovechar el Etano de los 4.2 TCF comprometidos para la exportación.
2. Promover el ciclo combinado en las centrales térmicas generadoras de Electricidad, actualmente dichas empresas generadoras sólo usan el ciclo abierto y están quemando el Etano del Gas Natural de Camisea que es valioso para la Petroquímica del Etano.
3. El gobierno Peruano debe por dar por concluido la promoción del Gas Natural de Camisea. Es decir, debe sincerar los precios del Gas Natural de Camisea para las Centrales Térmicas y promover el desarrollo de las Centrales Hidroeléctricas. Los precios de masificación del Gas Natural de Camisea deberían ser sincerados en beneficio de la Petroquímica del Etano. Caso contrario, cualquier proyecto

Petroquímico en el Perú no será rentable, porque en el análisis de Sensibilidad al precio del Gas Natural de Camisea, mostrado en el cuadro VII-10, se ve que si el Precio del Gas Natural de Camisea es mayor a 3.2 US\$/MMBTU el Complejo Petroquímico no es rentable.

4. Los beneficios que implica la industrialización del Gas Natural de Camisea son indiscutibles y el gobierno peruano juega un rol preponderante en la provisión de marcos regulatorios e incentivos que son necesarios para crear una imagen adecuada del país y poder atraer las inversiones en el país.
5. Si bien es cierto que la Industria Petroquímica en el Perú va tener beneficios económicos a la región donde será instalada y a nivel nacional con las regalías que va generar. Un aspecto que no se debe descuidar es la parte ambiental de las operaciones del Complejo, estas deberán ser ambientalmente eficientes para garantizar su funcionamiento durante los veinte años de vigencia del Complejo Petroquímico. Para esto el gobierno peruano debe definir un lugar donde se debe desarrollar el “Polo Petroquímico Integrado” también debe delimitar un espacio de amortiguamiento de aproximadamente de un kilómetro de ancho, con el objetivo de no tener problemas con la población aledaña al Complejo Petroquímico.

BIBLIOGRAFIA

1. Asociación Petroquímica y Química Latinoamericana –APLA
www.apla.com.ar
2. Braskem
www.braskem.com.br
3. CB&I Lummus Online
www.lummusonline.com
4. Empresa consultora Polyolefins Consulting LLC.
[www. Polyolefinsconsulting.com](http://www.Polyolefinsconsulting.com)
5. Estrategia Boliviana de Hidrocarburos.
www.hidrocarburos.gov.bo
6. Instituto Petroquímico Argentino.
www.ipqa.org.ar
7. Superintendencia Nacional de Administración Tributaria.
www.aduanet.gob.pe
8. ABIPLAST (2005) “Industria Brasileña de la transformación del plástico”.
9. BÜHLER VIDAL, Jorge (2003) “Poliolefinas y el Libre Comercio” Argentina.
10. BÜHLER VIDAL, Jorge (2004) “The Polyolefins Industry in Latin America”
11. Hydrocarbon Processing-2003
12. From Hydrocarbons to Petrochemicals.
13. PROYECTO “LOCALIZACIÓN DE POLO PETROQUÍMICO EN EL PERÚ”.
Ministerio de Energía y Minas.
14. tesis de grado titulado “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA
INSTALACION DE UN COMPLEJO DE PETROQUIMICO DE POLIETILENOS
A PARTIR DE CONDENSADOS DEL GAS NATURAL DE CAMISEA”
autor:Jaime Quipusco- 2005.
15. URETA BARRON, Ernesto (1996) “Polímeros: Estructura, Propiedades y
aplicaciones” Ed. Limusa, México.