



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR**

MAESTRÍA PROFESIONAL

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

**VALUACIÓN DE OPCIONES ESTRATÉGICAS PARA SUPLIR LA FALTA DE  
MATERIA PRIMA. ESTUDIO DE CASO EN LA PRODUCCIÓN DE  
POLIETILENO**

BAHÍA BLANCA, ARGENTINA

2017

Ing. Pablo Leandro Barcia

## **PREFACIO**

Este trabajo se presenta como parte de los requisitos para obtener el grado de Magister de Administración en la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en actividades llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Ciencias de la Administración durante el período comprendido entre el 15/09/2013 y el Trabajo Final de Maestría en la misma Secretaría, bajo la dirección del Mg. Liliana Scoponi (UNS) y la co-dirección del Dr. Gastón Milanesi (UNS).



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR**  
**Secretaría General de Posgrado y Educación Continua**

**La presente tesis ha sido aprobada el ...../...../..... , mereciendo la calificación de ..... (.....)**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi esposa Claudia, por su amor y aliento que me ayudaron a perseverar en el tiempo para realizar y concluir este trabajo. Su hermosa y amorosa compañía en algunas partes del mismo, y su ausencia en otras (para poder pensar y reflexionar mas profundamente sobre el contenido de cada concepto), fueron determinantes para dedicarle el recurso tiempo a este trabajo.

A mis directores de tesis, Liliana Scoponi y Gastón Milanesi. Sin la ayuda, colaboración y trabajo en conjunto, este trabajo no hubiese podido hacerlo. Les agradezco de corazón no solamente su compromiso en la parte técnica del trabajo, en donde ambos han demostrado un profundo conocimiento de la materia, sino principalmente en su ayuda y apoyo anímico y espiritual. Sin esto, hubiese sido imposible poder concluir con el presente.

## **DEDICATORIA**

A mi pequeña hija Esmeralda, quien me veía y pedía jugar mientras estaba frente a la computadora con libros abiertos. En algunos años, seguramente este trabajo, entre otras cosas, me permitirá inducirla al mundo del conocimiento y la importancia que esto tiene para poder sobrevivir en el mundo de hoy.

## RESUMEN

A partir de comienzos del presente siglo, nuestro país ha sido impactado por diversos procesos que han afectado la industria nacional de polietileno. Por una lado, la producción del gas natural, luego de llegar a valores máximos de producción sobre mediados de la década del 2000, comenzó a caer año tras año, lo cual llevó a que esta fuente de energía no pueda satisfacer todas las demandas.

El gas natural en nuestro país juega un papel muy importante, en términos porcentuales, en la generación de energía eléctrica. Más allá de este destino, el gas es utilizado para consumo doméstico y por las industrias. Producto de estas necesidades, la demanda del gas es del tipo estacional, siendo el invierno el período del año que más consumo tiene.

Como resultado de la baja de producción del gas natural y crecimiento sostenido de demanda de esta fuente de energía, se comenzó a ver hace más de 10 años una deficiencia de la oferta del gas con respecto a su demanda, principalmente en los meses de baja temperatura. Esto llevó al Gobierno Nacional a tomar diversas acciones.

Por un lado, se comenzó a importar gas natural licuado (GNL) para cubrir el déficit, lo cual tuvo un impacto negativo en la balanza comercial del país. Por otro lado, y principalmente en los meses de invierno, tomaron acciones para restringir el consumo de gas por parte de las industrias.

La industria del polietileno en el país ha sido doblemente impactada por estas restricciones, ya que no solamente utiliza el gas natural como fuente de energía para sus procesos, sino que fundamentalmente tiene al gas natural como materia prima para la cadena de valor etano-etileno-polietileno.

El caso de estudio analiza alternativas en el corto plazo para mitigar esta restricción de materia prima, la cual ha impactado en los volúmenes de producción alcanzados de polietileno y, por consiguiente, en la rentabilidad de la industria. El país dispone de recursos no solamente para corregir esta restricción o diferencia actual entre la oferta y la demanda, sino que también está probado que en el largo plazo podrá volver a ser un país exportador de gas y petróleo. Esta

solución, a partir de la existencia de gas no convencional en el país, recién podrá implementarse en un período de 5 a 10 años, ya que la producción de gas y transporte del mismo requiere de grandes inversiones que se ejecutan en el largo plazo.

Por lo tanto, en el corto y mediano plazo, la industria del polietileno deberá buscar alternativas para minimizar el impacto de no disponer de toda la materia prima para abastecer el mercado local y exportador.

El presente trabajo analiza tres alternativas y concluye que la importación de etileno es la más conveniente, no solo desde el punto de vista de rentabilidad, sino también de su practicidad para poder implementar los cambios necesarios en el proceso para su aplicación.

El capítulo I desarrolla una introducción de la problemática que aborda este trabajo, y describe las hipótesis, marco teórico y metodología del mismo. El capítulo II describe la cadena de valor sobre la cual está insertada el caso de estudio. El tercer capítulo trata sobre la problemática de abastecimiento de la materia prima como también posibles soluciones en el mediano y largo plazo. El capítulo IV describe los aspectos económicos y costos relacionados con el impacto del punto anterior. Este capítulo también incluye el análisis de las alternativas propuestas. Por último, el capítulo final resume las conclusiones principales del caso de estudio para este trabajo.

## **ABSTRACT**

Since the beginning of this century, our country has been impacted by different processes which affected the national polyethylene industry. On the one hand, the production of natural gas, after reaching maximum production values in the mid-2000s, began to decline year after year, which led to not being able to meet all the demands by this energy source.

Natural gas in our country plays a key role, in percentage terms, to generate electrical energy. Besides this purpose, natural gas is used for domestic consumption and by industries. As a result of all these needs, natural gas demand is seasonal, with winter being the period of the year with the highest consumption.

As a consequence of the decline in production of natural gas, and the continuous growth in the need for this energy source, a deficiency of the supply with respect to its demand began to be noticed more than 10 years ago, mainly during months of low temperature. This unbalanced condition, from the energy point of view, led to the National Government to take different actions.

On one side, Liquefied natural gas (LNG) was imported to cover the deficit, which had a negative impact on the country's trade balance. On the other side, and mainly during winter time, actions were taken to restrict the industrial consumption of natural gas.

The Polyethylene industry in our country has been doubly affected by these restrictions, since natural gas is not only used as an energy source for its processes, but also it is the main raw material for the ethane-ethylene-polyethylene value chain.

This case study analyzes different alternatives in the short term to mitigate this restriction of raw material, which has impacted on the production volumes reached of polyethylene and, consequently, on the profitability of the industry. Our country has enough resources available to address this restriction or current difference between the supply and the demand. Moreover, it is understood that in the long term our country will be able to export oil and gas again. But this solution, based on the existence of unconventional gas in our country, would be available

in a period of 5 to 10 years, since gas production and transportation requires large investments that are executed in the long term.

Therefore, in the short and medium term, the polyethylene industry should look for other alternatives to minimize the impact of not having the raw material necessary to supply the local and export markets.

This present work analyzes three alternatives and concludes that importing ethylene is the most convenient one, not only from the profitability point of view, but also from its practicality to be able to implement the changes needed in the process for its application.

Chapter I introduces the main problems addressed by this work, and develops the hypotheses, its theoretical framework and methodology. Chapter II describes the value chain on which this case study is inserted. The third chapter deals with the problematic of supplying the raw material as well as possible solutions in the medium and long term. Chapter IV details the economic aspects and costs related to the impact of the supply issue. This chapter also includes the analysis of the proposed alternatives. Lastly, the final chapter summarizes the main conclusions of the case study for the most important issues addressed by this work.

## INDICE

### CAPÍTULO I

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	01
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	01
1.1. Descripción general del caso de estudio .....	01
1.2. Relevancia del mismo .....	03
1.3. Problema específico a investigar .....	05
<b>2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	07
<b>3. HIPOTESIS DE TRABAJO</b> .....	08
<b>4. MARCO TEÓRICO</b> .....	09
4.1. CADENA DE VALOR.....	09
4.2. TEORÍA DE LA PRODUCCIÓN Y SUS DISTINTAS CAPACIDADES .....	14
<i>Capacidad máxima teórica</i> .....	14
<i>Capacidad máxima práctica</i> .....	15
<i>Nivel de actividad prevista</i> .....	18
<i>Nivel de actividad real</i> .....	19
4.3. TEORÍA GENERAL DEL COSTO .....	21
4.3.1. INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE COSTOS .....	21
4.3.2. DETERMINACIÓN DE COSTOS FIJOS Y VARIABLES .....	23
<i>Costos variables</i> .....	23
<i>Costos fijos</i> .....	24
4.3.3. COSTOS CONTROLABLES Y NO CONTROLABLES .....	27
4.3.4. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD .....	27
4.4. OPCIONES REALES .....	31
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	34

### CAPÍTULO II

#### PRODUCCIÓN DE POLIETILENO EN EL COMPLEJO DE DOW

<b>BAHIA BLANCA</b> .....	45
<b>1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DE VALOR</b> .....	45
1.1. Actividades del <i>upstream</i> y sus vínculos con el complejo industrial	

bajo estudio .....	45
1.2.    Actividades del <i>downstream</i> y sus vínculos con el complejo industrial.....	51
1.2.1.    La industria del Plástico a Nivel Mundial.....	51
1.2.2.    La industria del Plástico en la Argentina .....	55
1.2.3.    La industria Transformadora: Destino de los productos desarrollados por Dow.....	60
1.3.    Actividades de la cadena interna de valor.....	64
1.3.1.    Historia de Dow en el complejo Petroquímico de Bahía Blanca.....	64
1.3.2.    Producción de Dow en el complejo de Bahía Blanca .....	68
1.3.2.1.    Producción de Etileno: Descripción de las plantas Crackers 1 y 2.	69
1.3.2.2.    Producción de polietileno: Historia y descripción de las tecnologías para la producción de polietileno .....	70
<i>Tecnología de alta presión, planta LDPE</i> .....	72
<i>Tecnología de Slurry, planta HDPE</i> .....	74
<i>Tecnología de Solución, planta EPE</i> .....	76
<i>Tecnología de Gas Phase, planta LLDPE</i> .....	77
1.3.2.3.    Logística del producto final (PE) en el complejo de Bahía Blanca .....	81
1.3.3.    Descripción y delimitación del foco de estudio: Planta LLDPE Bahía Blanca.....	83
<i>Descripción del proceso</i> .....	83
1.3.4.    Características tecnológicas de la Planta LLDPE Bahía Blanca que condicionan su capacidad productiva .....	87
1.3.4.1.    Las distintas capacidades de producción para el caso de estudio ...	87
<i>Capacidad máxima teórica</i> .....	88
<i>Capacidad máxima práctica</i> .....	89
<i>Nivel de actividad prevista</i> .....	91
<i>Nivel de actividad real</i> .....	94
<i>Clasificación de factores según su origen</i> .....	94
1.3.4.2.    Limitaciones Tecnológicas del proceso Gas Phase .....	98
<i>Remoción de los venenos para la reacción</i> .....	98
<i>Control Estático</i> .....	98
<i>Formación de geles</i> .....	99

<i>Control de remoción del calor</i> .....	99
1.3.5. Mapeo de los procesos bajo estudio.....	102
1.3.6. Descripción de sus principales insumos o <i>inputs</i> .....	110
1.3.7. Descripción de los resultados productivos o <i>outputs</i> en el marco de los productos generados por el complejo Dow Bahía Blanca .....	115
 <b>CAPÍTULO III</b>	
<b>PROBLEMAS EN EL ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA</b> .....	119
1. SITUACIÓN DE GAS NATURAL EN LA ARGENTINA.....	119
2. PLANTA LLDPE: IMPACTO EN LA DISPONIBILIDAD ETILENO .....	125
3. SOLUCIONES AL PROBLEMA Y SUS TIEMPOS DE APLICACIÓN .....	128
<i>La aparición del shale gas en Estados Unidos</i> .....	129
<i>El shale gas en Argentina</i> .....	131
 <b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PLANTA LLDPE Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS</b> .....	135
1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COSTOS EN EL CASO DE ESTUDIO .....	135
2. ESTRUCTURA DE COSTOS .....	136
Elementos de costos <i>upstream</i> ( Producción de etileno).....	139
Elementos de costos LLDPE ( Producción de polietileno).....	143
Elementos de costos <i>downstream</i> ( Logística del producto final (PE)) .....	148
3. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO .....	153
3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS OPCIONES BAJO ESTUDIO .....	153
3.2. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS POR MÉTODO CUALITATIVO ..	155
Alternativa 1: Importar 20.000 toneladas de etileno .....	158
Alternativa 2: Reemplazar etano por propano.....	162
Alternativa 3: Importar producto final (polietileno) .....	165
3.3. ANALISIS DE RENTABILIDAD .....	168
Caso Base 1: Producción 140.000 Toneladas .....	168
Caso Base 2: Producción 120.000 Toneladas .....	171
Alternativa 1: Producción 140.000 Toneladas .....	174
Alternativa 2: Producción 134.000 Toneladas .....	177

Alternativa 3: Producción 140.000 Toneladas .....	180
Análisis y discusión de los resultados obtenidos .....	183
<b>3.4. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS MEDIANTE OPCIONES REALES.....</b>	<b>184</b>
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>CONSIDERACIONES FINALES .....</b>	<b>189</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>191</b>
<b>APÉNDICE I .....</b>	<b>196</b>

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Modelo de Cadena de valor .....	11
Gráfico 2: Capacidades y niveles de producción .....	16
Gráfico 3: Costo variable .....	24
Gráfico 4: Costo fijo .....	26
Gráfico 5: Tipos de Rentabilidad .....	29
Gráfico 6: Opciones reales: valor versus incertidumbre.....	33
Gráfico 7: Cuencas productoras de gas en Argentina.....	46
Gráfico 8: Gasoductos bajo operación de TGS.....	47
Gráfico 9: Costo etano y gas natural precio Mont Belvieu.....	50
Gráfico 10: Cadena de valor Polo Petroquímico Bahia Blanca.....	50
Gráfico 11: Productores globales de Polietileno, en miles de libras.....	54
Gráfico 12: Evolución consumo de polietileno per cápita.....	56
Gráfico 13: Cadena de valor de la industria petroquímica - plástica.....	57
Gráfico 14: Exportaciones e importaciones de polietileno .....	58
Gráfico 15: Evolución precio polietileno .....	59
Gráfico 16: Tipos de plásticos .....	61
Gráfico 17: Proceso de Baja Densidad LDPE .....	73
Gráfico 18: Proceso <i>Slurry</i> .....	75
Gráfico 19: Proceso Solución <i>Dowlex</i> .....	76
Gráfico 20: Versatilidad del proceso UNIPOL.....	78
Gráfico 21: Proceso de <i>Gas Phase</i> .....	79
Gráfico 22: Suministro Etileno al reactor .....	103
Gráfico 23: Alimentación de Comonomero.....	104
Gráfico 24: Alimentación catalizador.....	105
Gráfico 25: Agua de ciclo.....	105
Gráfico 26: Agua salada.....	106
Gráfico 27: Descarga de resina .....	107
Gráfico 28: Inyección aditivos.....	108
Gráfico 29: Pelletizado .....	109
Gráfico 30: Familia de productos .....	117

Gráfico 31: Matriz energética Argentina y Mundial.....	119
Gráfico 32: Variación de fuentes de energía Argentina 1960-2014 .....	120
Gráfico 33: Fuentes de energía en Argentina: Historia y proyección.....	120
Gráfico 34: Consumo gas natural en Argentina.....	121
Gráfico 35: Gas importado inyectado al sistema .....	122
Gráfico 36: Evolución del gas inyectado al sistema nacional.....	123
Gráfico 37: Balanza comercial gas natural .....	123
Gráfico 38: Producción vs Consumo .....	124
Gráfico 39: Distribución de la pérdida de producción.....	126
Gráfico 40: Consumo de gas natural 1993-2015 .....	128
Gráfico 41: Producción gas en Estados Unidos.....	130
Gráfico 42: Recursos globales de gas no convencional.....	132
Gráfico 43: Comparación yacimientos de gas no convencional.....	133
Gráfico 44: Precios <i>spot</i> de etileno (importado) .....	159
Gráfico 45: Variación precio etano y propano.....	163
Gráfico 46: Comparación alternativas .....	167

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Método Delphi: Miembros equipo multidisciplinario .....	40
Tabla 2: Demanda de polietileno global 2008 – 2018. En miles de toneladas .....	54
Tabla 3: Destino de polietileno para consumo doméstico .....	62
Tabla 4: Factibilidad de propiedades vs tecnologías .....	78
Tabla 5: Factores que afectan la capacidad teórica.....	90
Tabla 6: Factores que afectan la capacidad máxima práctica .....	92
Tabla 7: Factores externos que afectan el nivel real .....	95
Tabla 8: Factores internos que afectan el nivel real.....	96
Tabla 9: Factores que impactan la producción .....	101
Tabla 10: Nivel de actividad previsto y real, indicando factores de pérdida (Toneladas)..	101
Tabla 11: Proceso suministro de etileno al reactor .....	110
Tabla 12: Proceso de alimentación de comonomero al reactor .....	111
Tabla 13: Proceso de alimentación de catalizador .....	111
Tabla 14: Sistema de agua de enfriamiento .....	112
Tabla 15: Sistema de agua salada .....	112
Tabla 16: Sistema de descarga resina .....	113
Tabla 17: Sistema de inyección de aditivos .....	113
Tabla 18: Sistema de pelletizado .....	113
Tabla 19: Servicios auxiliares: nitrógeno .....	114
Tabla 20: Sistema de alimentación eléctrica.....	114
Tabla 21: Producción por producto período 2011-2016 (Toneladas).....	118
Tabla 22: Pérdida de producción .....	126
Tabla 23: Costos variables para la producción de etileno.....	139
Tabla 24: Costos fijos operativos para la producción de etileno .....	140
Tabla 25: Costos fijos de capacidad para la producción de etileno .....	141
Tabla 26: Costos variables para la producción de polietileno .....	143
Tabla 27: Costos fijos operativos para la producción de polietileno.....	145
Tabla 28: Costos fijos de capacidad para la producción de polietileno.....	146
Tabla 29: Costos variables para la logística del producto final (PE).....	148
Tabla 30: Costos fijos operativos para la logística del producto final (PE).....	149

Tabla 31: Costos fijos de capacidad para la logística del producto final (PE) .....	150
Tabla 32: Definición de costos por clasificación .....	153
Tabla 33: Escala de Likert .....	155
Tabla 34: Descripción de variables cualitativas.....	156
Tabla 35: Valoración opción 1.....	159
Tabla 36: Valoración opción 2.....	164
Tabla 37: Valoración opción 3.....	165
Tabla 38: Detalle de costos para la producción de etileno caso base 1 .....	168
Tabla 39: Detalle costos de producción de polietileno caso base 1 .....	169
Tabla 40: Detalle costos Logistica Producto final caso base 1 .....	169
Tabla 41: Resumen de costos para caso base 1.....	170
Tabla 42: Cálculo de la rentabilidad para el caso base 1 .....	170
Tabla 43: Detalle de costos para la producción de etileno caso base 2 .....	171
Tabla 44: Detalle costos de producción de polietileno caso base 2.....	172
Tabla 45: Detalle costos Logistica Producto final caso base 2.....	172
Tabla 46: Resumen de costos para caso base 2.....	173
Tabla 47: Cálculo de la rentabilidad para el caso base 2 .....	173
Tabla 48: Detalle costos de producción de etileno opción 1 .....	174
Tabla 49: Detalle costos de producción de polietileno opción 1 .....	175
Tabla 50: Detalle costos Logistica Producto final caso base 1 .....	175
Tabla 51: Resumen de costos para la opción 1 .....	176
Tabla 52: Cálculo de la rentabilidad para el opción 1 .....	176
Tabla 53: Detalle de costos para la producción de etileno para opción 2.....	177
Tabla 54: Detalle costos de producción de polietileno opción 2 .....	178
Tabla 55: Detalle costos Logistica Producto final opción 2 .....	178
Tabla 56: Resumen de costos para la opción 2 .....	179
Tabla 57: Cálculo de la rentabilidad para el opción 2 .....	179
Tabla 58: Detalle de costos para la producción de etileno para opción 3.....	180
Tabla 59: Detalle costos de producción de polietileno opción 3 .....	181
Tabla 60: Detalle costos Logistica Producto final opción 3 .....	181
Tabla 61: Resumen de costos para la opción 3 .....	182
Tabla 62: Cálculo de la rentabilidad para el opción 3 .....	182
Tabla 63: Resultados de las alternativas .....	184

Tabla 64: Valores de producción estimados en el período $t=0$ a $t=3$ (Toneladas).....	185
Tabla 65: Valores económicos para el período $t=0$ a $t=3$ .....	186
Tabla 66: Valuación Opción real caso 1 .....	186
Tabla 67: Cálculo del VAN en forma tradicional para el caso 1 .....	187
Tabla 68: Opción americana de Caso 2 versus caso 3 .....	188
Tabla 69: Opción americana para ejercitar cada año .....	188

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

##### 1.1. Descripción general del caso de estudio

En el complejo petroquímico ubicado en la ciudad de Bahía Blanca, la compañía Dow Argentina posee unidades productivas de etileno y polietileno, siendo las primeras proveedoras de la materia prima de las segundas. El etileno es obtenido a partir del etano, componente del gas natural. Esta cadena de valor, comienza con la extracción del gas natural en las dos zonas más importantes para el país en términos de producción de gas y petróleo, la cuenca Neuquina y la cuenca Austral. La primera se encuentra, como su nombre lo indica, en la provincia de Neuquén, mientras que la segunda está ubicada en varias provincias de la Patagonia, comenzando en la Isla de Tierra del Fuego. La producción del gas consiste en la extracción del mismo de los yacimientos que se encuentran bajo la superficie.

El segundo punto de la cadena de valor es el transporte del gas natural hacia los puntos de consumo. Tanto los gasoductos de la cuenca Austral, como de la cuenca Neuquina, convergen en la zona de Bahía Blanca, donde unidades de separación pertenecientes a otras compañías, extraen distintos componentes del gas natural para otros usos. Luego de este fraccionamiento, el gas natural tiene como destino final el consumo doméstico e industrial, principalmente en las áreas más densamente pobladas de nuestro país, Capital Federal y conurbano bonaerense. En el caso del consumo doméstico, esto se da tanto en la disponibilidad del gas para calefacción como también en la disponibilidad eléctrica obtenida a partir de generadores que utilizan el gas natural para la generación de energía. Por último, el gas natural también ha sido utilizado con una demanda creciente en el transporte urbano, a partir de la conversión de vehículos a gas natural comprimido (GNC).

Como se expresó, el etano es uno de los componentes del gas natural el cual se separa y se destina a la producción de etileno y posteriormente polietileno, siendo éste la materia prima de una infinidad de productos de uso diario en la vida humana. Para la producción de etileno a partir del etano, Dow Argentina posee dos plantas de proceso continuo, llamadas “*crackers*”, esto debido a la denominación del tipo de proceso químico que ocurre en estas plantas. La

molécula de etano es craqueada o “cortada” a muy alta temperatura en hornos para producir la molécula de etileno.

El etileno, en estado gaseoso, se envía mediante cañerías a cuatro plantas productoras de polietileno que Dow Argentina posee en el mismo complejo. Al igual que las anteriores, el proceso es de tipo continuo. En cada planta toma lugar una reacción química que, a partir de la utilización de catalizadores, une las moléculas de etileno, convirtiéndolas en polietileno. Dependiendo del tipo de cadenas de moléculas, tanto en la longitud como en las ramificaciones, se obtienen distintos tipos de polietileno, cada uno para una aplicación específica.

El presente estudio se centra en analizar una de estas plantas, cuya tecnología se denomina “*Gas Phase*”. Dicha planta, conocida también como Barcaza, por ser una unidad flotante, produce polietileno de baja densidad lineal LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*). Su capacidad máxima práctica es de aproximadamente 150.000 toneladas año.

Durante la década pasada, convergieron dos situaciones que han tenido un impacto significativo en la disponibilidad de la materia prima para la fabricación de polietileno. Por un lado, a partir del crecimiento económico e industrial del país en el período mencionado, el consumo de gas natural ha aumentado considerablemente. Por otro lado, la producción del gas natural se vio reducida considerablemente, ya que no hubo inversiones para la búsqueda y producción de nuevos yacimientos.

Concretamente, a partir del años 2006-2007, la demanda de gas natural igualó la oferta, para luego superarla. Este déficit entre la oferta y demanda significó que ésta última haya sido restringida en la última década, ya que el total de gas requerido, tanto industrial como doméstico, no pudo suministrarse. Como se describirá brevemente más adelante, el faltante de gas natural fue paliado en parte mediante la importación de gas natural licuado (GNL).

Para el presente caso de estudio, esta restricción de gas natural se tradujo en la no disponibilidad de etano para la elaboración de etileno y su posterior transformación en polietileno, observándose a partir del período 2006-2007, un incremento en la pérdida de producción de polietileno debido a la falta de materia prima, hecho que ha impactado negativamente en la rentabilidad de la empresa. Dicha restricción se da principalmente durante

los meses de invierno, donde el consumo de gas natural tiene su pico máximo debido al consumo doméstico.

Como medida reactiva para minimizar el impacto en la producción, la empresa ha importado etileno en algunas ocasiones. Esto, con el objetivo de reducir el impacto del menor volumen de etileno disponible fabricado localmente para la posterior conversión en polietileno. Resulta claro para este análisis que, reemplazar la producción de una materia prima (en este caso el etileno) por la compra del mismo, tiene desventajas tanto en los costos como en la eficiencia del proceso. En el primer caso, tiene un costo más elevado que el producido localmente, debido a costos de fletes y materia prima con la que se fabrica, que en general son hidrocarburos líquidos. Por otro lado, el etileno importado obtenido a partir de naftas, tiene una pureza o calidad menor que cuando es obtenido a partir del etano. Esta baja calidad en la materia prima ha ocasionado problemas en las plantas de polietileno. En la planta bajo estudio, su reacción es muy sensible a impurezas por lo que ha sufrido paradas imprevistas por contaminantes en el etileno.

## **1.2. Relevancia del mismo**

La pérdida de producción por problemas de abastecimiento regular del etileno en el proceso bajo estudio, tiene distintos impactos, no solo en la empresa en sí, sino también en toda la cadena externa de valor y en la economía local.

En primer lugar y como impacto negativo en tiempo presente para la propia empresa, la pérdida de rentabilidad es el primer indicador que se ha observado a partir de la pérdida de producción por restricción en la materia prima. A costos fijos constantes, un menor volumen de producción, significa un mayor costo por unidad de producto, expresado en toneladas de polietileno. Este menor volumen de producción, se traduce directamente en menor producto disponible para los clientes. Aquí se pueden dar dos situaciones, ambas con resultado negativo para la compañía: la empresa no cumple con lo pactado en término de entrega de polietileno para sus clientes (empresas transformadoras), lo cual lleva a que éstas busquen otro proveedor. En otras palabras, existe un riesgo claro de perder clientes por no cumplir con lo acordado. Resulta claro que cualquier empresa que pierda su participación en el mercado, pone en riesgo su existencia en el mediano y largo plazo.

Una segunda consecuencia negativa para la empresa, en este caso en el largo plazo, es el hecho de que al no disponer de materia prima para cubrir la capacidad actual, hace que cualquier otro tipo de inversión para expandir la producción, se vea cancelada o postergada. Esto significa un límite en el crecimiento en la producción de polietileno, que no podrá acompañar el crecimiento del consumo per cápita del país. De continuar esta tendencia, el mercado de polietileno y sus empresas transformadoras se verán obligadas a aumentar la importación de su materia prima, tanto de etileno como de polietileno y productos finales de consumo masivo, lo que afectará la balanza comercial del país.

Concretamente, la cadena de valor etano-etileno-polietileno comenzó a impactar este indicador macroeconómico, en términos de déficit comercial, a partir de la mitad de la década pasada. En primer lugar, al reducirse la producción total de polietileno, se ha dejado de exportar, principalmente a los países del Mercosur. Esta decisión se ha tomado a fin de asegurar el abastecimiento de polietileno del mercado interno. Por otro lado, la importación de GNL a través del Estado Nacional y su organismo regulador ENARGAS (Ente Nacional Regulador del Gas), contribuyó al egreso de divisas del país. Como se expresó, Dow ha sido parte de este proceso importador al comprar etileno a otros países.

Por otro lado, con objetivo de minimizar el impacto en la rentabilidad a partir de la falta de materia prima, algunos proyectos de inversión han sido postergados. Esto se traduce en una menor demanda de trabajos a las empresas contratistas locales, las cuales también tienen que ajustar sus recursos para que su operación sea económicamente viable, generando un impacto negativo, en términos de niveles de empleo, también en la economía local donde la empresa está establecida.

Por último, se verá que existen posibilidades ciertas y concretas para solucionar esta problemática de déficit entre la oferta y demanda de gas natural. Resulta claro que se espera que la demanda continúe creciendo, acompañando el potencial desarrollo del país en los próximos años. Por lo tanto la solución pasa exclusivamente por cambiar la tendencia de producción, revirtiendo la tendencia negativa y con crecimiento sostenido en el futuro de mediano y largo plazo.

Dicha solución es ampliamente conocida. A partir del año 2012, se comenzó el desarrollo de zonas exploratorias de *shale gas*. De acuerdo a estudios que se han realizado, los cuales han sido divulgados por Agencias internacionales de Gas y Petróleo, Argentina posee yacimientos de *shale gas* con reservas que, no solamente alcanzarían para solucionar el problema planteado en este trabajo, sino también para que el país vuelva a ser exportador de gas natural.

El camino de invertir y producir *shale gas* ya ha sido recorrido por algunos países. El caso más relevante es Estados Unidos. De acuerdo a la experiencia de dicho país, se necesitan entre 5 y 10 años para la exploración y producción de *shale gas*. Nuestro país ha comenzado lentamente a recorrer el mismo trayecto, aunque con realidades distintas. En nuestro caso, la falta de políticas y reglas claras para la inversión han hecho que todavía no exista el *boom* que se necesita para cambiar significativamente la ecuación de producción y disponibilidad de gas.

En definitiva, la solución, como se expresó, es clara y conocida. Aun alineándose todos los factores para que esta solución avance rápidamente, se necesitarán varios años para que el gas esté disponible para consumo, tanto industrial como doméstico. Una descripción más detallada de lo anterior se describe en el capítulo III.

### **1.3. Problema específico a investigar**

El consumo de gas natural seguramente, como se expresó, continuará creciendo en los próximos años, tanto a nivel doméstico como industrial. Este aumento de consumo no será acompañado por la disponibilidad de gas en el corto y mediano plazo, ya que tanto la producción en pozos como el sistema de transporte se encuentran operando a máxima capacidad y se requieren de inversiones de largo plazo, de tres a cinco años, para poder construir nuevas facilidades tanto a nivel de producción, como fundamentalmente de transporte. Esto, sin considerar los tiempos necesarios para que se analicen y se tomen decisiones de grandes inversiones, que en su mayoría, dependen de reglas de juego definidas por situaciones políticas, jurídicas y macroeconómicas del país. Consideremos en este punto que muchas de las compañías que realizan estas inversiones, son multinacionales que necesitan asegurar condiciones estables en el largo plazo para definir y llevar adelante inversiones.

Por otra parte, durante los meses de invierno en el cual el consumo de gas natural tiene su demanda pico, el Estado Nacional continuará dándole prioridad al consumo doméstico, por lo que la falta de gas natural afectará directamente a la industria, principalmente aquellas que tienen dicho recurso como materia prima. El resultado de este proceso ha sido hasta la actualidad, el incremento de barcos que traen GNL al país durante dicho período del año. Dicho gas es inyectado al sistema con el objetivo de paliar el consumo solamente doméstico. Ante este escenario, se deberán analizar distintas alternativas para sustituir el faltante de materia prima para que el impacto en la producción de polietileno sea mínimo en el corto y mediano plazo.

En base a lo anterior, el presente estudio versa sobre un problema de decisión estratégica que evalúa distintas opciones para suplir la falta de materia prima y, como consecuencia de ésta, minimice la pérdida de producción en la planta LLDPE. Cada opción demanda una valoración del proceso desde el punto de vista económico – financiero, con el objetivo de cuantificar, ante diferentes escenarios, el impacto de cada una de las alternativas en la rentabilidad de la empresa y su consecuente incidencia en la competitividad.

Existen trabajos de investigación que abordan esta misma problemática. Uno de ellos, realizado por investigadores de la Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI) y de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), el cual propone el uso de gasolina natural para incrementar la producción de etileno mediante un proceso de *cracking* térmico como alternativa al empleo de etano. La factibilidad de la propuesta se fundamenta mediante un análisis técnico-económico preliminar efectuado en base a la producción nacional de gasolina natural. El objetivo principal de la propuesta es analizar la explotación de un recurso valioso, actualmente poco aprovechado en el país, el cual emerge como una opción atractiva, dado que es un recurso que puede ser fácilmente almacenado (Cañete, Oteiza, Gigola, & Brignole, 2012).

El análisis financiero arrojó, en una primera instancia, resultados negativos, dada la gran inversión inicial y los altos costos operativos. A continuación se realizó una integración del proceso, considerando que el etileno, propileno y gasolina de pirólisis pueden ser utilizados como materia prima para la obtención de polietileno, polipropileno y aromáticos. Esta integración se sustenta mediante un análisis económico preliminar: el valor presente neto (VPN) de la planta integrada es de aproximadamente 80,8 MMUS\$, con una tasa interna de

retorno (TIR) del 15,5% (contra una tasa de descuento del 14,9%) y un período de repago de seis años. El resultado obtenido en este caso es favorable, de modo que resultaría en principio conveniente continuar con el análisis de la propuesta a un nivel de factibilidad. A partir del análisis de las principales áreas de producción de gasolina natural en nuestro país se pueden considerar dos localizaciones probables para la instalación de una eventual planta: Cutral-Có y Bahía Blanca.

En definitiva, desde el punto de vista de proceso es posible, pero queda fuera del alcance o vínculo con este trabajo ya que se requieren grandes inversiones de muchos años para la construcción de facilidades que permitan transformar este derivado líquido del petróleo en etileno. En el presente caso de estudio, las tres alternativas que se consideran buscan solucionar una problemática en el corto plazo y sin necesidad de inversiones importantes. En resumen, hay una diferencia significativa, tanto en los plazos requeridos como los montos de inversión.

Por último, no se han encontrado estudios o trabajos de investigación que aborden esta misma problemática con el enfoque de una solución en el corto plazo y baja inversión. Se verá más adelante que esta situación es de tipo coyuntural, por lo tanto las soluciones que aplican deber ser de aplicación en el corto plazo.

## **2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Se describen a continuación los objetivos generales y específicos del presente trabajo. Más allá de éstos, es importante resaltar nuevamente la implicancia que tiene analizar y plantear una solución a esta problemática. Como se describió al inicio del capítulo, el impacto negativo no solamente afecta la rentabilidad de la empresa sino también la economía local, tanto en el corto como mediano plazo. Poder encontrar una solución de factible y de corto plazo a esta problemática, minimizaría diversas consecuencias adversas como por ejemplo el saldo negativo en la balanza comercial del país y la potencial pérdida de empleo en la ciudad por una baja significativa en la producción y postergación de futuros proyectos de ampliación. A lo anterior podemos sumarle una imagen negativa que, como país, no podrá afrontar nuevas inversiones de capital, tanto de esta empresa como de otras multinacionales. Este punto redundará de manera adversa en el crecimiento del país y su consecuente generación de empleo. Por todo lo anterior, poder alcanzar los objetivos planteados a continuación, resulta de significativa relevancia, tanto para la empresa, como para la ciudad y el país.

*Objetivo general:*

- Valuar las opciones estratégicas factibles para superar la falta de materia prima en la producción de polietileno de la planta de proceso continuo LLDPE, contemplando diferentes escenarios, y priorizarlas según su impacto en la competitividad de la empresa en un contexto de incertidumbre.

*Objetivos específicos:*

- Definir los distintos tipos de niveles de producción que se utilizan para los análisis de las capacidades de una unidad operativa: máximo teórico, práctico, nivel planificado y nivel real de producción y analizar cómo este último ha sido impactado por la falta de materia prima en los últimos seis años.
- Describir y explicar los distintos factores que impactan la producción en la planta bajo estudio, indicando si los mismos son internos o externos en relación a la operación de la planta y examinando los casos donde, por razones tecnológicas o de mercado, estos factores siempre estarán presentes.
- Explicar los distintos subprocesos que componen la planta LLDPE, detallando los *inputs* y *outputs* que cada uno tiene, dentro del marco de la cadena interna y externa de valor.
- Identificar y cuantificar los costos fijos y variables de la planta LLDPE.
- Analizar el impacto en la rentabilidad de la empresa por falta de materia prima bajo las condiciones normales de operación actual.
- Describir los distintos escenarios que pueden darse ante la falta de materia prima y su impacto en el valor del proceso aplicando un enfoque integrado de opciones.

### **3. HIPÓTESIS DE TRABAJO**

Como fue descripto previamente, el presente trabajo ha identificado tres alternativas para garantizar el abastecimiento del mercado ante la falta de materia prima:

- 1- Importar el etileno por no poder producirlo localmente,
- 2- Sustituir parcialmente el etano por el propano para producir etileno en la fase de “*cracker*”, o
- 3- Importar el producto final (polietileno) desde otros complejos de la misma compañía, situados en Estados Unidos o países de Europa.

Estas alternativas buscan solucionar el problema planteado en el corto plazo y sin grandes inversiones, ya que la problemática de restricción de gas natural es de tipo coyuntural. Se describirán en el capítulo III las condiciones futuras que podrán solucionar esto a partir de la producción de *shale gas*. Por otro lado, se indicó también que existen otros trabajos de investigación que abordan este problema, pero con un enfoque diferente en términos de plazos e inversión requerida con respecto a este caso de estudio.

Conocidas las alternativas que se van a analizar, la hipótesis a validar es “la opción de importar etileno resulta la más beneficiosa para la empresa desde el punto de vista de su rentabilidad. Esta alternativa, se presume, tiene ventajas competitivas con respecto a las otras no solamente en cuestiones económicas, sino también en cuestiones que consideran aspectos logísticos, facilidad y rapidez de implementación y regulaciones o aspectos gubernamentales”.

#### **4. MARCO TEÓRICO**

Para el desarrollo del presente estudio, se considerarán los conceptos teóricos sobre las siguientes áreas del conocimiento administrativo: Cadena de valor, capacidades y niveles de Producción, Teoría General del Costo y Teoría de las Opciones Reales.

##### **4.1. CADENA DE VALOR**

La Cadena de Valor para una empresa es un enfoque en el cual se analizan las actividades interrelacionadas que crean valor o margen para los accionistas de la misma.

El concepto de cadena de valor puede tener un enfoque externo como interno (Dekker, 2002). El primero está relacionado con todos los vínculos que una organización tiene con sus

proveedores y con sus clientes. El análisis de las actividades con los proveedores (como por ejemplo compras de materiales y servicios) es de tipo *upstream*, mientras que los vínculos con los clientes (en la provisión de productos y/o servicios para éstos) son de tipo *downstream*. Resulta claro resaltar que varias empresas que están en una misma cadena de valor, que va desde la obtención de la materia prima hasta el consumidor final, el vínculo entre ellas es “en serie”. Por lo tanto si analizamos una empresa A que tiene vínculos con una empresa cliente B, la relación para la empresa A con la empresa B es de tipo *downstream*. Ahora bien, si analizamos la empresa B, el vínculo con la empresa A será de tipo *upstream*.

El segundo enfoque es el interno. Aquí, el análisis se hace con todos los vínculos internos que tiene una organización entre sus departamentos o sectores. El vínculo entre cada uno de ellos puede analizarse desde el punto de vista del “valor” que generan para la empresa. Este concepto, tanto en el caso interno como externo, es integral y representa, a través de una cadena o conjunto de eslabones, una visión integral del ciclo económico-financiero y productivo de las empresas que la o las constituye.

Comienza con la materia prima de un producto, luego la producción propiamente dicha del mismo, finalizando en la logística, venta y servicios finales, como por ejemplo, la asistencia post-venta. Este enfoque puede ser representado por un modelo teórico que gráfica y permite describir las actividades de una empresa para generar valor al cliente y a los accionistas de la misma. De esta definición se desprende que una empresa tendrá una ventaja competitiva sobre otra cuando sea capaz de aumentar el margen, el cual es analizado mediante el modelo de cadena de valor desarrollado por Porter en 1985.

Las actividades de “valor” son aquellas que tienen una relación directa con la definición de ventaja competitiva. Como cada actividad que se ejecuta tiene un costo asociado, la suma de éstas determinará si una empresa tiene un costo alto o bajo en relación con sus competidores.

El modelo, que se usa como herramienta para analizar la cadena de valor, es de mucha utilidad para analizar la organización con una perspectiva estratégica (Porter, 1985). El concepto radica en hacer el mayor esfuerzo en lograr la fluidez de los procesos centrales de la empresa, lo cual implica una interrelación funcional que se basa en la cooperación.

**Gráfico 1:** Modelo de cadena de valor



**Fuente:** Porter (1985)

A continuación, se describen brevemente las definiciones de cada uno de los conceptos incluidos en el modelo de Porter:

- **Margen:** Es la diferencia entre el valor total y el costo colectivo de desempeñar las actividades de valor. Dicho valor es la consecuencia de los costos de todas las actividades que ejecuta la organización. Estas actividades “de valor” se dividen en dos grupos: actividades primarias y actividades de soporte.

Las actividades primarias son aquellas que están directamente vinculadas a la creación física del producto, su venta y transferencia al comprador, como así también la asistencia post-venta. Como puede observarse en el gráfico, Porter define cinco categorías que pueden ser identificadas como primarias:

**Logística interna:** La primera actividad primaria de la cadena de valor es la logística interna. Las empresas necesitan gestionar y administrar de alguna manera las actividades de recibir y almacenar las materias primas necesarias para elaborar su producto, así como la forma de distribuir los materiales. Cuanto más eficiente sea la logística interna, mayor es el valor generado en la primera actividad.

**Operaciones:** La siguiente etapa de la cadena de valor son las operaciones. Las operaciones toman las materias primas desde la logística de entrada y crea el producto. Naturalmente, mientras más eficientes sean las operaciones de una empresa, más dinero la empresa podrá ahorrar, proporcionando un valor agregado en el resultado final.

**Logística Externa:** Después de que el producto está terminado, la siguiente actividad de la cadena de valor es la logística de salida. Aquí es donde el producto sale del centro de la producción y se entrega a los mayoristas, distribuidores, o incluso a los consumidores finales dependiendo de la empresa.

**Marketing y Ventas:** Marketing y ventas es la cuarta actividad primaria de la cadena de valor. Aquí hay que tener cuidado con los gastos de publicidad, los cuales son una parte fundamental de las ventas.

**Servicios:** La actividad final de la cadena de valor es el servicio. Los servicios cubren muchas áreas, que van desde la administración de cualquier instalación hasta el servicio al cliente después de la venta del producto. Tener un fuerte componente de servicio en la cadena de suministro proporciona a los clientes el apoyo y confianza necesaria, lo que aumenta el valor del producto.

Por último, tenemos las actividades de soporte o apoyo que son las que sustentan a las actividades primarias y se apoyan entre sí, proporcionando insumos comprados, tecnología, recursos humanos y varias funciones de toda la empresa. Compras, Tecnología y la Gestión de recursos humanos pueden asociarse con actividades primarias específicas, así como el apoyo a la cadena completa.

Con respecto al análisis de la cadena de valor o *Value Change Analysis* (VCA) desde un enfoque inter-organizacional, existen estudios que han abordado esta perspectiva para desarrollar una metodología que permita a las empresas crear valor cuando se vinculan entre ellas. La provisión de información para coordinar y optimizar actividades resulta clave como herramienta para la creación de valor “mutua” entre organizaciones (Dekker, 2002).

El VCA, como método para analizar mejoras estratégicas en la cadena de valor, fue introducida por Porter (1985) y posteriormente desarrollada por Shank (1989) y Shank & Govindarajan (1992, 1993). El concepto principal de esta teoría es “individualizar y aislar” cada actividad en la cadena de valor que va, desde la obtención de la materia prima hasta los

consumidores finales, en segmentos estratégicos para poder comprender el comportamiento de cada costo generado y las fuentes de “diferenciación (Shank & Govindarajan (1992). El desarrollo del VCA ha tenido preponderancia en el enfoque intraorganizacional y estudios como el de Dekker han contribuido a desarrollar esta herramienta para el enfoque interorganizacional.

De acuerdo a Porter (1985), uno de los propósitos estratégicos en el análisis de costos es la gestión de vínculos con compradores y vendedores de la misma cadena de valor. La misma es definida como “el conjunto de vínculos en actividades que crean valor que van desde la obtención de la materia prima hasta los consumidores finales” (Shank, 1989). Porter destaca los distintos tipos de “vínculos” que se dan en una cadena de valor, tanto internos como externos. Como vínculo se define las actividades que una organización realiza e impacta en la creación de valor de otra organización, en la misma cadena. Para que exista un “vínculo” debe existir un cierto grado de interdependencia entre las actividades de las organizaciones. Porter (1985) enfatiza también que la gestión de los vínculos en la cadena de valor, puede usarse para la reducción de costos y la mejora de la diferenciación. Un VCA es un método estructurado para analizar las actividades estratégicas sobre costos y diferenciación en una cadena de valor.

Autores como Shank & Govindarajan (1992), mencionan el uso de la metodología ABC (*Activity-based costing*), como la base para el desarrollo de un VCA. Cuando es utilizada dicha metodología, los problemas mencionados antes en los sistemas contables para un enfoque VCA, son abordados y resueltos. Porter (1985) enfatiza que el costo resultante del análisis ABC puede ser usado para optimizar y mejorar la coordinación de las actividades sobre toda una cadena de valor.

Pueden existir riesgos relacionados con intercambiar información “sensible” o confidencial de la compañía al momento de abordar un análisis VCA. Se asume que si firmas distintas trabajan en conjunto, las mismas parten de la base que están dispuestas a compartir información sensible. Cuando compradores y vendedores “abren sus libros” para compartir sus costos e información de performance, las preocupaciones surgirán por temores a que dicha información “se filtre” a competidores. Más allá de contratos que pueden firmarse, tiene que haber un vínculo de mutual confianza entre las partes.

## 4.2. TEORÍA DE LA PRODUCCIÓN Y SUS DISTINTAS CAPACIDADES

La producción (de un bien o servicio) es la consecuencia de la combinación racional de los factores fijos estructurales y de la operación con los factores variables necesarios y disponibles, por medio de la aplicación de una técnica determinada (Osorio, 1992). En todo proceso productivo, asumiendo la disposición sin límite de los factores variables requeridos, el resultado o producto está limitado por los factores fijos disponibles, como también por el grado de utilización que se le dan. Esta utilización depende de la cantidad de tiempo y de la intensidad con que los factores fijos son usados. (Osorio, 1992).

En otras palabras, los factores fijos estructurales determinan el máximo de producto o volumen de producción, pero el volumen realmente producido dependerá de la intensidad y tiempo con que se los use. A lo primero se lo define como la capacidad de un proceso productivo, mientras que a lo segundo se lo llama “nivel de actividad”. Éste resulta del uso que se prevé o decide hacer de la capacidad mencionada, la cual, como valor, es única (definida por el conjunto de factores fijos estructurales). Mientras que al nivel de actividad, se lo puede interpretar desde dos puntos de vista: nivel de actividad prevista (ex ante) y nivel de actividad real (ex post). (Osorio, 1992; Horngreen, Foster & Datar, 2002; Hansen & Mowen, 2003). Se definen a continuación los tipos de capacidades y niveles de actividad.

### *Capacidad máxima teórica*

La capacidad de un proceso está dada en primer lugar por los factores fijos estructurales, por las condiciones de diseño. Durante la etapa de diseño, previo a la construcción de una planta, se definen los equipos y sistemas para una determinada capacidad de producción. Una vez definido, no podrá ser modificado en la operación normal, salvo que existan cambios en el diseño o proyectos de ampliación conocidos como *debottlenecking*, los cuales definen nuevas capacidades teóricas máximas.

Por lo tanto, la “capacidad máxima teórica” a la producción posible de alcanzar en una unidad de producción en un período definido, trabajando el 100% del tiempo y en condiciones de máxima eficacia en el uso de los recursos disponibles. Esto significa también 100% de efectividad, ya que no hay restricción por tiempos de espera o demoras de ninguna clase. Como tampoco ningún tipo de factor que impacte el volumen de producción en el período. Esta suposición es absolutamente ideal y, podemos decir, prácticamente imposible de lograr en la

mayoría de los procesos productivos. En el caso de procesos continuos como el que se considera en este trabajo, este supuesto es aún más difícil de alcanzar. Es una capacidad que supone que los recursos humanos y los equipos productivos funcionan a pleno rendimiento, lo que conlleva que el proceso productivo realiza sus operaciones sin ningún margen para tiempos muertos, o interrupciones que suelen ser consideradas como normales tales como: averías de máquinas, operaciones de mantenimiento, etc., operando, por tanto, en condiciones ideales.

### ***Capacidad máxima práctica***

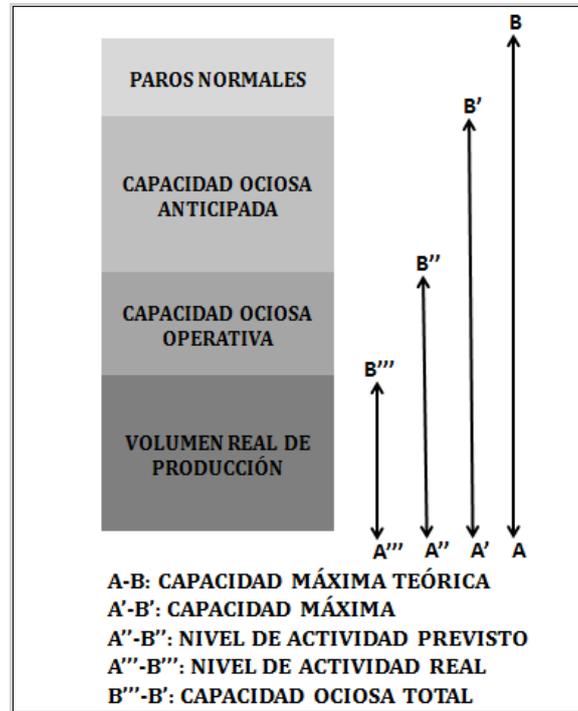
Como puede deducirse y ha sido mencionado, la definición anterior de capacidad teórica es absolutamente ideal y casi imposible de lograr. La realidad muestra que existen tiempos necesarios para tareas de mantenimiento, demoras o esperas de productos necesarios, cambios en las tareas, cambio de los operarios, ausencias transitorias, etc. La capacidad que se la calcula teniendo en cuenta estas restricciones se la define como “capacidad máxima práctica”. Se considera que la eficiencia ya no es 100%, afectando por lo tanto la disponibilidad ideal del 100% del tiempo. Es decir, la diferencia entre la capacidad máxima teórica y práctica, la eficiencia, tanto en utilización de recursos como tiempo de uso, ya no es 100%. Queda claro que este valor se aproxima mucho más a la realidad en la operación en procesos continuos.

Esta capacidad práctica es relativa al máximo nivel al que pueden operar eficientemente los departamentos o centros; aun cuando este nivel varía de un sector empresarial a otro, en la mayoría de los casos esta capacidad oscila, aproximadamente, entre un 70% y un 80% de la capacidad teórica. Esta capacidad incorpora en su cálculo las demoras que suelen producirse de manera inevitable. Como se expresó anteriormente, la capacidad máxima práctica representa el máximo volumen de producción al cual una compañía puede aspirar, considerando no solamente los recursos físicos disponibles, sino también la combinación del total de tiempo, estimado objetivamente, que el proceso puede producir. Y por otro lado, la eficiencia también estimada racionalmente. La capacidad máxima práctica se obtendría entonces si el proceso funcionara el 100% de acuerdo a las definiciones anteriores.

La capacidad práctica no tiene en consideración el tiempo no operativo derivado de una disminución en los niveles de demanda de la producción, es más, determina el nivel de producción que se podría alcanzar si la demanda de los productos de la empresa permitiese a la planta trabajar continuamente a un nivel hipotético determinado por el personal técnico del

área productiva. Si la empresa opera de forma regular a lo largo del ejercicio, la capacidad práctica representa el nivel de actividad al cual puede operar una planta de forma realista.

**Gráfico 2:** Capacidades y niveles de producción



**Fuente:** Osorio (1992)

Este concepto representa la utilización posible de los medios físicos disponibles considerando las interrupciones consideradas normales en la operación, tales como: tiempo perdido en reparaciones, mantenimiento preventivo, cambio de tareas, etc. Estos factores restrictivos pueden considerarse “tiempos muertos normales” y se los identifica con una cierta ineficiencia previsible o normal de difícil o imposible eliminación.

Estos factores fijos que condicionan la capacidad máxima de producción (teórica vs práctica), generan costos fijos que no podrán ser absorbidos por la producción.

Los determinantes que fijan la capacidad de producción máxima práctica ( $Q_m$ ) son:

- Disponibilidad de los factores fijos o de estructura (1)
- Uso máximo de dichos recursos (2)
- Máxima eficiencia producida (3)

Si (1) se mantiene constante, tenemos que:

$$Q_m = T_m \times E_m$$

Donde:

$T_m$  = tiempo máximo disponible

$E_m$  = productividad técnica máxima.

La realidad es que cada proceso productivo es afectado por factores tecnológicos, económicos y el objetivo mismo del producto o servicio que prestan, por lo que se ve claramente una necesidad de utilización del 100% del tiempo. Por ejemplo en la industria cementera o siderúrgica, donde el paro de un horno tiene implicancias en costos y deterioro del mismo muy grandes. O por ejemplo en plantas de tratamiento de agua para la población o servicios de hospitales, donde está implícito el 100% de utilización del recurso. Para el caso bajo estudio, en el proceso de *Gas Phase* existen paros de planta recurrentes que no tienen un impacto severo, más allá de la pérdida de producción propiamente dicha. Veremos que el principal condicionamiento tecnológico para el caso de estudio es el ensuciamiento del proceso, el cual dispara paros programados para su limpieza.

La detención del proceso, o paros, para realizar mantenimientos preventivos y/o correctivos es normal en muchas industrias, incluida la que este trabajo abarca. En otro tipo de procesos, el mantenimiento puede realizarse los fines de semana o bien al finalizar cada jornada de trabajo. Esta “estrategia” de mantenimiento dependerá de cada proceso. En nuestro caso, veremos que existen todos los años paros planificados para desarrollar trabajos de mantenimiento preventivo y correctivos. También existen paros imprevistos que se dan a partir del fallo de equipos, ensuciamiento de procesos, etc. Por su naturaleza, resulta claro que no pueden predecirse, pero se puede calcular con aproximación una estadística anual que este tipo de paros tiene sobre la capacidad máxima.

El tiempo máximo de uso disponible,  $T_m$ , puede calcularse de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$T_m = T_p - (P_c + P_t),$$

Donde

$T_p$  = Tiempo posible

$P_c$  = Paros por factores legales o convencionales

$P_t$ = Paros por factores tecnológicos.

Para el caso bajo estudio, tenemos que el tiempo posible es igual al disponible, es decir, no existen factores como, por ejemplo, cambio de turnos, vacaciones, días feriados, horario nocturno, etc., que impliquen una no disponibilidad de los recursos para producir, tanto físicos como humanos. Definimos también que no existen factores legales que impliquen paros. Por lo tanto el único factor que impactará la disponibilidad máxima del tiempo son los paros por factores tecnológicos, ya sea programados o no programados. Se consideran solo los primeros a los efectos del cálculo de la capacidad máxima práctica.

### ***Nivel de actividad prevista***

Osorio (1992) define la capacidad prevista, como el uso que, para un período determinado de tiempo, se espera hacer de la capacidad máxima práctica, o sea, del potencial productivo disponible. Es decir, el nivel de actividad previsto es un concepto referido al futuro. Es una decisión conjunta de la dirección de la compañía, el área comercial y el suministrador de materia prima. En forma conjunta se calcula para cada año, el valor de cada factor listado arriba y con éste se estima el impacto que tendrá, tanto en el tiempo disponible, como en la eficiencia prevista. Este valor pasa a ser el “Objetivo anual de producción”, para la organización de la planta. Este nivel de actividad, o volumen de producción a alcanzar, es una decisión condicionada por factores, es decir, no es libre o independiente.

Existen factores internos y externos que la condicionan. Entre éstos últimos encontramos cuestiones de mercado o demanda (destino de la producción) como también factores condicionantes como la disponibilidad, mano de obra especializada, energía eléctrica, combustible, etc. Otro factor limitante, no vinculado directamente al proceso de producción, es el financiero. La falta de materia prima para la producción de polietileno, objeto de este trabajo, es un claro ejemplo de un factor externo que define el nivel de actividad. Como se describió, este factor no existía hace años, pero luego pasó a ser uno de los más determinantes.

De acuerdo al gráfico 2, la pérdida de producción prevista por los factores, representa la capacidad ociosa anticipada. Es decir, se conoce de antemano, como será el impacto, estimado, de los factores sobre la producción. Como ya se ha mencionado, este análisis tiene base anual para el cálculo de los factores y de las capacidades.

Habíamos visto que  $Q_m = T_m \times E_m$ , donde  $Q_m$  es la capacidad máxima práctica.

El nivel de actividad previsto,  $Q_p = T_p \times E_p$  donde:

$Q_p$  = Nivel de actividad previsto

$T_p$  = Tiempo de uso previsto de los factores

$E_p$  = Eficiencia prevista

La decisión de usar la capacidad disponible en algún grado tendrá como límite superior a la capacidad máxima, que no podrá ser superada, esto es:

$$0 \leq q_p \leq Q_m$$

De lo anterior se desprende que  $q_p$  será siempre positivo y menor que  $Q_m$  y, excepcionalmente nula, lo que ocurrirá cuando se la empresa decida no operar.

Como el nivel de producción previsto será también función del tiempo y de la eficiencia, cada una de estas variables tendrá valores dentro de una escala que va de 0 hasta las magnitudes para obtener los máximos de producción, esto es:

$$0 \leq T_p \leq T_m$$

$$0 \leq E_p \leq E_m$$

Según Osorio (1992), “la decisión de fijar un nivel dado de actividad prevista implica con respecto a la capacidad máxima la fijación de un nivel de ocupación de ella. Ese nivel de ocupación se define por la relación  $q_p/Q_m$ , que se define como coeficiente de ocupación y es un índice de la utilización de los factores productivos básicos o estructurales que se definen como constantes en el largo plazo”.

### ***Nivel de actividad real***

Este concepto está representado por el segmento A'''-B''' como puede observarse en el gráfico 2. Este nivel puede ser mayor o menor que el nivel de actividad prevista. Esto se debe o bien a un empleo distinto en el tiempo previsto de operación o a una productividad

distinta a la prevista. La diferencia teórica entre la prevista y la real, es que la primera se obtiene a partir de supuestos que se toman en cuenta al inicio de un período determinado, mientras que la real es la obtenida en la práctica. La diferencia entre una y otra está determinada por las situaciones reales que se van dando en el período, modificando lo “previsto” en lo “real”.

El nivel de actividad real se expresa en la siguiente fórmula:

$$q_r = T_r \times E_r$$

Donde

$q_r$  = nivel de actividad o producción real

$T_r$  = tiempo real de actividad

$E_r$  = productividad técnica real

Así como se expresó anteriormente que  $0 \leq q_p \leq Q_m$ , ahora podemos decir que:

$0 \leq q_r \Leftrightarrow q_p \leq Q_m$ , esto debido a que:

$T_r \Leftrightarrow T_p$  y  $E_r \Leftrightarrow E_p$ .

La producción real no necesariamente será menor a la prevista, sino que puede ser igual o mayor que ella y hasta igual a la capacidad máxima, aunque esto sería excepcional. Como se mencionó anteriormente, esta es una magnitud “ex post”. Que la producción real sea mayor a la prevista significa que los cálculos o previsiones hechas al momento de definir la capacidad prevista fueron, en sentido conceptual, magnificados o conservadores

Como la “unidad producto” es la consecuencia simultánea de las dos variables: “tiempo” y “productividad técnica”, va a ser necesario contar con información real, al menos respecto de una de ellas, para poder conocer el volumen de producción realmente alcanzados en términos de la unidad de medida homogénea utilizada para la determinación de las magnitudes “ex ante”.

Como resumen podemos decir que tanto la capacidad como el nivel de actividad previsto y real tendrán valores diferentes y rara vez coincidirán entre sí. Esta diferencia no solo se puede expresar en unidades de producción, sino también en unidades monetarias, ya que los

costos asociados a cada uno de ellos serán diferentes. Cualquier organización que busque maximizar sus recursos físicos disponibles, buscará que el nivel de actividad previsto se aproxime al valor de capacidad. Luego buscará, a lo largo del período, que el nivel de actividad real sea igual al previsto, lo que indicaría la eficiencia de utilizar los recursos que puso a disposición para lograr un determinado volumen de producción.

### **4.3. TEORÍA GENERAL DEL COSTO**

#### **4.3.1. INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE COSTOS**

El concepto de costo es un muy amplio. A lo largo de las últimas décadas han existido innumerables discusiones entre investigadores, no solamente en lo que respecta a la definición de costo en sí, sino también a cómo el costo tiene que clasificarse para un proceso productivo.

La teoría de costos ha ido evolucionando, como otras disciplinas, a lo largo de las últimas décadas. A lo largo de este tiempo, han existido consideraciones sobre el concepto costo desde el punto de vista económico, técnico y contable. Tradicionalmente la disciplina contable se desarrollaba en base a normas, las cuales no necesariamente reflejaban ciertos conceptos de acuerdo a situaciones de procesos productivos, por lo tanto existieron conceptos de costos, como el caso del interés del capital propio, que no “encajaban” en el análisis de costos e informes contables de las compañías.

La evolución dada en este período hace que hoy exista un gran consenso en el concepto, definición y categorización. En la actualidad hay una clara aceptación que la contabilidad tiene por principal objetivo, desarrollar sistemas de información para evaluar la correcta gestión de una organización con el propósito de ver su eficiencia en el uso de los recursos. Los sistemas de gestión desarrollados para el manejo de costos tienen como propósito valorar o cuantificar resultados de hechos o acciones, controlar la eficiencia de la gestión y fundamentalmente tomar decisiones orientadas al futuro (Osorio, 1992). Podemos decir que ha habido una saludable migración desde el campo de la “contabilidad de costos” hacia el de las “aplicaciones de los costos en la gestión”, desarrolla Cartier (1994). La disciplina de Costos ha pasado de la problemática de “cómo registrar los costos” al desarrollo actual de “cómo usar los costos” para que la organización gestione sus recursos de manera exitosa.

La definición de costo por sí solo no tiene significado concreto sino se la acota claramente. Podemos decir que costo es “todo sacrificio necesario de bienes o servicios económicos valuados de determinada manera realizados con el objetivo de generar un ingreso más o menos diferido en el tiempo o cumplir con un objetivo determinado”. Por lo tanto, cabe destacar que un costo no incluye el sacrificio de factores que no necesariamente debiera haberse efectuado si se hubiera procedido con racionalidad en el uso de los mismos. La diferencia entre el empleo racional y el real no debería ser parte de los costos del producto o proceso, sino que debe exponerse como un quebranto que afectará el resultado económico de la empresa y no los costos de ésta. Por otra parte, el concepto de costo es biunívoco, ya que está integrado por un componente físico, representativo de las relaciones de eficiencia técnica (insumo/producto) de la función de producción y por un componente monetario que las cuantifica y homogeneiza a los fines de determinar el costo de un resultado productivo (Osorio, 1992). Una mejor comprensión de estos componentes se puede hallar en el Apéndice I.

Determinar la naturaleza de cada costo y su clasificación es fundamental para cumplir con el objetivo primario de medir la gestión de una organización y tomar decisiones acertadas en el mediano y largo plazo. Esto implica conocer en detalle lo que significa un proceso de producción, ya que éste es quien genera, a través de acciones, los distintos tipos de costos (Cartier & Osorio, 1992).

El concepto de proceso productivo no está referido exclusivamente a los procesos industriales sino también a cualquier conjunto de acciones que tengan como objetivo aumentar la capacidad de satisfacción de necesidades de un bien o de un servicio. De modo que el concepto de costo es genérico y, por lo tanto, abarca todas las actividades (industriales, comerciales, administrativas, financieras, de servicios, extractivas, pecuarias, etc.) y de todos los ramos particulares de cada una de ellas. Igualmente, el concepto de objetivo resultado productivo apuntado, abarca y supera a la “Unidad de Fabricación”, “Unidad de Trabajo” o “Unidad de Producto”, concepto éste que resulta solo una “especie”, con la misma entidad e importancia que cualquier otro objetivo o resultado que se defina.

Como resumen y consecuencia de los puntos anteriores, es necesario aceptar que el costo -como vinculación entre objetivos y recursos- resulta ser un concepto antes que absoluto,

eminente relativo y dependiente del modo como se interprete el sistema de interrelaciones existente en el proceso de producción (Cartier, 1994).

#### **4.3.2. DETERMINACIÓN DE COSTOS FIJOS Y VARIABLES**

Se describen a continuación las definiciones de costos fijos y variables. Esta clasificación tiene en cuenta el comportamiento del costo con respecto al volumen de actividad.

##### ***Costos variables***

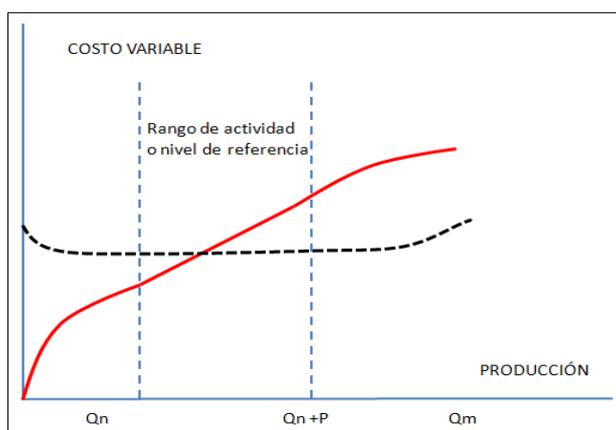
Los costos variables pueden definirse como aquellos que modifican su cuantía total conforme a los cambios que se producen en el volumen producido según “leyes” propias de la naturaleza de cada uno de ellos (Osorio, 1992). Donde denominamos “ley” a la relación costo / volumen de lo que suele llamarse también coeficiente o relación de cambio o de variación. Estos costos pueden aumentar o disminuir de manera más o menos proporcional con el volumen de actividad o de producción alcanzado, o en función de otra unidad de actividad. Los costos variables pueden ser proporcionales, crecientes o decrecientes, respecto de cualquier cambio en el volumen. Por tanto, este tipo de costos pueden relacionarse con el nivel de output obtenido en el proceso de producción, o bien en función de cualquier medida de actividad alternativa como: horas-hombre; horas-máquina; número de pedidos u órdenes de fabricación; kilos de materia prima, etc.

Si consideramos cualquier costo variable observaremos que en general a partir de un momento en que se inicia la actividad y hasta que se alcanza el máximo posible de ella, dados ciertos factores fijos, su costo presenta una forma similar a la curva que se muestra en el gráfico 3. Como puede observarse, la curva roja presenta dos puntos de inflexión. Hasta el punto  $Q_n$  el costo variable tiende a crecer en forma más que proporcional para luego seguir creciendo pero en forma proporcional o cuasi proporcional hasta el punto  $Q_{n+p}$ , momento a partir del cual se observa nuevamente un crecimiento no proporcional.

Como se puede observar, el costo variable tiene inicialmente una relación no lineal con respecto a la producción. La variación es más que proporcional durante una primera fase. Luego, sí, se puede observar una segunda fase lineal o proporcional. Por último el comportamiento vuelve a ser no lineal o crecimiento no proporcional. El rango de actividad o nivel de referencia es tomado para la segunda fase, donde existe una relación lineal entre el

costo variable y la producción. Como ejemplo de lo anterior, podemos encontrar el uso de la materia prima para un proceso. Inicialmente, el consumo de la misma es mayor “a lo esperado”, ya que existirán desperdicios o fallas de calidad. En un determinado punto, se logrará una normalización del proceso, el cual se traducirá en una relación lineal entre el costo y la producción. Por último, en un estadio de máxima producción, las fallas de calidad o desperdicios vuelven a aumentar, por lo que la relación vuelve a ser no lineal. El costo variable unitario es representado en el siguiente gráfico mediante la línea punteada.

**Gráfico 3:** Costo variable



**Fuente:** Osorio (1992)

### ***Costos fijos***

Teniendo en cuenta la definición anterior para los costos variables, se podría definir en forma simple los costos fijos como todos aquellos que permanecen constantes ante cambios en el volumen de producción. Ahora bien, un concepto más acabado de lo que es un costo fijo tendremos que incluir en la definición dos elementos distintos: por un lado, los objetivos de planeamiento y por otro, la capacidad existente y los posibles cambios en la misma, con lo que estamos incorporando explícita o implícitamente el concepto de plazo. Este tipo de costos no se encuentra influenciado por las variaciones en el nivel de actividad (Osorio, 1992). En cualquier caso, si bien las variaciones comprendidas en un determinado intervalo de actividad estos costos suelen permanecer invariables, un incremento o disminución de dicho intervalo de actividad puede llevar aparejada una modificación en la estructura y cuantía de estos costos fijos. Tienen la consideración de costos fijos conceptos tales como: salarios, mantenimiento, depreciación, seguros, impuestos sobre la propiedad, alquiler de los edificios fabriles, etc.

Por lo tanto, se puede decir que dado un cierto horizonte de planeamiento, costos fijos son aquellos que tienden a permanecer constante en el tiempo ante cambios en los volúmenes producidos, mientras que no se modifique la capacidad de producción o el nivel previsto de utilización de ella. De lo expuesto se deduce que los costos fijos no son, en ningún caso, una función del volumen o uso real de la capacidad, y que su magnitud depende de la capacidad existente y del nivel de actividad planeado. Es decir, se caracterizan por la capacidad y por el nivel de actividad planeado. En consecuencia, podemos decir que existen dos clases de costos fijos que se corresponden con los distintos factores fijos que intervienen en la producción, y que se comportan de distinta manera en cuanto a su rigidez o constancia en el tiempo, ya sea en su componente fijo como en su componente monetario. Estas dos clases son (Osorio, 1992): costos fijos de capacidad o estructura y costos fijos de operación u operativos.

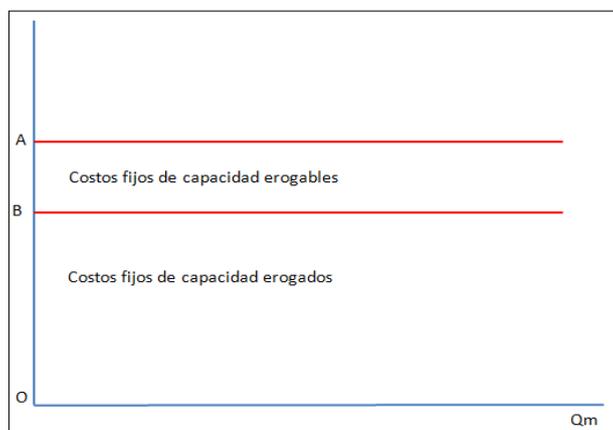
Los primeros se mantendrán inalterables mientras no se modifiquen los recursos productivos que definen la capacidad instalada, es decir, mientras no se realicen inversiones que aumenten dicha capacidad o factor estructural. Son de difícil o imposible control en el corto plazo y sus modificaciones se vinculan, como en el caso de inversiones, en el largo plazo. En su mayor parte son gastos erogados con anterioridad y por lo tanto no generan egresos financieros en el corto plazo y el resto asumen el carácter de erogables, tales como los salarios de la dirección, vigilancia, etc. Son “costos fijos”, en el que se destaca que, en una unidad económica, se necesitan este tipo de costos para dotarlos de facilidades operativas y una organización en disposición de producir o vender a un volumen de actividades previsto. Se trata, pues, del costo fijo derivado de los recursos consumidos en un período con el fin de mantener la capacidad de producción o venta que posea una unidad económica (Guerreiro & Yardin, 2007).

La capacidad tiene tres dimensiones: a) capacidad física, referente a las propiedades (edificios, equipos, etc.); b) capacidad organizacional, o institucional, que es la aportada por la Dirección y los distintos niveles de recursos humanos; y c) capacidad financiera, proveniente del capital circulante o fondo de maniobra y otros recursos financieros. Los tres casos la capacidad cambia sólo lentamente. En efecto, conlleva tiempo pensar en nuevas instalaciones, efectuar los trámites de financiación, completar la construcción de las instalaciones, contratar los recursos humanos necesarios y poner en funcionamiento estos recursos. Por otro lado, las reducciones de capacidad suponen también algún tiempo. Todo esto significa que durante

cualquier período de tiempo reducido, la unidad económica tendrá que operar con una existencia de recursos productivos relativamente constante, incluyendo entre ellos los de carácter organizacional y los financieros.

Los mismos se pueden representar en el siguiente gráfico. Como puede observarse,  $Q_m$  muestra la capacidad máxima de producir, por lo tanto la magnitud OA representa los costos que se mantendrán inalterables cualquiera sea el uso previsto o real de dicha capacidad. Solo variarán si se modifica  $Q_m$  por inversiones o desinversiones producidas en el largo plazo, ya sea mediante la incorporación de nuevos medios de producción o por cambios en la tecnología.

**Gráfico 4: Costo fijo**



**Fuente:** Osorio (1992)

Producidas algunas de estas circunstancias que modifican la capacidad de producción, estas llevarán a modificar también los costos fijos de capacidad. Dicho de otra manera, se produce un cambio en la estructura y por lo tanto existe una nueva capacidad y nuevos costos fijos asociados a este incremento. Con respecto a los costos fijos de operación u operativos, éstos surgen como consecuencia de la decisión de operar o usar los factores fijos de producción de determinada manera, es decir que están vinculados, o son propios del nivel de actividad previsto. Si bien son constantes, lo son para el rango de actividad o de uso de la capacidad decidida; por lo tanto se modifican con la modificación de aquella decisión. Es importante resaltar que, aún con esta subordinación a cambios en el nivel de actividad, no los convierte en costos variables, pues no responden a la marcha o ritmo de producción real sino a una decisión de alcanzar una producción dada. Estos costos se encuentran vinculados fundamentalmente con decisiones de planeamiento; mientras éstas no se alteren se mantendrán constantes,

modificándose en cuanto cambien los niveles de actividad previstos (Guerreiro & Yardin, 2007).

#### **4.3.3. COSTOS CONTROLABLES Y NO CONTROLABLES**

La clasificación de los costos entre controlables y no controlables, se base en el concepto de control que tiene la organización para que la actividad que concurre en un costo pueda ejecutarse o no. También que puede influenciar sobre la actividad para que el costo puede ser reducido o aumentado. Un ejemplo de este concepto son las horas extras que se generan para la ejecución de trabajos en horarios no normales o en horarios normales donde la demanda del volumen del trabajo excede los recursos disponibles. Costos relativos a aquellos factores sobre los cuales un responsable puede ejercer un control durante un período de tiempo. La separación de los costos en: controlables y no controlables, es necesaria para la implantación de un sistema de control de la gestión efectivo, porque permite orientar las acciones de los distintos responsables hacia los objetivos de eficiencia y eficacia, con miras al logro de una mejora constante de las actuaciones de la empresa. La asignación de los costos a los centros de responsabilidad se basa más en el conocimiento y en la información que en el control. Interesa conocer quién es la persona que puede explicar o predecir el comportamiento de una determinada variable de la cuenta de resultados (precio, consumo, etc.) con independencia del grado de control que sobre dicha variable pueda ejercer.

Por otro lado, los costos no controlables son aquellos sobre los cuales la organización no tiene control alguno, como el caso de los costos de depreciación de los bienes inmobiliarios. Costos sobre los que el responsable de un centro no puede ejercer ninguna influencia, al no estar autorizado para ello. En este caso, se trata de costos repercutidos a un departamento como consecuencia de la reasignación que se haga de ciertos conceptos de costos a los distintos departamentos de la empresa; por ejemplo, la asignación del costo de alquiler del edificio a los departamentos se puede realizar con criterios más o menos objetivos, pero de ningún modo su gestión depende del responsable del departamento (Guerreiro & Yardin, 2007).

#### **4.3.4. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD**

Otro concepto asociado a los costos sobre el cual se desarrollará el trabajo consiste en el análisis de la rentabilidad de una empresa, en nuestro caso en una planta de proceso continuo. Rentabilidad es una noción que se aplica a toda acción económica en la que se movilizan unos

medios, materiales, humanos y financieros con el fin de obtener unos resultados. En la literatura económica, aunque el término rentabilidad se utiliza de forma muy variada y son muchas las aproximaciones doctrinales que inciden en una u otra faceta de la misma, en sentido general se denomina rentabilidad a la medida del rendimiento que en un determinado período de tiempo producen los capitales utilizados en el mismo. Esto supone la comparación entre la renta generada y los medios utilizados para obtenerla con el fin de permitir la elección entre alternativas o juzgar la eficiencia de las acciones realizadas, según que el análisis realizado sea *a priori* o *a posteriori* (Mallo & Merlo, 1995).

En su expresión analítica, la rentabilidad contable va a venir expresada como cociente entre un concepto de resultado y un concepto de capital invertido para obtener ese resultado. A este respecto es necesario tener en cuenta una serie de cuestiones en la formulación y medición de la rentabilidad para poder así elaborar una *ratio* o indicador de rentabilidad con significado (Barfield, Rainborn & Kinney, 2005).

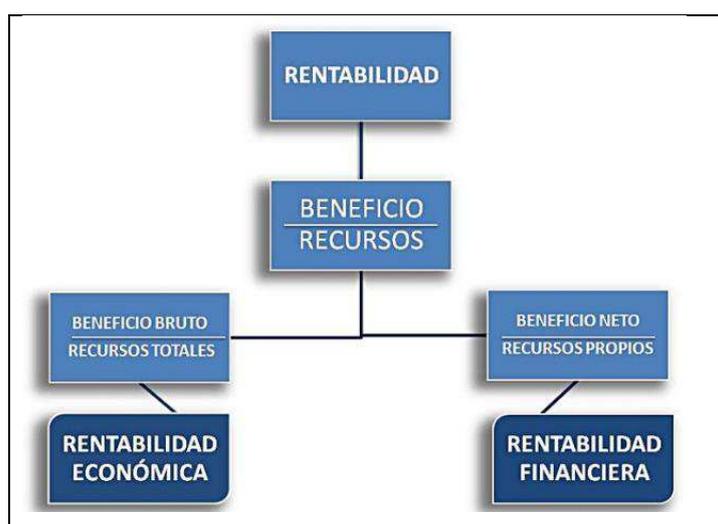
En la composición de la fórmula para el cálculo del *ratio*, tenemos que las magnitudes cuyo cociente es el indicador de rentabilidad han de ser susceptibles de expresarse en forma monetaria. Debe existir, en la medida de lo posible, una relación causal entre los recursos o inversión considerados como denominador y el excedente o resultado al que han de ser enfrentados.

En la determinación de la cuantía de los recursos invertidos habrá de considerarse el promedio del período, pues mientras el resultado es una variable flujo, que se calcula respecto a un período, la base de comparación, constituida por la inversión, es una variable stock que sólo informa de la inversión existente en un momento concreto del tiempo. Por ello, para aumentar la representatividad de los recursos invertidos, es necesario considerar el promedio del período como también el período de tiempo al que se refiere la medición de la rentabilidad (normalmente el ejercicio contable), pues en el caso de breves espacios de tiempo se suele incurrir en errores debido a una periodización incorrecta.

La rentabilidad puede tener un enfoque económico o financiero según puede verse en la gráfico 5. Con respecto al concepto de rentabilidad económica, ésta es una medida, referida a un determinado período de tiempo, del rendimiento de los activos de una empresa con

independencia de la financiación de los mismos. De aquí que, según la opinión más extendida, la rentabilidad económica sea considerada como una medida de la capacidad de los activos de una empresa para generar valor con independencia de cómo han sido financiados, lo que permite la comparación de la rentabilidad entre empresas sin que la diferencia en las distintas estructuras financieras, puesta de manifiesto en el pago de intereses, afecte al valor de la rentabilidad (Mallo & Merlo, 1995; Barfield, Rainborn & Kinney, 2005).

**Gráfico 5:** Tipos de rentabilidad



**Fuente:** Elaboración propia

La rentabilidad económica se erige así en indicador básico para juzgar la eficiencia en la gestión empresarial, pues es precisamente el comportamiento de los activos, con independencia de su financiación, el que determina con carácter general que una empresa sea o no rentable en términos económicos. Además, el no tener en cuenta la forma en que han sido financiados los activos permitirá determinar si una empresa no rentable lo es por problemas en el desarrollo de su actividad económica o por una deficiente política de financiación (Pérez-Carballo Veiga, 1997).

En este trabajo se utilizará el *Return of Asset* (ROA), uno de los indicadores financieros más importantes y empleados actualmente por todas las empresas para establecer su rentabilidad. El mismo consiste en la relación entre el beneficio obtenido en un determinado período y los activos globales de una empresa.

Este enfoque es de tipo económico. Calculamos la rentabilidad económica (RE) utilizando el beneficio económico como medida de beneficios y el Activo Total (o Pasivo Total) como medida de recursos utilizados:

$$RE = BE / AT$$

Donde,

BE = Beneficio Económico

AT = Activo Total

Para este trabajo, el AT es el valor de la planta bajo análisis expresado en unidades monetarias. Dicho valor se puede estimar a partir de datos existentes en la compañía. La particularidad de la planta bajo estudio (única planta flotante en el mundo para la producción de polietileno), hace difícil estimar un valor con precisión. En definitiva, como un bien de la empresa, existe un valor calculado, el cual se usa tanto para mediciones de ratios como el caso que nos ocupa (Rentabilidad), como también para los libros contables de la empresa. Dicho valor ha sido utilizado para calcular la rentabilidad como cociente entre el BE y el AT.

El BE es igual a los ingresos de la empresa *menos* todos los costos *no financieros*. Es decir, para calcular esta medida de beneficios, tomamos los ingresos totales de la empresa y restamos todos los costos excepto los intereses de la deuda y otros costos financieros. Tampoco restamos los impuestos. Por eso, el beneficio económico también se conoce como “beneficio antes de intereses e impuestos”. Otros términos bastante comunes son “beneficio operativo”, “beneficio de explotación” o “beneficio bruto”.

¿Por qué dividimos el beneficio económico por el Activo o Pasivo Total? Para comprender esto, tenemos que tener en cuenta que, si ponemos el beneficio económico en el numerador, deberemos poner en el denominador una medida de recursos utilizados que sea *consistente* con nuestra medida de beneficio. Es decir: tenemos que poner en el denominador aquellos recursos financieros que hemos utilizado para obtener el BE.

¿Cómo sabemos que los recursos financieros que hemos utilizado para obtener el BE son los que corresponden con el Pasivo Total (es decir, todos los recursos financieros)? Lo sabemos porque el BE se va a utilizar para remunerar tanto a los acreedores (que proporcionan la deuda) como a los accionistas (que proporcionan los fondos propios). En efecto, el BE se va

a utilizar para remunerar a los accionistas porque, de ese BE, la empresa va a sacar el dinero que le hace falta para pagar a los acreedores: puesto que al calcular el BE no hemos restado los intereses, y puesto que los intereses son la remuneración de los acreedores, podemos decir que parte del BE (si es positivo, claro) se utilizará para pagar a los acreedores (Pérez-Carballo Veiga, 1997).

Otra forma de analizar la rentabilidad es desde la perspectiva financiera. Decir que una empresa es eficiente es decir que no desperdicia recursos. Cada empresa utiliza recursos financieros para obtener beneficios. Estos recursos son, por un lado, el capital (que aportan los accionistas) y, por otro, la deuda (que aportan los acreedores). Tenemos por ejemplo que una empresa utiliza unos recursos financieros muy elevados pero obtiene unos beneficios pequeños, pensaremos que ha “desperdiciado” recursos financieros: ha utilizado muchos recursos y ha obtenido poco beneficio con ellos. Por el contrario, si una empresa ha utilizado pocos recursos pero ha obtenido unos beneficios relativamente altos, podemos decir que ha “aprovechado bien” sus recursos. Por ejemplo, puede que sea una empresa muy pequeña que, pese a sus pocos recursos, está muy bien gestionada y obtiene beneficios elevados. El beneficio debe dividirse por la cantidad de recursos financieros utilizados, ya que no nos interesa que una inversión genere beneficios muy altos si para ello tenemos que utilizar muchos recursos. Una inversión es tanto mejor cuanto mayores son los beneficios que genera y menores son los recursos que requiere para obtener esos beneficios.

#### **4.4. OPCIONES REALES**

Por último, se aborda la toma de decisiones mediante el Enfoque integrado de Opciones Reales. Cuando son evaluadas decisiones de inversión en el presupuesto de capital de una firma el método empleado es el descuento de flujos de fondos (DCF, *Discounting Cash Flow*). La incertidumbre del proyecto es incorporada a través el empleo de una tasa de riesgo equivalente al activo objeto de la valuación. No obstante el método reconoce sus limitaciones, ya que no captura la flexibilidad estratégica del proyecto (Num, 2004).

Para solucionar el inconveniente del método anterior, se emplea el análisis mediante el enfoque de Opciones Reales. Según Milanesi & Vigier (2010), el enfoque nace como adaptación del modelo de valoración de opciones financieras de Black & Scholes (1973) y Merton (1973) para capturar la flexibilidad estratégica de inversiones en activo reales. El

primer planteo lo desarrolla Myers (1977) a partir de la opción de crecimiento. El análisis de inversiones mediante la teoría de “opciones reales” es un área de mucha investigación e interés por parte de la comunidad científica. Tuvo un desarrollo muy importante durante la década del 1990 y aún hoy sigue siendo una teoría que evoluciona. De acuerdo a la teoría, una opción es el derecho (el derecho pero no la Obligación) a comprar (opción de compra) o a vender (opción de venta) un bien (activo real o financiero) a un precio (precio de ejercicio) en una fecha o dentro de un plazo señalados previamente en un contrato.

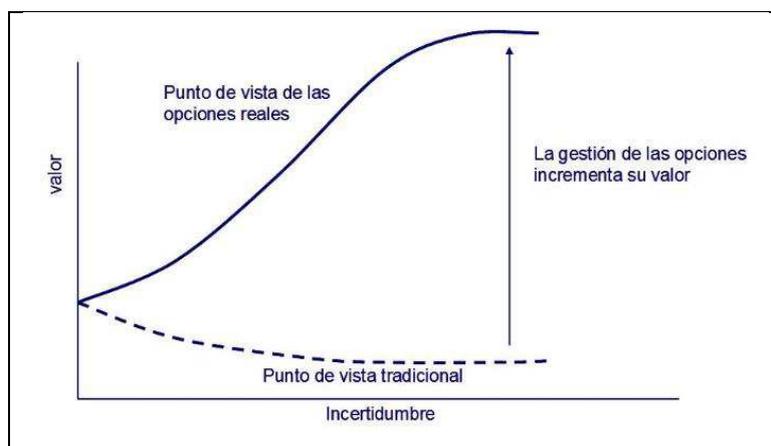
La “teoría de la valoración de opciones” sobre activos es una herramienta que se ha convertido en la planificación estratégica empresarial para la toma de decisiones. Por análisis de opciones reales se entiende el intento de aplicar la metodología de las opciones financieras a la gestión de activos reales, esto es, a la valoración de inversiones productivas o empresariales. Pero ello no es factible o sólo lo es parcialmente, y de ahí que hayan tenido que desarrollarse métodos alternativos. La teoría de las opciones reales es una teoría prometedora (con un desarrollo incipiente) todavía. Todo proyecto de inversión empresarial entraña algún grado de incertidumbre y cierto margen de flexibilidad. Las opciones reales se presentan en planes, proyectos, actuaciones o inversiones empresariales flexibles. Como, por ejemplo, abandonar o vender el proyecto de inversión antes de concluirlo, cambiar su uso o su tecnología o prolongar su vida; la opción de elegir una u otra capacidad de una inversión en planta; la flexibilidad de toda inversión en investigación y desarrollo (I + D) y la elevada incertidumbre que generalizando afecta a este tipo de inversiones; las múltiples opciones de crecimiento que en determinados momentos se le presentan a una empresa, etcétera.

El método más universalmente aceptado para valorar y seleccionar inversiones es el del *cash-flow* descontado o valor actualizado neto (VAN). Después del desarrollo de la nueva metodología de las opciones reales el VAN ha de ser utilizado con mayor precaución. El VAN puede infravalorar un proyecto de inversión al omitir la valoración de ciertas opciones presentes en el mismo. Puede convenir incluso aceptar un proyecto de inversión con VAN negativo cuando esta cantidad es superada por el valor positivo de una opción real implícitamente contenida en dicho indicador (Hernandez, 2002).

La esperanza matemática calculada haciendo uso de las probabilidades (subjetivas o riesgos neutrales), los árboles de decisión en una o más de una etapas (generalmente binomial

o dicotómicas) y las fórmulas de valoración de opciones financieras son herramientas fundamentales de esta nueva metodología o filosofía, una nueva manera de abordar y resolver los problemas de decisión empresarial. Las opciones reales crean valor, tanto mayor cuanto mayor sea la incertidumbre o grado de volatilidad de los flujos de caja esperados como puede verse en el gráfico 6. Así mismo el valor de la opción es tanto mayor cuanto mayor sea su vida remanente. Tanto en las opciones financieras como en las reales su titular está protegido frente a las pérdidas mientras que sus ganancias pueden ser muy elevada.

**Gráfico 6:** Opciones reales: valor versus incertidumbre



**Fuente:** Hernandez (2002)

En lo que atañe a las opciones financieras, el poseedor de una opción, tanto si es de venta como de compra, tiene limitado el riesgo de pérdida al valor pagado por la opción y está protegido frente a las oscilaciones del precio por debajo del precio de ejercicio en el caso de una opción de venta y por encima de dicho precio en el caso de una opción de compra, mientras que sus ganancias pueden ser muy elevadas cuando las oscilaciones del precio son de sentido contrario. De ahí que el valor de una opción sea tanto más elevado cuanto mayor sea la volatilidad del precio del activo subyacente.

En lo que hace al caso de las opciones reales, el que decida no elegirá aquellas ramas que parten de un nudo del árbol de decisión con valor negativo, ni tampoco las incluirá en el cálculo de la esperanza (o las incluye formalmente sustituyendo su valor negativo por el valor cero). La opción se ejerce o la decisión se toma cuando la incertidumbre ha devenido en información. Frente a cualquier alternativa de inversión real que arroja VAN negativo se tiene siempre la alternativa de invertir en el mercado financiero, cuyo VAN es igual a cero, cuando

el mercado financiero es perfecto, como es sabido. Nunca se ejercerá una opción que empeore la situación inicial o de partida; sólo la ejercerá cuando la mejore.

A mayor riesgo mayor es el tipo de descuento a aplicar para calcular el VAN de una inversión real, lo cual reduce su valor o hace incluso que el valor del VAN se vuelva negativo. A mayor riesgo mayor es, sin embargo, el valor de la opción u opciones reales que en su caso pueda contener el proyecto. El ejemplo más simple de opción real es cuando decidimos aceptar un proyecto de inversión porque su VAN es positivo, o lo rechazamos cuando el VAN es negativo.

De acuerdo a Milanesi & Vigier (2010), la resolución analítica de las opciones contenidas en un activo real se instrumenta mediante ecuaciones diferenciales estocásticas (tiempo continuo) o discretamente mediante el uso de árboles o grillas binomiales. Paralelamente el enfoque de opciones reales se complementa con el análisis de decisiones incorporando tópicos como: riesgos de mercado y riesgos privados: inexistencia completa de activos financieros replicantes, el enfoque MAD (*Marketed Asset Disclaimer*) y Opciones Reales y Teoría de Juegos.

## 5. METODOLOGÍA

La investigación se planteó en primera instancia descriptiva, para luego pasar a ser exploratoria. Se abordó bajo el método de estudio de casos, donde la unidad de análisis seleccionada es la planta LLDPE, ubicada en el Polo Petroquímico de la ciudad de Bahía Blanca.

El estudio de casos es un método de investigación que tiene una gran importancia en el desarrollo de las Ciencias Sociales. Siguiendo a Yin (1994), permite responder a interrogantes del tipo: ¿cómo? y ¿por qué? de una situación o asunto determinado, cuando el investigador tiene poco control sobre el fenómeno a estudiar o cuando el objeto de estudio es un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto de la vida real. Su mayor ventaja está en la capacidad de suministrar una aproximación entre la teoría y la práctica (Yin, 1994; Ayuso Moya & Ripoll Feliú, 2005).

Esta metodología se basa en múltiples fuentes de información, y es pertinente para dilucidar aspectos no evidentes entre el fenómeno de interés y su contexto (Yin 2008). Los estudios de caso corresponden al análisis intensivo de particularidades de situaciones y comportamientos en unidades constituidas por un reducido número de individuos, grupos, organizaciones, programas, procesos, o posiciones organizacionales.

Los estudios de caso hacen factible que los investigadores de las ciencias administrativas identifiquen características holísticas y significantes de los eventos de la vida real en la conducción de las organizaciones. El espectro de exploración del estudio de caso es amplio, por ejemplo, se orientan en la descripción y análisis de la toma de decisiones tanto en individuos como en organizaciones, procesos y eventos (Hernandez-Polito, Miller & Hernandez, 2013).

Con el estudio de caso es posible analizar y dar respuestas a los retos que enfrenta la administración de las organizaciones en los contextos actuales de mayor diversidad y competencia interorganizacional. Esta propuesta metodológica tiene ventajas comparativas para analizar y encontrar respuestas, por ejemplo, para los retos en el diseño de estrategias que enfrentan los administradores involucrados en empresas que compiten en el contexto actual de la globalización. Entonces, los estudios de caso son adecuados para el análisis decisional y el mapeo del pensamiento estratégico (Piekkari & Welch 2012; Woodside 2010; Yin 2008).

En la construcción del estudio de caso es importante realizar un registro sistemático de las evidencias obtenidas por el conjunto de procedimientos de colección de la información. Desde la colección de las primeras evidencias se procedió al análisis gradual, en un proceso iterativo colección-análisis simultáneo; este proceso fue sustentado en estrategias de triangulación y el método comparativo constante (Denzin & Lincoln, 2012). Los hallazgos fueron contrastados con un marco teórico inherente con la pregunta y objetivo de investigación.

La colección de información en esta metodología de investigación, se orienta hacia la recolección estructurada de evidencias en campo utilizando múltiples fuentes de información: investigación documental, entrevistando actores, observando interacciones, tomando notas, registrando situaciones, comparando procesos, comportamientos, consecuencias y resultados. De manera simultánea, con la colección de información realizamos el proceso de análisis,

gradual, continuo, a través de todo el período asignado para la investigación. Este proceso de combinar múltiples fuentes de información ha sido ampliamente utilizado en este trabajo. La información colectada a través de entrevistas a distintas personas de la organización, documentación y datos históricos de distintos procesos y la triangulación de datos propios con fuentes de información externa, han contribuido de manera significativa para desarrollar el presente trabajo. Particularmente se entrevistaron a personas del equipo de Producción, quienes proveyeron información y datos acerca de la producción de la planta y los motivos de pérdida de producción. Roles como el de Ingeniero de planta resultó clave en el análisis de las causas que llevaron a reducir la producción por eventos no planeados. Otros miembros entrevistados pertenecen a la organización de mantenimiento, como el Ingeniero de Mantenimiento y el Coordinador de trabajos. Ambos roles suministraron información sobre costos de los trabajos, *performance* de los equipos de planta y estrategia de paradas de planta programadas, las cuales tienen un impacto significativo en la producción anual, principalmente en la duración de las mismas. Por último se entrevistaron roles del departamento de planificación de la producción, quienes administran tanto el destino de la producción hacia los clientes como también la materia prima para la producción de polietileno. Estos roles facilitaron la información sobre históricos de disponibilidad de materia prima, variable fundamental para el presente análisis. En todos los casos, las entrevistas se desarrollaron en reuniones individuales y grupales, con una agenda preestablecida de información y datos a revisar. La información provista en forma de opinión se colectó mediante la toma de notas y registros en papel. Las entrevistas tuvieron una duración promedio de 45 minutos.

Los datos obtenidos, tanto de las fuentes primarias como de las secundarias, se han analizado en conjunto y entrecruzado para validar los mismos a través de distintas fuentes de información. Esta validez tiene mucha importancia ya que el presente trabajo es un “estudio de caso”, por lo tanto resulta muy importante poder triangular la información y datos colectados para asegurar su validez y los análisis y conclusiones que se obtienen a partir de los mismos.

La primera fase del trabajo describe y analiza todos los factores propios de la planta bajo estudio en relación a la pérdida de producción por falta de materia prima, como así también todos los costos, fijos y variables, relacionados a la operación. Las etapas que abarca esta primera parte son:

- 1- Descripción de la cadena de valor donde se encuentra la planta LLDPE, esto incluye las actividades *upstream* como también las *downstream*. Se indicarán las distintas compañías que son parte de estos procesos, siendo Dow solo un eslabón del proceso de transformación del gas natural como materia prima y productos hechos con polietileno como eslabón final para el consumo diario.
- 2- Caracterización de los procesos dentro de la compañía Dow, indicando la materia prima que recibe, y cómo ésta se va transformado mediante reacciones químicas en sus plantas para obtener el producto final. Se exponen también algunas características de Dow Argentina, como filial de *The Dow Chemical Company (TDCC)*.
- 3- Después se describen los distintos subprocesos que forman parte de la planta, a los efectos de tener una mejor comprensión de la tecnología *Gas Phase*, indicando cuales son los *inputs* y *outputs* que cada uno de ellos requiere para en su normal funcionamiento, dado que son determinantes de los costos y de la rentabilidad.
- 4- Estudio de los distintos niveles de producción de la planta, tanto el teórico máximo, como el planeado y por último el real. El período comprendido es 2011-2016. Se analizan los distintos factores que afectan a la producción cada año, procurando identificar cuáles están presentes, considerándolos factores restrictivos a la capacidad máxima de producción. Ya sea por razones tecnológicas o de diseño, existen factores que no pueden ser eliminados, generando un menor volumen de producción.
- 5- Sobre los factores descriptos en la etapa anterior, se indaga cuáles de ellos son factores internos en la operación de la planta y cuáles son externos. Una vez identificados, se describen cada uno de ellos con el propósito de clarificar aquellos que pueden ser abordados por la organización local para una solución definitiva y los factores externos, que no están bajo el círculo de influencia de la planta bajo estudio.
- 6- Identificación de costos fijos y variables asociados con la operación de la planta en condiciones normales de abastecimiento de etileno. Se estudian también todos los costos controlables, mostrando para cada uno de ellos un porcentaje de variabilidad propio de la gestión de control de costos.
- 7- Cuantificación de los productos finales de la planta bajo estudio y sus volúmenes asociados en el período 2011-2016, determinando para cada uno de ellos los costos asociados como también los precios de venta estimados.

- 8- Como último punto en esta primera etapa, y a partir del punto anterior, se hará un análisis de rentabilidad de la planta, de modo de reflejar el impacto que resulta de una disminución del volumen de producción por la falta de materia prima.

La segunda etapa de este trabajo de tipo exploratorio consiste en analizar diferentes opciones factibles mediante la técnica de árbol de decisión, para reducir, total o parcialmente, la falta de materia prima y por consiguiente, la pérdida en la rentabilidad de la empresa. Los pasos que comprenden esta etapa son:

- 1- Descripción de las tres alternativas consideradas en este trabajo. A saber:

- Analizar como primera alternativa la importación de etileno para suplir la falta de gas natural. Se describirá este proceso como también, en base a experiencias anteriores, se evaluará cómo afecta la rentabilidad de la planta. Se indicarán las ventajas y desventajas de esta alternativa desde el punto de vista económico y estratégico.

- Una segunda alternativa a analizar es la de suplir el faltante de materia prima, etano, con otro componente del gas natural, propano en la fase de “*cracker*”. Esto, si bien es una solución parcial al problema descrito, resulta una alternativa válida a tener en cuenta en el presente estudio.

- Analizar la alternativa de importar el producto final, polietileno, para que el volumen despachado a los clientes no se vea mermado. Se indicarán las ventajas y desventajas de esta alternativa desde el punto de vista económico y estratégico.

Dichas alternativas se analizaron mediante tres enfoques. El primero fue de tipo cualitativo y consistió en analizar dichas opciones con variables estratégicas como parte de la solución del problema. Este análisis se desarrolló siguiendo el método Delphi. Dicha metodología permite la interacción de un grupo de expertos en un tema, que se acercan a un consenso mediante el análisis y la reflexión de un problema determinado. El proceso se desarrolla a través de la consulta reiterada. Es una técnica de carácter cualitativo y es recomendable cuando no se dispone de información suficiente para la toma de decisiones o es necesario, obtener opiniones consensuadas y representativas de un conjunto de individuos o expertos en un área. Con el fin de obtener la opinión de consenso más fiable del grupo

consultado, éstos expertos son sometidos individualmente a una serie de cuestionarios en profundidad que se intercalan con retroalimentación de lo expresado por el grupo y que, partiendo de una exploración abierta, tras las sucesivas devoluciones, producen una opinión que representa al grupo. Es, por otro lado, una técnica muy versátil, ya que hace uso de la información que proviene tanto de la experiencia como de los conocimientos de los participantes de un grupo.

Cabero & Infante (2014) indican que el método es uno de los más utilizados en los últimos tiempos para investigar situaciones y problemáticas tales como identificación de tópicos a investigar, especificar las preguntas de investigación, identificar una perspectiva teórica para la fundamentación de la investigación, seleccionar las variables de interés, identificar las relaciones causales entre factores, elaborar los instrumentos de análisis o recogida de información entre otros. Es, por tanto, de verdadera utilidad para los investigadores de ciencias sociales en general, y los de educación y comunicación en particular.

En el caso de estudio, dicho análisis se llevó adelante en un equipo multidisciplinario entre varias funciones de la compañía, donde distintos miembros aportaron datos y opiniones objetivas basados en su área de conocimiento.

Se puede entender su utilidad frente a situaciones de incertidumbre o cuando se carece de información objetiva (Reguant-Álvarez, M. & Torrado-Fonseca, M., 2016) Se trata de circunstancias en las que es apropiado utilizar el juicio experto, que con esta técnica aumenta su fiabilidad, ya que supera los sesgos y limitaciones de un solo individuo y permite basarse en el juicio intersubjetivo. Otro aspecto que cabe destacar es el hecho de que las devoluciones o *feedbacks* controlados permiten la reflexión de los participantes y con ello una mayor comprensión a partir de diferentes perspectivas, que además, en algunas situaciones en las que se desea un análisis participativo, resultan muy eficientes para la construcción de significados y acuerdos.

La interacción de toda esta información y datos, luego de un análisis y contraposición de los mismos, permitió arribar a un consenso final, el cual es validado por todos los miembros. Dicha metodología, en forma teórica, se define como el “método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos,

como un todo, tratar un problema complejo” (Landeta, 2002). Lo que se persigue con esta técnica es obtener el grado de consenso o acuerdo de los especialistas sobre el problema planteado, utilizando los resultados de investigaciones anteriores, en lugar de dejar la decisión a un solo profesional. Se destacan tres de sus premisas básicas:

- En las disciplinas no exactas, en situaciones de incertidumbre o cuando se carece de información objetiva es apropiado utilizar como recurso el juicio subjetivo de expertos.
- El juicio subjetivo de un solo experto está sujeto a numerosos sesgos e imperfecciones, y al limitarse al conocimiento y experiencia de una persona suele resultar una estimación imprecisa.
- La calidad del juicio subjetivo grupal, generalmente es mejor a la de un individuo debido a la mayor información que dispone un grupo.

Por último se puede mencionar que a partir del procedimiento original, se han desarrollado otras aproximaciones. De este modo, la mini-Delphi propone una aplicación en tiempo real del método: los expertos se reúnen en un lugar y debaten cada cuestión antes de responder. Últimamente, la utilización de nuevos modos de interacción entre expertos, como el correo electrónico, tienden a desarrollarse y a convertir el procedimiento en más flexible y rápido. En lo que respecta al presente trabajo, la siguiente tabla describe los expertos de las distintas áreas que participaron de la metodología descrita en los párrafos anteriores.

**Tabla 1:** Método Delphi: Miembros equipo multidisciplinario

<b>Sector Empresa</b>	<b>Puesto</b>	<b>Años de experiencia</b>	<b>Área de conocimiento</b>
Producción	Gerente	15	Niveles de producción previsto y real.
Producción	Coordinador de Producción	7	Impacto calidad etileno importado. Flexibilidad proceso productivo.
Logística	Gerente	6	Facilidades logísticas.
Logística	Planificador de la producción	8	Coordinación y factibilidad de productos importados
Logística	Responsable proceso aduanero	3	Proceso para importación.
Ingeniería	Analista de costos proyectos	9	Costos asociados a proyecto. Factibilidad económica.

Ingeniería	Ingeniero de proyectos	4	Factibilidad técnica.
Comercial	Gerente de ventas	10	Demanda mercado
Comercial	Director de Producto regional	7	Disponibilidad producto PE en otras plantas.
Contaduría	Supervisor	9	Análisis financiero.

**Fuente:** Elaboración propia

- 2- En segundo lugar, se hizo un análisis de rentabilidad basado en el beneficio obtenido con respecto al activo (ROA) para poder dar mayor precisión a cada una de las opciones.
  
- 3- Por último, se utilizó un Enfoque integrado de Opciones Reales (Smith & Nau, 1995) para evaluar la flexibilidad estratégica, impacto en el valor del proceso, los riesgos de mercado y riesgos privados (riesgos propios carentes de precios de mercado y no replicables con carteras de activos financieros gemelos). A la luz de las fuentes de incertidumbre se supuso una función de elección (toma de decisiones) del agente para la ponderación de aquellos riesgos privados, producto del carácter incompleto del mercado para la valuación económica del proceso y sus alternativas. Si bien la decisión de aprovisionamiento de gas se puede interpretar de índole táctica, el enfoque de opciones reales permite trabajar con probabilidades neutrales al riesgo, asignando el riesgo en los flujos y prescindiendo de estimar una tasa ajustada por riesgo para la estrategia.

Trabajar con árboles requiere definir una tasa ajustada por riesgo. Claramente, la estimación de la tasa ajustada por riesgo para las alternativas estudiadas es imposible de estimar en mercado incompletos. Es decir, no existen precios de mercado reflejados en activos financieros tranzados en un mercado de capitales que estime el riesgo apropiado para cada estrategia. Las opciones usan una tasa libre de riesgo, asignando este en los flujos. En el caso de que el mercado no sea completo, se adoptan enfoques para estimar la volatilidad (insumo madre los parámetros en el modelo binomial y de BS) a partir de técnicas alternativa como el enfoque MAD (marketed asset disclaimer). Este enfoque supone que el VAN sin alternativa es el precio al cual se negociaría el proyecto en condiciones normales, y aplica simulación monte carlo para inferir la volatilidad. El sigma se estima del cociente entre  $\log(VAN1/VAN0)-1=z$ , o la volatilidad la tasa de rendimiento implícita entre el van hoy y el van dentro de un año.

Para finalizar esta etapa exploratoria, se presenta un análisis integral de las metodologías para identificar la solución más conveniente, la cual validará o no la hipótesis descripta.

Con respecto al relevamiento de datos, las técnicas de recolección utilizadas en el presente estudio se pueden agrupar en fuentes primarias y fuentes secundarias. Las primeras son aquellas que se obtienen en el lugar de origen del estudio y se la puede definir como una fuente directa de datos. Aquí encontramos la observación directa en primer lugar, la cual es una técnica objetiva de recolección. Una de las ventajas de este tipo de técnica es que al no haber intermediarios, se evitan distorsiones de datos. Otro tipo de técnica primaria es la revisión de documentos que se utilizan en la organización bajo estudio. Aquí encontramos procedimientos operativos, políticas de calidad, planilla de gestión de costos, planillas de gestión de producción, etc. Por último, las entrevistas, a través de preguntas estructuras y no estructuradas, sirven para coleccionar datos e información de las personas intervinientes en la organización.

Como fuentes secundarias de recolección de datos, se puede mencionar, entre otros, informes del Instituto Petroquímico Argentino (IPA), Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (IAPG), Instituto Argentino de la Energía (IAE), Ministerio de Economía de la Nación y Centro de estudios para la producción (CEP), el cual forma parte del Ministerio de Industria de la Nación. La información estadística elaborada por cada uno de estos organismos se ha utilizado en el presente trabajo.

Por último se describe la estructura sobre la cual se ha desarrollado el trabajo. El mismo comienza como hemos visto a lo largo del presente capítulo, con una descripción de la problemática y las hipótesis que el trabajo analiza para la solución de la misma. Se enfatiza la importancia del problema que aborda este trabajo para el balance energético del país y la industria petroquímica en particular. El capítulo continúa con el marco teórico de las áreas de conocimientos que se contemplan en el trabajo.

El capítulo II describe con detalle la cadena de valor sobre la que está la empresa y proceso bajo estudio. Comienza con el proceso *upstream*, el cual consiste en la extracción y

transporte del gas natural. El siguiente paso de esta cadena de valor es la separación del etano para la producción de polietileno. A continuación se analiza el eslabón central, que está definido por la producción de etileno a partir del etano y la producción de polietileno a partir del etileno. Ambos procesos son llevados a cabo por la empresa bajo estudio y el presente trabajo se centra en la producción de polietileno y la logística para la distribución a los clientes. Como eslabón final de la cadena de valor, se describen los tipos de clientes y destinos finales del polietileno, el proceso logístico para que el polietileno, como producto final, llegue a los clientes.

El capítulo III describe los problemas de abastecimiento de gas natural que ha sufrido el país en general y la industria petroquímica en particular, ya que tiene el gas como materia prima. Se aborda la historia de cómo esta problemática se ha desarrollado y se mencionan también las posibles soluciones. En este punto se analiza el caso de Estados Unidos con el *shale gas* y se plantea que si nuestro país recorriera la misma curva de desarrollo de este tipo de recurso, transcurrirían varios años hasta que esté disponible para la producción de polietileno.

El capítulo IV describe el sistema contable de la compañía y analiza con detalle los costos de la cadena de valor, comenzado por la producción de etileno, luego polietileno y por último la logística final hacia los clientes. Para cada una de estas etapas de la cadena, se describen con detalle los costos variables y fijos operativos y de estructura. Por último, lleva adelante el análisis de las tres alternativas propuestas con tres enfoques: un método cualitativo, uno de rentabilidad y por último un análisis por opciones reales.

Por último se describen las conclusiones finales, se valida la hipótesis en base al análisis realizado en el capítulo anterior y se plantea futuras líneas de trabajo. Este capítulo también menciona las limitaciones de este trabajo.

Cabe aclarar que a los efectos de respetar las políticas internas de la empresa y la confidencialidad de las decisiones estratégicas de la compañía en la última década, como también aquellas del presente y futuro de mediano plazo, y para proteger la información referida a variables de rentabilidad y costos, se hace la importante salvedad que tanto las cantidades utilizadas para el estudio (producción de polietileno, impacto en las pérdidas por falta de materia prima, etc.), como también las distintas variables de costos, no son

estrictamente reales, hecho que no afecta al objetivo de esta tesis ni a las conclusiones arribadas en la misma, que es la evaluación de opciones para solucionar el problema que se plantea a continuación.

## CAPÍTULO II

### PRODUCCIÓN DE POLIETILENO EN EL COMPLEJO DE DOW BAHIA BLANCA

#### 1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DE VALOR

##### 1.1 Actividades del *upstream* y sus vínculos con el complejo industrial bajo estudio

El gas natural es un hidrocarburo no renovable, de origen fósil, que se encuentra normalmente en el subsuelo continental o marino. Se formó hace millones de años cuando un conjunto de organismos descompuestos como animales y plantas, quedaron sepultados bajo arena en lo más profundo de antiguos lagos y océanos.

El gas natural se puede encontrar en forma "asociado", cuando en el yacimiento aparece acompañado de petróleo, o gas natural "no asociado" cuando está acompañado únicamente por pequeñas cantidades de otros hidrocarburos o gases. La composición del gas natural incluye diversos hidrocarburos gaseosos, con predominio del metano, por sobre el 90%, y en proporciones menores etano, propano, butano, pentano y pequeñas proporciones de gases inertes como dióxido de carbono y nitrógeno. Para el presente estudio, el componente etano es el más significativo, ya que es la materia prima para el etileno.

Como hidrocarburo, su principal utilidad es la de generar energía eléctrica mediante la utilización de turbinas en centrales termoeléctricas. Como dijimos, una segunda utilidad del gas natural, más precisamente del componente etano, es la producción de polietileno. Esto le confiere un agregado de valor muy alto al gas como materia prima. El polietileno, conocido también como plástico, se utiliza para infinidad de aplicaciones domésticas, industriales, servicios como hospitales, etc.

Cabe aclarar que el término "plástico" o resina termoplástica, refiere no solamente a estructuras de polietileno (PE), sino también a los cinco materiales:

Policloruro de vinilo (PVC)

Polipropileno (PP)

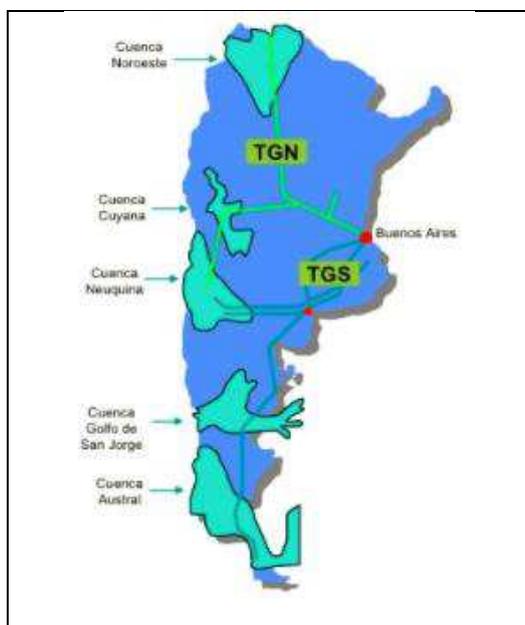
Poliestireno (PS)

Poliestireno expandido (EPS)

Politereftalato de etileno (PET)

La producción de gas natural en nuestro país se agrupa en cinco áreas o cuencas, a saber: Noroeste, Cuyana, Neuquina, Golfo San Jorge y Austral. Las dos primeras, producen un 16,7% del total (Noroeste: 16,3% y Cuyana 0,3%). Las tres restantes, son las responsables del 83,3% restante. La cuenca neuquina es la más importante del país, con un 41,6% de la producción total del país. La cuenca del golfo San Jorge produce un 11,7%, mientras que la zona Austral es la responsable del 30,1% restante. En el siguiente gráfico puede verse la ubicación de cada una de ellas.

**Gráfico 7:** Cuencas productoras de gas en Argentina



**Fuente:** Instituto Petroquímico Argentino (2015)

Cada una de estas zonas están vinculadas, directa o indirectamente, con el mayor centro de consumo del país, la ciudad autónoma de Buenos Aires y el conurbano bonaerense, donde vive casi un tercio de la población del país y se encuentran radicadas una vasta cantidad de industrias que requieren del gas, como fuente de energía para sus procesos, como por ejemplo la operación de hornos y calderas.

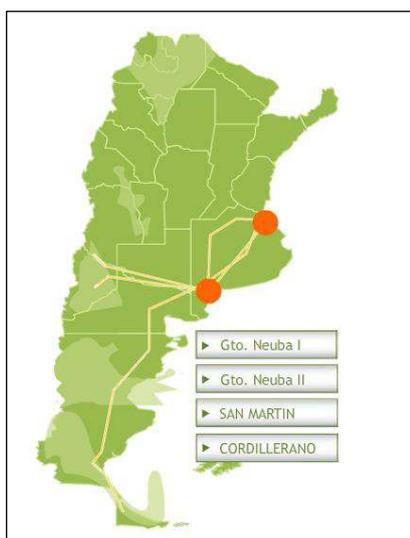
El transporte del gas natural, en estado gaseoso, se hace mediante cañerías subterráneas, las cuales van desde su punto de origen, los yacimientos en las zonas antes mencionadas, hacia los puntos de consumo. Estas cañerías forman lo que se conoce como gasoducto. Como el gas, a medida que va avanzando de un punto a otro, pierde presión, cada gasoducto dispone de

plantas compresoras que utilizan compresores para entregarle una presión al gas lo suficientemente alta para que fluya por diferencia de presión entre un punto y otro.

Argentina dispone de una red de gasoductos estratégicamente vinculados entre sí, y como dijimos, todos de alguna manera tienen destino final el centro político, económico y de mayor densidad poblacional del país.

Como se pudo observar en el gráfico anterior, TGS (Transportadora de Gas del Sur) es la encargada o concesionaria del transporte del gas desde las cuencas Neuquina, San Jorge y Austral. TGS es la mayor transportadora de gas de América Latina. Sus gasoductos, de 9.133 km de extensión en total, conectan las cuencas antes mencionadas con los puntos de mayor consumo, teniendo como destino final el área metropolitana de Buenos Aires, que incluye la ciudad autónoma de Buenos Aires y el conurbano bonaerense. El gasoducto que une las cuencas Austral y Golfo San Jorge con Buenos Aires se llama San Martín. Comienza en la isla de Tierra del Fuego, recibe gas de dos gasoductos secundarios en la zona de Comodoro Rivadavia y luego con dirección norte pasa por la zona de Bahía Blanca, para dirigirse a su destino final. La cuenca neuquina se vincula con Buenos Aires con dos gasoductos, Neuba 1 y Neuba 2. Al igual que el gasoducto San Martín, estas dos líneas de transporte de gas pasan por la zona de Bahía Blanca en su camino a Buenos Aires. En el siguiente gráfico se puede observar los gasoductos gestionados por la empresa TGS.

**Gráfico 8:** Gasoductos bajo operación de TGS



**Fuente:** Transportadora de Gas del Sur (2014)

No describiremos los detalles del gasoducto Cordillerano, el cual conecta los pozos productivos con el Neuba 1, todo dentro de la cuenca Neuquina.

Habiendo descripto los gasoductos de las cuencas del centro y sur del país, vemos aquí una característica única y distintiva del área de Bahía Blanca. Por dicha zona pasa casi el 85% del gas que se produce en el país. Esta característica fue una de las razones más importantes a la hora de desarrollar un polo petroquímico en la ciudad de Bahía Blanca, para transformar y agregar valor a uno de los componentes del gas natural, el etano, en polietileno.

Otras razón que fundamenta la ubicación de un polo petroquímico en nuestra ciudad, es la de disponer de un puerto de aguas profundas. Esto hace posible el ingreso de buques de gran calado que transportan GNL y materias primas desde otros países hacia el nuestro. Con respecto al GNL, Argentina ha pasado a ser un país importador debido al saldo negativo entre la oferta y la demanda de gas. Este gas natural, que se trae en fase líquida en barcos, es re-gasificado en un barco destinado para tal fin e inyectado al sistema de gasoductos que pasan por Bahía Blanca hacia el centro del país.

Definida claramente la posición estratégica de Bahía Blanca con respecto a la disponibilidad del gas natural, resulta claro la razón de tener en nuestra área dos plantas de proceso continuo que tienen como objetivo separar uno o más componentes del gas natural.

La primera planta corresponde a la empresa TGS, ubicada en la localidad de General Daniel Cerri. Dicha planta, construida a principios de los años 80, separa el etano de la corriente de gas natural y suministra dicha materia prima al *Cracker* 1 de la empresa Dow Química. Dicha planta, conocida con el nombre de Petroquímica Bahía Blanca (PBB), construida en la misma época, fue una empresa estatal hasta su privatización en el año 1995.

Como consecuencia de su ubicación estratégica dentro del sistema de transporte de gas natural de la Argentina, la planta de TGS puede procesar los gases provenientes de las cuencas Neuquina, Golfo de San Jorge y Austral. Esto le otorga gran versatilidad en cuanto a la disponibilidad de gas natural, y a la posibilidad de seleccionar los gases que procesa de acuerdo a su calidad (contenido de líquidos).

Mediante tres trenes criogénicos y dos de absorción, TGS separa dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), etano, propano, butano y gasolina natural. Los productos obtenidos pueden ser propiedad de la empresa o de terceros que contratan el servicio de procesamiento o el servicio de procesamiento y comercialización. Esta fraccionadora le suministra el 40% de etano al complejo de Dow en Bahía Blanca. Como se mencionó, la mayoría se utiliza para alimentar el *Cracker 1*. En valores de producción, esto significa unas 250.000 toneladas de etano por año.

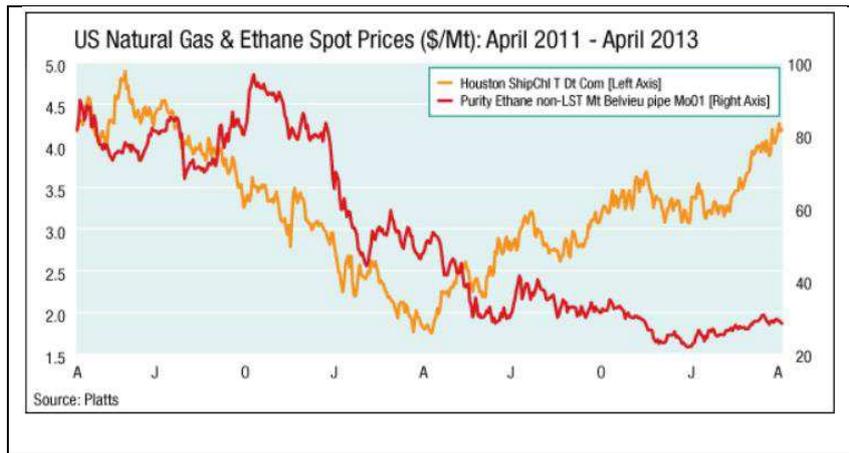
La segunda empresa que separa el etano del gas natural es Mega, un *Joint Venture* entre YPF, Dow Química y Petrobras. Las instalaciones industriales de Mega se encuentran ubicadas en Loma La Lata, en la provincia de Neuquén y en la zona llamada Cangrejales, en la ciudad de Bahía Blanca. Ambas plantas se encuentran a su vez unidas por un poliducto de 600 km de longitud. La Planta en Bahía Blanca se encuentra ubicada dentro de la jurisdicción del Puerto local. Los líquidos recuperados del gas natural se los fracciona en etano (fase gaseosa) y propano, butano y gasolina (fase líquida).

El etano es enviado por un etanoducto directamente desde la fraccionadora Mega a la planta de Dow Argentina ubicada en el Polo Petroquímico. Dicha materia prima alimenta al *Cracker 2*, construido a principios del año 2000, representando el restante 60% de etano necesario, es decir, unas 450.000 Toneladas.

Por ser un *commodity*, el precio del etano proveniente tanto de TGS como de MEGA sigue la tendencia de mercado global. Existen precios de referencia para distintos escenarios y ubicaciones geográficas. A los efectos del presente análisis, se tomará el valor de Mont Belvieu (MB) para la fijación del precio de etano, expresado en U\$S / MMBTU (dólar estadounidense y millones de BTU –unidad de energía-). El mercado de Gas de MB es la referencia internacional de los Estados Unidos hacia el resto del mundo, conocida como *United States Gulf Coast* (USGC). MB tiene una dinámica de precios muy importante que es influenciada por diversos elementos tales como:

- Fundamentales de la oferta y demanda (precios del crudo, eventos mundiales, etc.);
- Estacionalidad verano – invierno de la demanda, y
- Consumo final por región ya sea como combustible o para usos en la petroquímica.

**Gráfico 9:** Costo etano y gas natural precio Mont Belvieu

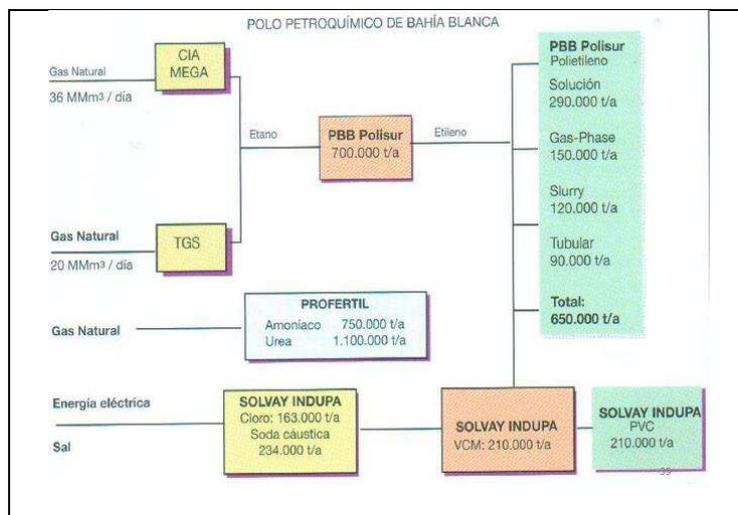


**Fuente:** Consultora Platts, Estados Unidos (2013)

Se puede observar con claridad en el gráfico 9, que el precio del etano ha sufrido a nivel global una reducción considerable. Esto se debe al *boom* que comenzó hace aproximadamente 10 años en el sur de Estados Unidos con la producción masiva del *shale gas*. Este incremento exponencial de hidrocarburos ha impactado la demanda por lo que los precios mostraron una tendencia a la baja, revirtiendo una tendencia positiva de varios años.

El siguiente gráfico resume lo expresado en las páginas anteriores, donde se ve la cadena de valor integrada, que comienza con el gas natural y termina con el polietileno como producto final y de consumo masivo. El gráfico incluye también el resto de las compañías que conforman el complejo petroquímico en Bahía Blanca.

**Gráfico 10:** Cadena de valor Polo Petroquímico Bahía Blanca



**Fuente:** Instituto Petroquímico Argentino (2015)

En relación al precio MB, tanto del etano como del etileno, se tienen en cuenta distintos factores que tienen un impacto directo en el contrato. Si existe conocimiento con anticipación de la demanda de etileno a importar, se establecen contratos a futuros, con precios fijados por un mercado de *commodities*, el cual considera el *forecast* de demanda versus oferta. Estos precios pautan un volumen preciso y fecha de entrega. Existe también el precio *spot*, el cual se fija por única vez entre comprador y vendedor por una cantidad y fecha determinada. En general el precio *spot* se pacta cuando un comprador sale al mercado en forma urgente para la compra de un hidrocarburo y el precio final que termina pagando es, en la mayoría de los casos, mayor. En otras palabras, el mercado *spot* es aquel donde compradores y vendedores pactan un precio para la entrega y pago inmediato de un activo. El otro tipo de mercado para comercializar y fijar precios para un *commodity* como el etileno es el mercado a futuro. En éste, el precio es afectado por el concepto financiero del valor económico con respecto al tiempo. Dependiendo de los tiempos de transacción, se fijarán contratos para el precio, tiempo de entrega y forma de pago. Por lo tanto, la diferencia entre el mercado *spot* y el futuro es, no solamente el precio, sino también la fecha de entrega.

## **1.2. Actividades del *downstream* y sus vínculos con el complejo industrial**

El plástico o polietileno se ha convertido en las últimas décadas en un material presente en bienes de lo más variados. Su consumo a nivel mundial se ha incrementado notablemente y Argentina no es la excepción. Esta masificación del consumo y la diversificación de sus usos otorgan dinamismo al sector, no solo en términos de nivel de actividad sino también en las características que adopta. Es un sector que provee a diferentes industrias: produce los envases y embalajes para alimentos y bebidas, diversos materiales de construcción, piezas y partes para la industria automotriz y la industria eléctrica y electrónica, así como también bienes de uso final para las familias.

### **1.2.1. La industria del Plástico a Nivel Mundial**

Como se mencionó en el primer capítulo, el polietileno es uno de los seis grandes materiales a los cuales se los denomina resina termoplástica o plástico. Vimos que más allá del PE, tenemos el PVC, PP, PS, EPS y PET. A nivel global, los mercados están claramente divididos en estos seis materiales. Existen muchas aplicaciones finales donde unos compiten con otros para diferenciarse como la materia prima para su fabricación. El PE es la resina con

mayor presencia en el mercado, con un 40% del mismo. Luego están el PP con un 23%, el PVC con un 19%, el PS con un 9%, el PET con un 5% y el EPS con un 4%.

El sector del plástico y sus manufacturas resulta ser uno de los sectores más competitivos en el mundo actual, particularmente con la emergencia de nuevos grandes jugadores como China e India hacia los cuales se está desplazando la producción (e incluso últimamente el diseño) desde los países desarrollados.

La globalización de sus actividades, tanto para fabricantes de polietileno como para los transformadores de la industria plástica, representa una prioridad. Los consumidores finales con representación global quieren proveedores que estén presentes en el mundo entero y que, por tanto, estén en condiciones de proveer el mismo producto con el mismo estándar de calidad en cualquier lugar. En este aspecto, Dow tiene una ventaja competitiva con respecto a sus competidores.

Para conservar su competitividad, los fabricantes de plástico siguen reaccionando con enormes esfuerzos en dirección a la racionalización, reconfiguración de vías de distribución, reestructuraciones, fusiones y adquisiciones. Para alcanzar estándares unificados de calidad de producto y, al mismo tiempo, producir de manera competitiva, los fabricantes intentan alcanzar una óptima condición de costos utilizando tecnología de procesos ultramoderna en instalaciones grandes y de escala mundial. Los tamaños estándares para plantas de polietileno, independientemente de la tecnología, variaba entre 100.000 y 200.000 toneladas. En la última década, varios fabricantes han construido plantas de 600.000 toneladas. Esto se ha dado gracias al gran avance que tuvieron los procesos de fabricación, como también equipos de mayores potencias, muchos de ellos construidos con aleaciones especiales.

Ahora bien, para poder vender las altísimas capacidades de producción de las instalaciones de escala mundial es necesario conservar una porción proporcional del mercado general. En consecuencia: la concentración en unos pocos fabricantes de plástico se sigue incrementando no sólo en Europa, sino también en todo el mundo.

Desde la década de 1980, la industria de la fabricación del plástico transita un proceso de concentración. Pasado el umbral del nuevo siglo se produjo la consolidación con la

participación de casi todos los actores importantes del mercado, en parte con una dinámica donde pequeñas empresas fueron absorbidas por las multinacionales. Estas empresas han estandarizado sus productos a nivel global, lo que les permite entregar un producto con iguales especificaciones (transparente para el cliente) producido en cualquiera de sus plantas. Esta, como veremos en la alternativa de reemplazar la falta de etileno por producto final (PE), es una ventaja competitiva de Dow.

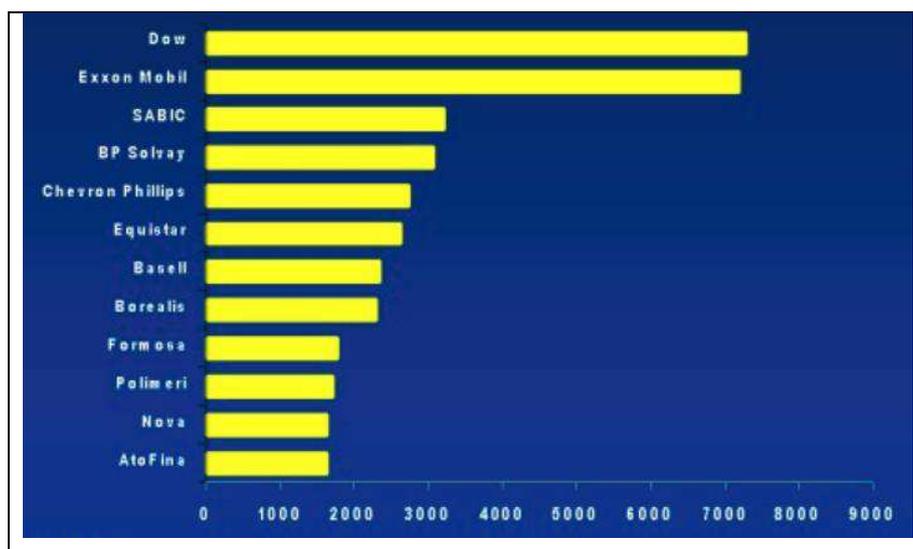
En el gráfico 11 podemos ver los principales fabricantes de polietileno a nivel mundial. Un 40% del total está representado por solo dos empresas multinacionales de Estados Unidos: Dow y Exxon. Una diferencia importante entre ambas es que en el caso de la segunda, su principal negocio es la producción y comercialización de petróleo y gas. Esto le confiere una ventaja competitiva con respecto a Dow, ya que ésta no está presente en esta parte inicial de la cadena de valor, lo que hace que sea dependiente de terceros para obtener su materia prima.

Luego se ubican dos empresas, Sabic y Solvay con un 8% cada una. La primera es de origen Saudi, mientras que la segunda es de origen belga. Al igual que el caso anterior, Sabic es una empresa que comienza en la extracción de los hidrocarburos, por lo que tiene una ventaja con respecto a la disponibilidad y costo de su materia prima para producir polietileno. Luego continúan dos empresas multinacionales de Estados Unidos: Chevron y Equistar con un 7% cada una.

Dow, posee complejos de manufactura en todas las regiones a nivel global, lo que representa una gran ventaja competitiva con respecto a sus seguidores. Más allá del complejo de escala global que Dow posee en Bahía Blanca, existen similares en Estados Unidos, Canadá, Alemania, España, Holanda y Tailandia. En todos los casos, existe una integración completa entre la producción de etileno y la de polietileno.

Esta integración es vital para la competitividad, no solo en términos de costos, sino también en términos de compartir el conocimiento entre los distintos complejos. La base de conocimiento se va incrementando a partir de compartir experiencias en cada complejo. Estos conocimientos son finalmente plasmados en estándares que son conocidos con “tecnologías más efectivas”.

**Gráfico 11:** Productores globales de Polietileno, en millones de libras.



**Fuente:** Consultora IHS (2015)

Con respecto a la demanda global, la tabla 2 muestra la evolución por región. Notar que el gráfico anterior está expresado en millones de libras, mientras que en la siguiente tabla, en miles de toneladas. La tabla indica que el crecimiento de la demanda para el período total considerado (2008 – 2018) ha sido y será de un 4%. Este crecimiento global de la demanda es superior a los porcentajes que indican organismos multinacionales con respecto al Producto Bruto Interno (PBI) global. La región de Asia/Pacífico, representada principalmente por China e India, continuará siendo la región con mayor crecimiento, debido al crecimiento económico que están logrando estos dos países con poblaciones mayores a los mil millones de habitantes. Resulta claro que una mejora en estos mercados tiene un impacto a nivel global. Por ejemplo, solo China representó un 25% del crecimiento en el período 2008-2013. Notar que la demanda total se aproximará en el 2018 a las 100.000.000 de toneladas, lo cual representa un valor de mercado de unos 164 billones de dólares.

**Tabla 2:** Demanda de polietileno global 2008 – 2018. En miles de Toneladas

	2008	2013	2018	2008-2013	2013-2018
Polyethylene demand	67,430	81,785	99,600	3.9	4.0
North America	15,295	16,025	18,130	0.9	2.5
Western Europe	13,885	12,900	13,780	-1.5	1.3
Asia/Pacific	24,730	36,575	47,530	8.1	5.4
other	13,520	16,285	20,160	3.8	4.4

**Fuente:** Consultora IHS (2014)

El polietileno continuará siendo la resina plástica más usada a nivel mundial, beneficiado por su versatilidad, procesamiento, bajo costo y posibilidad de reciclarse. El desarrollo de nuevas fuentes de materia prima, como por ejemplo el *shale gas* en la costa golfo de Estados Unidos, continuará dándole al PE una ventaja competitiva con respecto a las otras resinas. Las grandes compañías, como las indicadas en el gráfico 11, continuarán invirtiendo en I +D de nuevos catalizadores, para mejorar las propiedades del polietileno.

Sin embargo, también existen factores que condicionarán el crecimiento de la demanda en forma sostenida. El polietileno es un “mercado maduro”. Se asume que no existirán nuevas aplicaciones que requieran nuevos grandes volúmenes de esta resina. Es importante mencionar también que el polietileno, como el resto de las resinas termoplásticas, es percibido negativamente por una parte de los consumidores, quienes tienen una mentalidad hacia el cuidado del medio ambiente. En respuesta a esto, hemos visto como en los últimos años, muchos gobiernos han desarrollado leyes que prohíben, por ejemplo, el uso de bolsas plásticas. La estrategia para las compañías será no tanto el desarrollo de nuevas aplicaciones, sino más bien acompañar el desarrollo de economías que garanticen mayor poder adquisitivo, el cual incrementará la franja poblacional con acceso a las aplicaciones de PE.

### **1.2.2. La industria del Plástico en la Argentina**

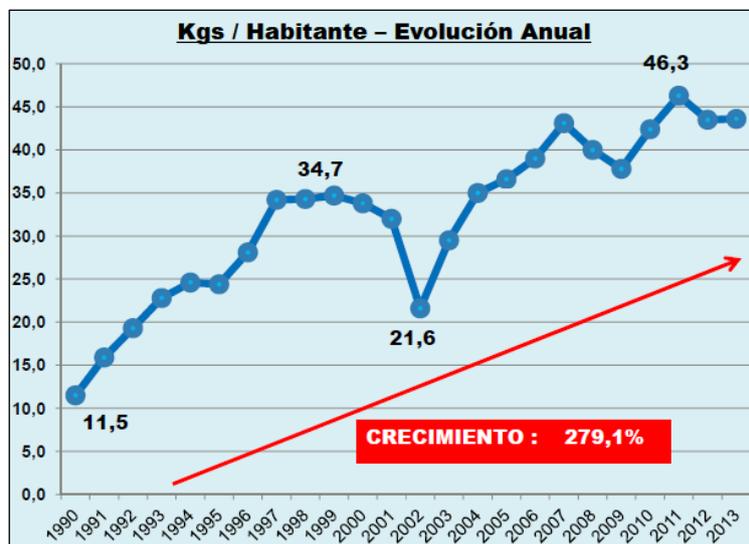
Dow Argentina es el único productor de polietileno en el país y en su complejo de Bahía Blanca produce no solamente para el mercado local sino también para exportación, principalmente a los socios del Mercosur.

Los transformadores reciben, en la mayoría de los casos, bolsas de 25 kg. de *pellets*. Es decir, el *pellet* de polietileno es su materia prima para luego transformarlo en algo que va a estar vinculado con un producto de consumo final y masivo. Los *pellets* tienen la forma de lenteja, con un diámetro de unos 3 mm.

En el siguiente gráfico puede verse cómo ha evolucionado el consumo *per capita* en el país en el período 1990-2013. Más allá de variaciones coyunturales, es de esperar que dicho consumo continúe en aumento, principalmente por la mayor demanda de productos plásticos de consumo masivo. Se estima que países en desarrollo como Argentina, existe una gran

oportunidad de negocio, ya que se asocia el crecimiento del país con el crecimiento en la demanda de PE.

**Gráfico 12:** Evolución consumo de polietileno per cápita

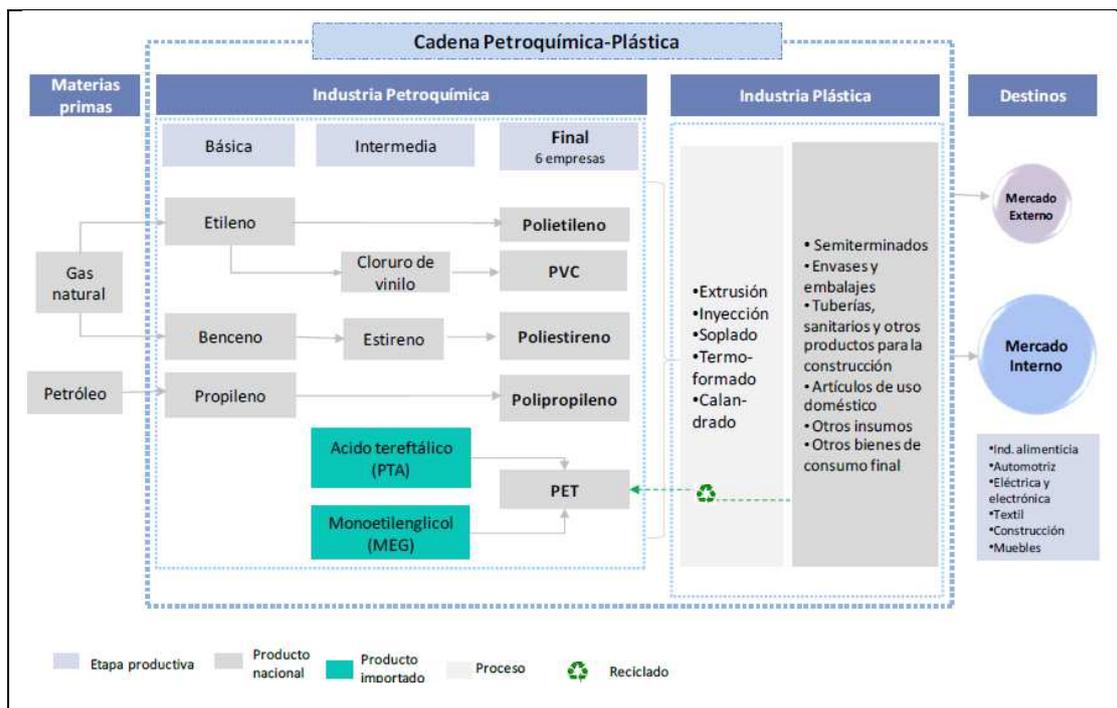


**Fuente:** Cámara Argentina del Plástico (2013)

El sector de manufacturas plásticas produce, a partir de los insumos provistos por el sector petroquímico, una amplia variedad de bienes. Se trata de un sector orientado fundamentalmente a la provisión de insumos para otras industrias y sectores, destinándose una pequeña parte al consumo final. Entre las principales actividades a las que abastece se destacan las industrias de alimentos y bebidas, eléctrico-electrónica y automotriz y el sector de la construcción. En la últimas dos décadas ha tenido un desarrollo muy importante la industria del *packaging*. Esta industria produce dos grandes familias de productos hechos con polietileno. Por un lado envases rígidos o flexibles para productos finales. Por otro lado films para el envoltorio de productos que necesitan ser transportados y almacenados. El uso de films de polietileno, en el caso del transporte, permite ahorrar combustible ya que su peso es menor que otros materiales que antiguamente se utilizaban para el transporte, como el caso de la madera, vidrio o metal. Para el caso de almacenamiento, existen films de polietileno que permiten sellar en vacío distintos tipos de alimentos, lo que redundará en una conservación más prolongada en el tiempo del producto.

A través del siguiente gráfico, puede observarse la cadena de valor petroquímica – plástica, donde están los transformadores o clientes de Dow Argentina.

**Gráfico 13:** Cadena de valor de la industria petroquímica - plástica



**Fuente:** Ministerio de Economía (2016)

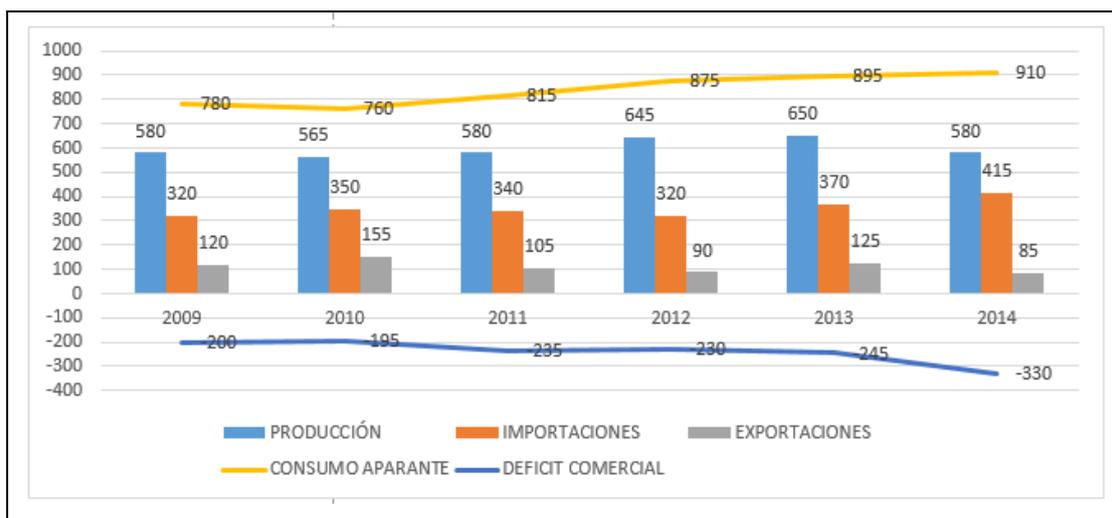
Con respecto al mercado local, se puede ver en el siguiente gráfico que la producción se ha mantenido en valores promedio a las 600.000 toneladas por año. Esto se debe a que no ha habido nuevas inversiones. Con respecto a las variaciones anuales, las mismas se explican por los niveles de actividad prevista y real que las plantas tienen cada año.

En el caso del consumo aparente, éste se define como la suma de la producción más importaciones, para luego restarle las exportaciones, vemos que ha crecido entre un 10% y 15% en el período 2009-2014. Este crecimiento va de la mano con nuevas inversiones en la industria transformadora que ha acompañado el crecimiento de este insumo. A una tasa constante de valores de producción, el crecimiento del consumo pudo darse por un mayor nivel de importaciones como puede verse en el gráfico. Por último vemos que las exportaciones de polietileno se han reducido un 10%. Si consideramos esta variación negativa junto con el incremento de importaciones, resulta claro que la balanza comercial presenta un déficit, el cual se ha ido incrementando en los últimos años.

La mayoría de las exportaciones tienen como destino los países del Mercosur, con Brasil como principal país comprador. En el caso de las importaciones, el polietileno viene

tanto de Brasil como también de países asiáticos y Estados Unidos. Puede verse que en el caso de Brasil existe un intercambio de productos exportados e importados. Esto se explica en parte porque la industria transformadora requiere, cada vez más, de polietileno con especificaciones muy precisas, lo que hace que algunos productos producidos en nuestro país sean requeridos por nuestro principal socio comercial y viceversa.

**Gráfico 14:** Exportaciones e importaciones de polietileno



**Fuente:** CEP (Centro de Estudios para la Producción) en base a INDEC (2015)

Nuevamente se menciona que, en todo lo referente a las exportaciones, Dow Argentina es la única empresa en el país productora de polietileno. Con respecto a las importaciones, tanto Dow como otras compañías realizan actividades de importación de polietileno. En el caso de Dow Argentina, la importación de polietileno, en todos sus casos proveniente de otras plantas de la empresa (Estados Unidos, Canadá) se debe a la necesidad de cubrir parte del mercado que tiene a Dow como proveedor o vendedor y también para cubrir faltantes ante eventos puntuales tales como paradas de planta prolongadas, falta de producción ante la restricción de gas en invierno, etc.

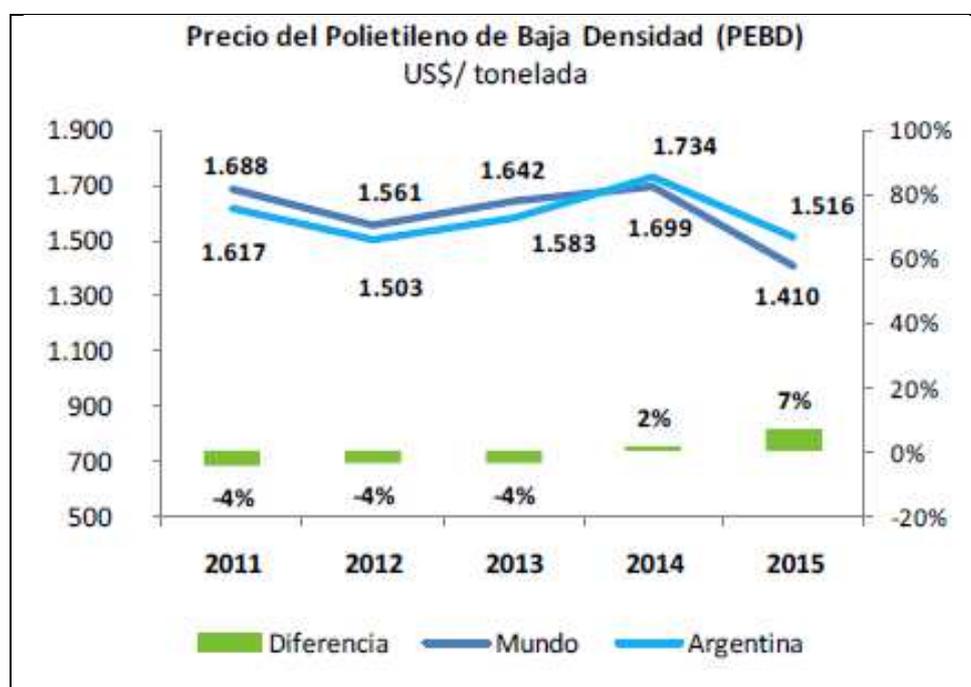
Una ventaja competitiva de esta empresa radica en la estandarización que tiene en todos sus productos. Esto lleva a que un cliente local prácticamente no diferencie una bolsa de polietileno hecha en el complejo de Bahía Blanca o en otro fuera del país.

El segmento de Polietilenos muestra grandes oportunidades de expansión, limitadas actualmente, como se mencionó, por la disponibilidad de gas natural, insumo principal de la

industria. Existe la posibilidad concreta de expandir la capacidad de producción actual en Bahía Blanca como respuesta a la demanda, pasando de las 600 mil toneladas anuales de producción actual de 800 mil toneladas anuales. Esta alternativa se ve opacada por la imposibilidad de conseguir el gas adicional requerido bajo un esquema de contratos firmes a largo plazo. Una inversión de tales características involucraría un monto cercano a los 250 millones de dólares aplicados a la ampliación de alguno de los *crackers* existentes, o a la construcción de uno nuevo para incrementar la producción de etileno y, adicionalmente, montar una nueva planta de polietileno o aumentar la capacidad de alguna existente. Como se describió en el primer capítulo, la falta de materia prima no solo afecta la rentabilidad actual de la empresa, sino también, condiciona futuras inversiones que generarían valor a la compañía y a las empresas locales.

Se describe a continuación como ha sido la evolución de los precios de polietileno en el mercado argentino. Estos valores han sido tomados en cuenta en el capítulo IV, donde se hace el análisis de las alternativas. Se puede apreciar que por ser un *commodity*, la variación local tiene un comportamiento muy similar a las variaciones globales.

**Gráfico 15:** Evolución precio polietileno



Fuente: INDEC (2015)

### **1.2.3. La industria transformadora: Destino de los productos desarrollados por Dow.**

Es el sector de la industria plástica que se dedica a la elaboración de productos plásticos a partir de la transformación de materias primas de origen petroquímico. Se caracteriza por reunir a un gran número de pequeñas y medianas empresas, sin perjuicio de las grandes que también lo componen.

Todas estas empresas, en su conjunto, convierten al sector en un importante referente de la industria del país. Ha alcanzado un notable grado de desarrollo gracias a genuinas políticas de inversión del sector privado –sin subsidios ni privilegios de ninguna especie- en renovación de bienes de capital, actualización constante de tecnología y *know how*, alto grado de capacitación de la mano de obra e industrialización ambientalmente responsable.

Según la Cámara Argentina de la Industria del Plástico (CAIP), existen unas 2.800 empresas transformadoras en el país, con un empleo directo de unas 40.000 personas. Casi el 96% son pequeñas y medianas empresas (PYMES). En el año 2013 representó un 1,3% del PBI del país y un 10,4% del PBI industrial. Muchas de estas empresas tuvieron una gran expansión con inversión en equipamiento durante la década del 90. El sector tuvo un impacto positivo en la productividad, no solamente por las inversiones, sino también por una mejor calidad en la mano de obra calificada.

Existen en el país actualmente unas 3000 empresas transformadoras de polietileno. Más del 95% son PYMES que ocupan no más de 50 empleados. En la actualidad, el sector ocupa unas 40000 personas en forma permanente. Un 15% están ubicadas en la ciudad de Buenos Aires, mientras que un 65% se encuentran en la provincia de Buenos Aires. Cabe destacar que de este porcentaje, la gran mayoría se localizan en el conurbano bonaerense. Hasta aquí, tenemos un 80%. El 20% restante se encuentran en Santa Fe (7%), Córdoba (5%), San Luis (debido al régimen de promoción industrial existente) (3%). El 5% está distribuido en distintas provincias del país.

Los procesos utilizados por los transformadores para convertir los pellets de polietileno en un producto final para consumo humano o industrial son:

- Inyección
- Extrusión

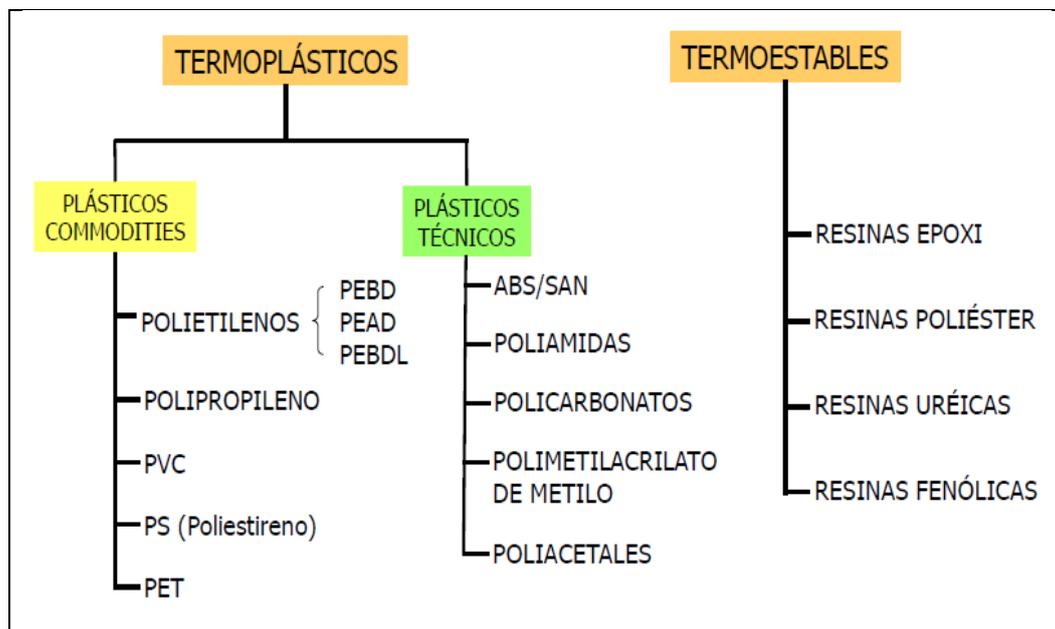
- Soplado
- Inyección / Soplado

Existen dos grandes tipos de plásticos:

- Los “termoplásticos”, que no sufren cambios en su estructura química durante el calentamiento. Se pueden calentar y volver a moldear cuantas veces se desee. Los más importantes son los mencionados al principio del presente capítulo; PE, PP, PS, EPS, PVC y PET.

- Los “termoestables”, que sufren un cambio químico cuando se moldean y, una vez transformados por la acción del calor, no pueden ya modificar su forma. Por ejemplo, las resinas epoxídicas, las resinas fenólicas y amídicas y los poliuretanos. Se puede apreciar un resumen en el siguiente gráfico.

**Gráfico 16:** Tipos de plásticos



**Fuente:** Instituto Petroquímico Argentino (2015)

Los plásticos son versátiles, duraderos, resistentes, baratos y livianos. De acuerdo a su prestación o utilidad, se pueden agrupar teniendo en cuenta la aplicación del producto final:

**Tabla 3: Destino de polietileno para consumo doméstico**

<p><b>Alimentación:</b></p> <p>Botellas</p> <p>Bandejas desechables</p> <p>Sachets para leche</p> <p>Cajones</p> <p>Frascos / Bidones</p> <p>Bolsas para envase</p> <p>Recipientes térmicos</p> <p>Tanques</p>	<p><b>Electrodomésticos, audio, telefonía, computación:</b></p> <p>Contrapuestas para heladeras</p> <p>Carcasas / Gabinetes para TV, radios, computadoras</p> <p>Bases para microcircuitos</p> <p>Conductores telefónicos</p> <p>Parlantes para teléfonos</p> <p>Frentes para aire acondicionado</p> <p>Partes de computadoras</p> <p>Teclas / Perillas / Cables / fichas</p>	<p><b>Automotriz:</b></p> <p>Carrocerías y partes</p> <p>Caños para nafta</p> <p>Ventiladores</p> <p>Parrillas</p> <p>Telas para tapizado</p> <p>Alfombras</p> <p>Paragolpes</p> <p>Ópticas</p>
<p><b>Construcción:</b></p> <p>Cañerías</p> <p>Pisos / Zócalos</p> <p>Cintas aislantes</p> <p>Mochilas para inodoros</p> <p>Artefactos de iluminación</p> <p>Paneles divisorios</p> <p>Cielo rasos</p> <p>Cortinas de enrollar</p> <p>Baldes / Cascos / Mangueras</p>	<p><b>Hogar:</b></p> <p>Baldes / Palanganas / Jaboneras</p> <p>Vajilla descartable</p> <p>Guantes / Esponjas para cocina</p> <p>Escobas y cepillos</p> <p>Manteles</p> <p>Coladores / Jarras</p> <p>Alfombras para pisos</p> <p>Cortinas para baños</p> <p>Muebles</p>	<p><b>Agricultura, ganadería, veterinaria:</b></p> <p>Comederos para aves</p> <p>Caños y mangueras para riego</p> <p>Películas anti-heladas</p> <p>Picos para riego por aspersión</p> <p>Cintas para embalaje</p> <p>Macetas rígidas</p> <p>Cajones frutas y hortalizas</p> <p>Identificadores para ganado</p>
<p><b>Farmacia, Laboratorio, Sanidad:</b></p> <p>Bolsas para sangre y sueros</p> <p>Jeringas hipodérmicas</p> <p>Blisters farmacéuticos</p> <p>Sondas / Cánulas / Tubos de ensayo</p> <p>Equipos descartables</p> <p>Dientes artificiales / Prótesis</p>	<p><b>Supermercados:</b></p> <p>Bolsas</p> <p>Cajones y cajas</p> <p>Carteles identificatorios</p> <p>Bandejas desechables</p> <p>Ruedas para carritos</p> <p>Films para alimentos</p> <p>Burletes y protectores para góndolas</p>	<p><b>Varios:</b></p> <p>Cepillos de dientes</p> <p>Biberones</p> <p>Muebles para jardín</p> <p>Juguetes y cotillón</p> <p>Artículos de escritorio</p> <p>Bolsos</p> <p>Cajas para pesca</p>

**Fuente:** Elaboración propia

Por campo de aplicación, *el packaging* agrupa lo referente a alimentación, supermercados y la parte de sanidad: esta aplicación consume un 45% del polietileno producido. Luego le sigue la construcción, con un 13%. La industria electrónica, con sus aplicaciones en audio, telefonía y computación, representa un 10%. La industria automotriz un 8%, el agro y veterinaria representan un 4% de la demanda total. El hogar consume un 3,5%,

quedando un 13.5% para la aplicación “varios” (Informe sectorial de la Cámara Argentina del Plástico, 2006).

Los principales transformadores del país, según el tipo de producto que fabrican son:

Placas, Láminas, hojas:

Tredegar, Plastar San Luis, Ipesa-Río Chico, Urflex, Tetrapack, Celomat.

Film stretch:

Clover Plast, IPESA-Río Chico, Manuli Packaging, Plásticos Isla Grande.

Cajas, cajones, bins:

Cabelma, Serín, Lodigiani, Conarsa

Tambores, bidones:

Altec, Industria Termoplástica Argentina (ITA)

Bolsas, bolsitas y demás:

Clover Plast, Polinoa, Bolsaflex, Rolamplast, Petropack, Plásticos La Rioja, Implex, Aldefil.

Envases para cosmética, limpieza, laboratorios:

Alpla, Plastimec, Polistor, Oropel

Por último, es muy importante hacer notar que muchos de los productos finales hechos con distintos tipos de polietileno, serán utilizados, como se describió, para alimentos y otros tipos de insumos cuyo destino es el consumo humano. Por lo tanto resulta crítico que el polietileno cumpla con requerimientos que aseguren que al estar en contacto con, por ejemplo, un alimento, éste no será contaminado o afectado, lo que podría traducirse en un problema que impacte la salud de la población. Para asegurar esto, existen distintas normas que, tanto los fabricantes de polietileno, Dow Argentina en nuestro caso, y los transformadores, tienen que utilizar para eliminar la posibilidad de contaminación de sus productos. A nivel global, y utilizada por Dow Argentina, se considera la norma de la FDA (*Food and Drug Administration*). Este es un organismo de Estados Unidos que regula, entre otras cosas, la fabricación de alimentos y los productos donde estos serán comercializados.

En Argentina este control sobre los productos que están en contacto con alimentos, como también la materia prima con el cual se fabrican, lo hace la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). Éste es un organismo

descentralizado de la Administración Pública Nacional creado en agosto de 1992, mediante decreto 1490/92.

### **1.3. Actividades de la cadena interna de valor**

Como ya fue mencionado, Dow Argentina posee un complejo en la ciudad de Bahía Blanca. Dicho complejo ocupa una superficie de 120 hectáreas en la localidad portuaria de Ingeniero White, opera desde 1995 y está integrado por 6 plantas productivas: 2 plantas que elaboran etileno *cracker* 1 y *cracker* 2, y las 4 restantes producen polietileno de baja densidad (LDPE), alta densidad (HDPE) y lineales (LLDPE y EPE). La planta flotante de LLDPE es conocida con el nombre de “Barcaza” y es única en el mundo.

#### **1.3.1. Historia de Dow en el complejo Petroquímico de Bahía Blanca**

El complejo Petroquímico en Bahía Blanca fue creado a principios de los años 70. Unos años antes, YPF, Direcciones General de Fabricaciones Militares (DGFM) llegan a la conclusión que era viable la construcción de un complejo industrial, reviviendo un viejo proyecto de Dow de años anteriores. En 1971, YPF, DGFM y Gas del Estado acuerdan formar PBB para producir unas 200.000 Toneladas de etileno y hasta 20.000 toneladas de propileno. La materia prima sería el etano proveniente de la planta de Gas del Estado en la localidad de General Daniel Cerri, ahora bajo el control de TGS.

La empresa tendría 51% de capital estatal y 49% privado. Cuestiones políticas hicieron que decisiones claves se demorarán para la construcción del complejo y plantas satélites, como también la provisión de etano por parte de Gas del Estado. La construcción de la planta de Etileno se inició en 1972 y continuó adelante, pese a los inconvenientes de las plantas satélites y de Gas del Estado. La construcción se completó en 1976, pasando largos años de “hibernación” hasta su puesta en marcha en 1981.

En ese mismo período se construyeron y pusieron en marcha las plantas satélites de PE y PVC. La planta de Polietileno fue construida por Ipako (Industrias Petroquímicas Argentinas Koppers) con el nombre de Polisur SA. En un primer momento, el plan indicaba la construcción de dos plantas espejo de unas 55.000 Toneladas de polietileno de baja densidad. Sucesivos cambios hicieron que solamente se construyera solo una de esas plantas, con una capacidad mayor a la prevista. Aun así, no se cubría toda la producción de etileno, por lo que la empresa

Ipako toma la decisión estratégica de comprar una planta flotante con tecnología UNIPOL (*unimodal polyethylene*). Esta tecnología desarrollada a mediados de los años 70 por Union Carbide (UCC), tenía ventajas competitivas que fueron determinantes para la toma de decisión.

La planta flotante fue construida por Ishikawajima Harima Heavy Industries (IHI) en Chiba, Japón, quienes realizaron un excelente trabajo en cuanto a plazo y calidad. La planta fue construida en tiempo record, incluso incluyendo la fase final de construcción, el cual fue realizado a medida que la planta era trasladada en una embarcación mayor desde su punto de origen. La planta llegó al complejo a finales del año 1981 y su puesta en marcha fue satisfactorio, pudiendo cumplir la empresa Polisor con los contratos acordados previamente.

Durante la década del 90, el país tuvo una transformación económica, en la cual muchas empresas del Estado Argentino se privatizaron. En nuestro caso, la empresa estatal PBB, fue parte de este proceso. Sobre finales del año 1995, se concretó la privatización de PBB en manos de un *Joint Venture* formado por Dow Argentina, YPF y la empresa japonesa Itochu.

Independientemente de aquella operación, concretada en 357 millones de dólares, Dow adquirió, a título individual, las dos plantas de polietileno que pertenecían a Ipako-Polisor (casi 200 millones de dólares más), en una rápida tramitación que demandó pocas jornadas de diálogo con el grupo encabezado por Federico Zorraquín. Una de las dos plantas de polietileno adquirida por Dow fue la Barcaza.

En la licitación convocada por el gobierno nacional, YPF, Dow e Itochu adquirieron el 51% que el Estado mantenía en Petroquímica Bahía Blanca SA y el 38% de Indupa SA. Su oferta superó por poco más de 50 millones de dólares la del consorcio integrado por Pérez Companc y la brasileña Copesul.

En aquel entonces, Dow se propuso ampliar, dentro de los más breves plazos posibles, la producción de etileno y polietileno en el Polo Petroquímico, con vistas a lograr una efectiva penetración en el mercado regional latinoamericano, específicamente en el ámbito del Mercosur. Esto finalmente sucedió sobre finales del año 2000.

Dow concretó, de tal manera, el objetivo que pusiera sobre la mesa a fines de la década del 60, cuando advirtió que Bahía Blanca reunía las condiciones esenciales para convertirse en la sede de un complejo petroquímico: disponibilidad de gas, salinas, puerto y servicios públicos.

Pese a que aquella propuesta no prosperó y Dow se estableció en Brasil, su interés se reavivó apenas se tuvo conocimiento de la decisión gubernamental de privatizar el Polo bahiense. Así, Dow se asoció con YPF e Itochu (antes C. Itoh, desde un principio accionista de PBB) y se adjudicó la licitación.

La ampliación del complejo estuvo directamente ligada a los planes de YPF, que, mediante su proyecto Mega (en el cual participó también la estatal brasileña Petrobras), contempló transportar desde la cuenca neuquina hasta Bahía Blanca, etano, propano, butano y gasolina. El primero de dichos productos sirve de materia prima para la elaboración del etileno. Es decir, la expansión de la cadena de valor etileno-polietileno requirió de la construcción de una planta aguas arriba. La construcción de la fraccionadora Mega, como vimos al inicio de este capítulo, cumplió con este requisito.

Previo a la expansión, la producción de etileno, que PBB tenía ubicada en el orden de las 240.000 toneladas anuales. Dow pensaba llevar esa cantidad a, por lo menos, medio millón de toneladas, sin descartar las 600.000. Allí sería preciso volcar unos 300 millones de dólares adicionales a los pagados por la compra de PBB e Indupa. Pero también sería necesario que crezca la producción de polietileno, la "niña bonita" en las previsiones de la compañía. En consecuencia, las plantas que fueron de Ipako-Polisur (la de tierra y la barcaza) y la del grupo Indupa (Petropol) pasaron a tener otras dimensiones, en función de las nuevas metas fijadas para la producción de polietileno. Por supuesto, los planes de Dow no sólo apuntaron a cubrir el déficit de polietileno en el mercado nacional sino a incursionar en el sector externo. En ese plano, el primer objetivo fue Brasil como principal socio del Mercosur.

Con respecto al Polo petroquímico de Bahía Blanca, se describen brevemente las razones por las cuales se decidió hacer un desarrollo industrial en este punto estratégico del país. Éstas son:

- Disponibilidad de materias primas y gas natural. Este punto, explicado anteriormente, se debe al paso de los grandes gasoductos que vienen de las importantes cuentas productoras de gas, tanto del sur como del oeste del país.
- Disponibilidad de agua. La industria es un gran consumidor de este recurso no renovable. Más allá que hace décadas atrás este recurso tenía cierta abundancia, en la década pasada se vivieron varias crisis, ya que las fuentes de suministro no alcanzaban a cumplir con la demanda, ya sea para el consumo humano como para el consumo industrial. Es muy importante que la Industria desarrolle alternativas de suministro para no “competir” con el consumo humano.
- Ubicación estratégica en la red interconectada eléctrica nacional. Por el área de Bahía Blanca, al igual que el gas, pasan la red interconectada nacional que trae la energía generada en las grandes represas que tiene el país. A esto podemos sumarle la existencia de una central térmica en la ciudad y la futura construcción de una segunda. Además, en esta región se está planeando instalar un parque eólico, el cual tendrá una capacidad instalada de 100 MW. Este proyecto implicará la construcción de una nueva estación transformadora para su vinculación con el Sistema Argentino de Interconexión (SADI).
- Puerto de aguas profundas. Este punto también ha sido clave, ya que permite el ingreso de materias primas como la exportación de productos finales de las distintas empresas que conforman el complejo. Durante muchos años, esta ventaja competitiva del puerto se utilizó solamente para el despacho de granos.
- Infraestructura. El área de Bahía Blanca es también un importante nodo ferroviario y de rutas, lo que permite el acceso e intercambio de distintos materiales para ser utilizados en el complejo.
- Recursos Humanos. La ciudad dispone de dos universidades muy importantes con muchas carreras de formación técnica. También existen escuelas técnicas con orientación hacia los oficios que la industria necesita.
- Empresas proveedoras de servicios. Junto con la expansión del complejo, muchas empresas locales proveedoras de distintos servicios que la industria

necesita para operar, se han instalado en la zona cercana a Polo Petroquímico.

Para finalizar, se describe el importante impacto que el complejo tiene en la ciudad de Bahía Blanca. Existen hoy unas 400 empresas locales que trabajan en el complejo. Lo anterior representa la cantidad de aproximadamente 4.000 empleados fuera del complejo. A esto hay que sumarle unos 2.000 contratistas dentro del complejo. Los empleos directos totalizan unos 1.300, con una remuneración anual de unos 750 millones de pesos. El pago de tasas al municipio es de unos 110 millones de pesos.

### **1.3.2. Producción de Dow en el Complejo de Bahía Blanca**

Como ya fue mencionado, inicialmente la empresa contaba con una planta de Etileno y tres plantas de Polietileno. Como fue descrito, estas cuatro plantas fueron el resultado de un proceso de privatización y adquisición que se dio a mediados de los años 90. Ya por aquel entonces, Dow demostró su intención de ampliar la capacidad de producción del complejo adquirido. Durante el año 2000 comenzó a construirse una segunda planta de Etileno y una cuarta planta de Polietileno. Para cubrir los servicios auxiliares requeridos para la operación de estas nuevas plantas también se montaron dos nuevas calderas de generación de vapor, así como un horno incinerador de efluentes líquidos cáusticos. Las nuevas unidades entraron en operación a principios del año 2001, con lo cual se materializó la intención de llevar al complejo de Bahía Blanca a una escala productiva y competitiva de nivel mundial.

Dicha expansión permitió que el polo Petroquímico de Bahía Blanca, junto con la construcción y expansión de otras empresas, sea el mayor del país y uno de los más grandes de Sud América. Representa un 55% del producido en la industria Petroquímica a nivel país. En lo refiere a Dow Argentina, el tamaño del complejo es de escala mundial y tiene unos estándares de competitividad similares al resto de complejos industriales en los principales países desarrollados. Dow es el principal productor de productos petroquímicos en Argentina. La industria petroquímica agrega valor al uso de la energía disponible, multiplicando empleos, exportación y recaudación tributaria. En la actualidad, representa un poco menos de un 2% del PBI del país. Como ya fue expresado, las principales materias primas son recursos naturales tales como el gas natural, la sal, etc.

### 1.3.2.1. Producción de Etileno: Descripción de las plantas *Crackers* 1 y 2

El *cracker* 1 fue puesto en marcha en diciembre de 1981. La tecnología fue provista por Linde (Alemania) y consiste en 10 hornos con una capacidad para procesar entre 980 y 1.200 Toneladas de etano por día. Posee también la flexibilidad de *crackear* hasta un 17% de propano. A través de la misma se logra la desintegración del etano con una capacidad de producción de algo menor a las 300.000 toneladas de etileno al año. El proceso incluye la hidrogenación catalítica del acetileno y un tren criogénico de separación de gases residuales, hidrógeno y metano, a ser utilizados como combustible de los hornos.

Los productos que salen de los hornos son:

Etileno (producto principal y destinado a los clientes)

Etano (se recicla a los hornos)

C3 (propileno, grado químico, se vende)

C4 (butano, butilenos)

C5 (gasolina pirolítica)

La planta tiene instalaciones para la licuefacción de etileno y el almacenamiento de etileno líquido (algo ya comentado en secciones anteriores) a valores menores a los - 100 grados centígrados. Dispone también de equipos para almacenamiento del etileno y un muelle para recibir etileno líquido de barcos o para exportar, ubicado en Puerto Galván. Estas facilidades serán parte del análisis a realizar en la alternativa de importar etileno. El hecho de que esta facilidad para importar etileno, seguramente será clave en las variables analizadas para que esta alternativa sea la más conveniente.

*Cracker* 2 es una unidad más moderno, de mayor capacidad, con una producción diaria de 1.100 toneladas de etileno, lo que significan unas 425.000 toneladas anuales. Fue construido en el año 2000 como parte del proyecto de ampliación del complejo llevado adelante por Dow Argentina a los pocos años de haber comprado el *site* de Bahía Blanca.

El etano ingresa a los hornos, juntamente con vapor y rápidamente alcanza una temperatura muy alta, lo que determina la ruptura de sus moléculas. Este proceso se denomina craqueo y provoca la transformación del etano en una mezcla de etileno y otros productos. A partir de allí todos los pasos siguientes tendrán por objetivo final, separarlo hasta obtenerlo con

la pureza especificada. A la salida de hornos debe interrumpirse la reacción a fin de no reducir el rendimiento del etileno. Posteriormente el gas debe enfriarse a temperaturas bajo cero antes de ingresar en la etapa de compresión.

La corriente de gas se compone ahora de los hidrocarburos no condensados en el atemperamiento. Con el objeto de separarlos se los comprime en un compresor centrífugo. Los siguientes pasos tienen por objeto depurar componentes no deseados de la corriente de gas craqueado. Dado que la separación del etileno se realiza por destilación, es necesario convertir la corriente gaseosa en líquida. Para ello se la enfría sucesivamente a temperaturas por debajo de los 100 grados centígrados. Esta es la temperatura más baja del proceso. La corriente líquida está ahora lista para ingresar a las torres de destilación donde se produce la separación final del producto. La torre demetanizadora separa metano e hidrógeno que luego son empleados como combustible. La torre demetanizadora separa etileno y etano de otros componentes más pesados que ingresan posteriormente a la torre de propileno, donde se obtiene este producto. Finalmente por la cabeza de la torre separadora de etileno, se obtiene el producto principal del proceso.

### **1.3.2.2. Producción de polietileno: Historia y descripción de las tecnologías para la producción de polietileno**

El PE es una de los materiales termoplásticos con mayores aplicaciones en la vida humana. Son cadenas de moléculas de etileno unidas entre sí, formando distintos tipos de configuraciones que le dan propiedades diversas, siendo la densidad y la viscosidad las más importantes. Dependiendo de estas variables, se pueden obtener cientos de aplicaciones para las actividades del hombre. Puede ser un homopolímero de etileno o un copolímero de etileno con un comonomero, siendo el buteno, hexeno y octeno los más importantes. Bajo distintos tipos de presiones, temperaturas, catalizadores y el medio fluido en el cual se encuentra, se produce la unión de las cadenas o polimerización. Utilizando distintas tecnologías o materiales como por ejemplo el tipo de reactor, configuración del mismo y los comonomeros mencionados, se puede controlar el largo de la cadena como así también sus ramificaciones, obteniendo las propiedades del polietileno final.

La característica de producir tantos tipos de polietileno en base a sus propiedades, permite a los fabricantes abastecer múltiples aplicaciones tales como films para *packings*, contenedores rígidos, botellas, juguetes, accesorios para autos, etc.

Existen cuatro tipos de tecnologías y sus variantes para la producción a escala industrial del polietileno:

Tecnología *Gas Phase*  
Tecnología Alta Presión  
Tecnología Solución  
Tecnología *Slurry*

Cada tecnología convierte o “une” las moléculas de etileno a través de distintos tipos de reacciones. Esta polimerización tiene un efecto muy importante en las propiedades del producto final y su infinidad de aplicaciones domésticas e industriales.

El polietileno fue descubierto en Inglaterra en el año 1933. La compañía *Imperial Chemical Industries* (ICI) fue la primera en la producción de PE en un proceso autoclave. Durante la segunda guerra Mundial, BASF desarrolló la producción mediante un reactor tubular.

Ambos casos corresponden a la tecnología Alta Presión, que por su “simpleza” desde el punto de vista químico, fue la primera en desarrollar el polietileno a escala industrial.

En el complejo de Bahía Blanca, una vez obtenido el etileno en los *crackers*, el mismo es enviado –en estado gaseoso– mediante cañerías llamadas etilenductos, a las plantas de polietileno que Dow Argentina posee en el complejo, a saber:

Planta de Baja Densidad. Tecnología Alta presión  
Planta de Densidad Lineal. Tecnología *Gas Phase*  
Planta de solución. Tecnología *Solution*  
Planta de alta densidad. Tecnología *Slurry*

En dichas plantas se produce el polietileno, que es químicamente el polímero más simple. Se obtiene mediante una reacción química llamada polimerización que consiste en la unión de moléculas de etileno en forma de cadenas y ramificaciones. Tanto para acelerar esta

unión como para tener un control de la misma se utiliza catalizadores. El control de la reacción permite definir determinadas propiedades del producto final.

Para la producción de polietileno existen diversas formas de procesos. La diferencia entre ellos radica en variables operativas, tales como la presión y temperatura de la materia prima, etileno, como también del medio fluido donde se produce la reacción. Para cada una de las tecnologías, tanto a nivel interno de empresa, como también con competidores, existe un proceso de “comparación” denominado *benchmarking*. Este es un procedimiento por el cual las empresas analizan comparativamente su situación y/o actuaciones en relación con otras empresas consideradas como las más exitosas o eficientes en su segmento de actividades, mercados, tamaños, etc. La comparación se puede llevar a cabo a través de análisis cualitativos o cuantitativos, monetarios o no monetarios, entre empresas distintas o entre áreas o divisiones de una misma empresa o grupo empresarial, etc.

Se resume a continuación las características principales de cada una de las tecnologías para la producción de polietileno. Como se indicó, estas cuatro tecnologías están presentes en el complejo de Bahía Blanca.

### ***Tecnología de alta presión, planta LDPE***

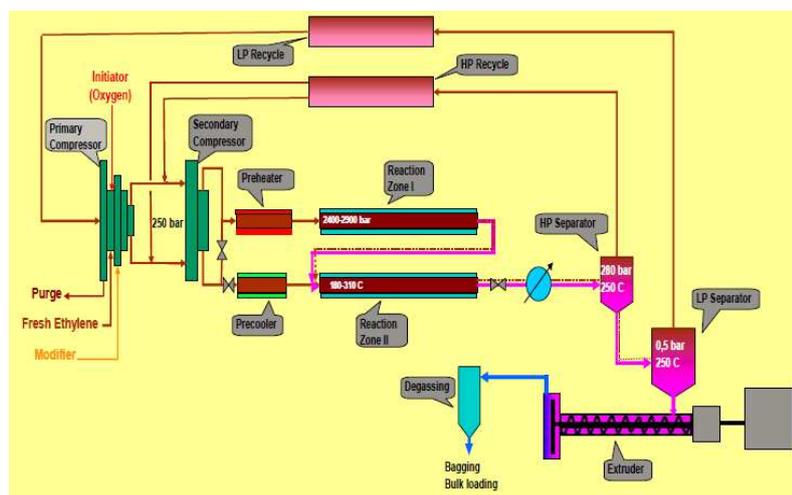
Como ya fue descripto, el polietileno de LDPE fue el primero en producirse a escala comercial. La principal característica de esta tecnología es la presión a la cual se desarrolla la polimerización. Dicha presión varía desde los 2.500 bars a los 3.000 bars. Como se puede concluir, la principal dificultad en esta tecnología es alcanzar mediante compresores alternativos presión. Los compresores y sistemas que manejan este tipo de presión, tienen un diseño muy especial, con coeficientes de seguridad elevados para minimizar las fallas en componentes. Esto significa que esta tecnología requiere de inversiones muy grandes para construir una planta (por lo ya mencionado de las características de los equipos para manejar presiones muy altas) y también altos costos, ya que se necesita mucha energía para comprimir el gas. Esta tecnología tuvo un gran desarrollo durante varias décadas, hasta que las escalas de producción (no más allá de 150.000 toneladas por año) dejaron de ser competitivas por los altos costos antes mencionados. Nuevos desarrollos y materiales en los componentes de alta presión han hecho que esta tecnología “florezca” nuevamente hace unos 10 años con plantas para producir unas 400.000 toneladas por año.

Otra característica importante de este proceso es la polimerización a través de un radical libre, a partir del cual se genera la reacción. Este tipo de reacción le confiere a la cadena una distribución delgada del peso molecular, por lo que se obtiene un producto de baja densidad.

La densidad del polietileno de LDPE tiene un rango de 0.910 - 0.930 g/cc. Esto resulta en un bajo esfuerzo de corte e alta ductilidad. LDPE es usado tanto para contenedores rígidos como también para aplicación films, como por ejemplo bolsas y film para *packaging*.

Con respecto a la temperatura operativa, la misma varía desde los 100 a los 300 grados centígrados. Y debe disponerse de un peróxido u oxígeno como iniciador (radical libre). Este iniciador es una sustancia que es agregada al flujo de etileno en cantidades pequeñas, por lo que se utiliza un fluido *carrier*, que en un solvente con determinadas propiedades. La reacción es exotérmica, por lo que se requiere de un sistema para remover o controlar el calor generado y mantener las temperaturas en los valores operativos. El siguiente gráfico muestra un esquema del proceso de alta presión y sus equipos y sistemas más importantes:

**Gráfico 17:** Proceso de Baja Densidad LDPE



**Fuente:** Elaboración Propia

El etileno se recibe a través de un etileno ducto, en forma gaseosa a unos 30 bars de presión y temperatura ambiente y es inyectado a un compresor primario para alcanzar un presión de aproximadamente 300 bars. Luego, dicho gas se mezcla con la corriente gaseosa

proveniente del reciclado de alta presión y se inyecta en el hipercompresor, obteniendo una presión final cercana a los 3.000 bars. Luego, el etileno ingresa al reactor a la presión mencionada, produciéndose, mediante el uso de peróxidos, la reacción de etileno a polietileno. El gas no convertido en polímero vuelve a la zona de compresores mediante dos ciclos, alta y baja presión. El polímero pasa por un extrusor donde se le inyectan aditivos para luego ser pelletizado en una corriente de agua. Posteriormente, hay un secador de pellets (separa el agua y seca los pellets mediante una contra corriente de aire) y un tamiz para separar pellets de tamaño chico (finos) o grandes (aglomerados).

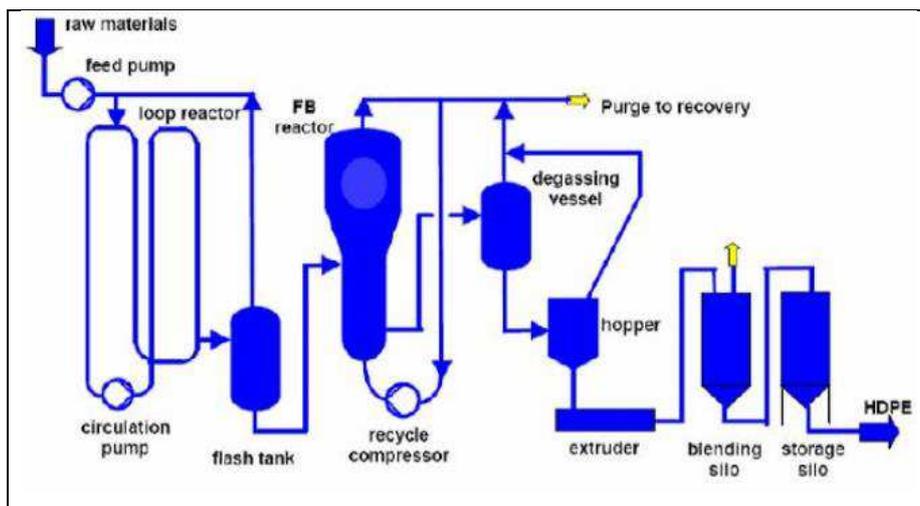
La planta fue construida en el año 1981, junto al *cracker 1*. Perteneció a una empresa nacional, Ipako, hasta que fue adquirida por Dow Argentina en el año 1996. La desventaja competitiva de esta planta no es la tecnología en sí, sino su tamaño. Hoy en día, competidores de Dow, han construido plantas que cuatriplifican esta capacidad, es decir, unas 400.000 toneladas. Como fue indicado antes, este incremento en las capacidades de diseño ha sido posible no solo por un desarrollo de la tecnología sino también con aleaciones y nuevos materiales en los equipos que manejan presiones muy altas.

### ***Tecnología de Slurry, planta HDPE***

El polietileno de alta densidad (*High Density Polyethylene*) es un polímero cuya densidad es igual o mayor a 0.941 g/cm<sup>3</sup>. Es un polietileno de pocas ramificaciones por lo tanto tiene una fuerza intermolecular muy grande al igual que la resistencia a la tracción. Es un polietileno cuatro veces más resistente que el de LDPE, como también más dureza y con mayor resistencia a los químicos.

Es un polímero utilizado para la fabricación de envases de alimentos y líquidos para limpieza, cañerías de agua y otro tipo de fluidos químicos y diversos tipos de baldes y contenedores. Un tercio de los juguetes están hechos con polietileno HDPE. También se está utilizando mucho en la fabricación de materiales que reemplazan a la madera para la construcción de juegos, *decks*, etc. En estos casos, se utiliza en gran proporción HDPE reciclado. Compete en algunos mercados con el acero o el PVC, teniendo como ventaja que es un material más económico y durable.

**Gráfico 18:** Proceso *Slurry*



**Fuente:** Elaboración Propia

La polimerización para obtener polietileno de alta densidad se da en reactores a temperaturas y presiones menores a moderadas, utilizando un catalizador óxido metálico con base aluminio, llamado metallocénico. La tecnología *Slurry* utiliza un hidrocarburo como medio para que se produzca la reacción, donde la reacción genera resina (polvo) de polietileno en suspensión de otro hidrocarburo, el cual tiene que ser separado posteriormente y secado. Al igual que las otras tecnologías, se utilizan distintos comonomeros, tales como buteno, hexeno o octeno, para modificar la estructura de la molécula y por lo tanto las propiedades finales del polímero.

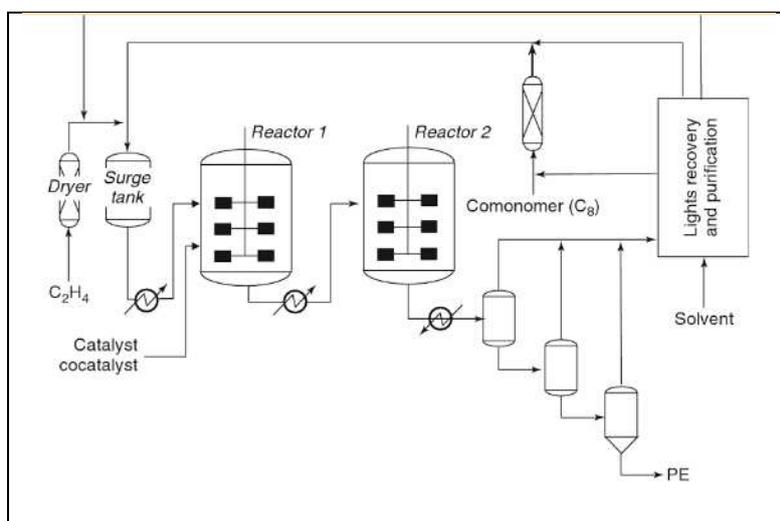
El polietileno se obtiene mediante un proceso catalítico, por reacción de etileno con hidrógeno y buteno en suspensión de hexano (de ahí el nombre de proceso *Slurry*). Las reacciones toman lugar en un reactor agitado de proceso continuo a 8 bars de presión y 85 grados de temperatura. En estas condiciones 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 centrífuga que separa el hexano del polvo húmedo. El polietileno obtenido en polvo, es secado en un horno con corriente de nitrógeno caliente. El polvo es almacenado en silos y luego transportado al área de extrusión, donde se le inyectan los aditivos, para luego pasar por la pelletizadora, secadora y zaranda (ídem LDPE).

HDPE produce aproximadamente unas 120.000 toneladas anuales de polietileno de alta densidad. La planta fue construida en el año 1986 y perteneció a una empresa de capitales nacionales hasta el año 1996, donde fue adquirida por *The Dow Chemical Company*.

### ***Tecnología de Solución, planta EPE***

El proceso de solución Dow, conocido también con el nombre de *Dowlex*, es propiedad de Dow y no es licenciado a sus competidores. Existen otras compañías, NOVA y DSM, que también han desarrollado un proceso llamado similar a este tipo. En términos generales, la reacción de polimerización ocurre dentro del reactor en una solución con un hidrocarburo a presión de hasta 100 bars y temperaturas no mayores a 250 grados Centígrados. El tiempo de residencia es menor que otras tecnologías. Utiliza catalizadores Ziegler-Natta o metallocenicos.

**Gráfico 19: Proceso Solución *Dowlex***



**Fuente:** *Polyolefin Reaction Engineering* (2013)

Después de la reacción, la solución de polímero y solvente es conducida mediante diferencia de presión al primer devolatilizador. En éste se produce un flash del solvente (pasa violentamente del esta líquido a gaseoso), produciéndose la separación deseada con el polímero. Aún luego de este primer sistema, la relación solvente-polímero es de 1:5 por lo que existe un segundo devolatilizador que opera en vacío absoluto para separar la totalidad del solvente. El polímero, ya sin presencia de solvente, es transportado mediante una bomba de desplazamiento positivo a un mezclador estático, donde se inyectan los aditivos, para luego pasar por una pelletizadora, secadora y zaranda.

Dow es el dueño de la tecnología solución. La planta fue construida junto con el *cracker* 2 en el año 2000, como se mencionó, como parte del proyecto de expansión del complejo. La planta EPE produce unas 290.000 toneladas al año de alta y media densidad. Es una planta muy versátil no solo en cuanto a la familia de productos que puede hacer, sino también a su *rate* de producción.

### ***Tecnología de Gas Phase, planta LLDPE***

Por la simplicidad en el diseño de su proceso, donde no intervienen hidrocarburos líquidos como medio donde se produce la reacción y un amplio rango de productos que puede hacer (dependiendo del tipo de comonomero), este proceso ha ganado muchas ventajas con respecto a los anteriores. Los licenciatarios más importantes de esta tecnología son Univation, Ineos y Lyondell-Basell. Históricamente, el proceso UNIPOL (el cual recordemos es el que está bajo este estudio y licenciado por Univation), fue el domino el mercado para la construcción de nuevas plantas de *Gas Phase* para productos LLDPE, pero a partir del año 2000 ha crecido significativamente otros licencias por parte de Ineos (Innovene G) y Lyondell-Basell (Spherilene S&C).

Univation, perteneciente a UCC en el pasado y ahora parte de *The Dow Chemical Company*, fue la primera compañía en comercializar esta tecnología para la producción de polietileno LLDPE. Utiliza un reactor con lecho fluidizado en fase gas (de ahí el nombre *Gas Phase*). Como la polimerización ocurre en la fase gas, la separación del etileno no convertido en polietileno se da de manera simple mediante la purga del mismo. El proceso, como se mencionó, es simple y requiera para la reacción de un reactor con un lecho fluidizado, un sistema de purga para remover el etileno no convertido y también para eliminar el desactivar el catalizador. El proceso UNIPOL requiere de una baja inversión en comparación con las otras tecnologías. A nivel global, existen más de 110 reactores distribuidos en muchos países. Este proceso ha demostrado poder producir a escala industrial hasta 650 mil Toneladas, algo que ninguna otra tecnología ha podido hacerlo.

La seguridad es también una ventaja: con más de 2.500 años de operación, no se ha producido ninguna fatalidad vinculada directamente con el proceso. Como ya fue mencionado, es un proceso que requiere bajas presiones y temperaturas, por lo que elimina la posibilidad de escenarios de sobrepresión críticos y *runaway* de reacciones por temperatura. No hay

posibilidad de evaporación de líquidos o expansión de vapor que llevarían a serios incidentes de Seguridad de Proceso.

UNIPOL puede fabricar un rango muy amplio de polietileno, tanto para aplicaciones de LLDPE como de HDPE. Al producir un espectro grande de densidades y *melt index*, con distribuciones moleculares chicas y muy grandes, este proceso y su flexibilidad se vuelve crítico para el éxito de las empresas dedicadas a la producción de polietileno. La siguiente tabla muestra una matriz donde se pueden ver los distintos tipos de productos y la facilidad de las tecnologías disponibles para producirlos, como también el tipo de proceso para la transformación de los pellets en productos finales.

**Tabla 4:** Factibilidad de propiedades vs tecnologías

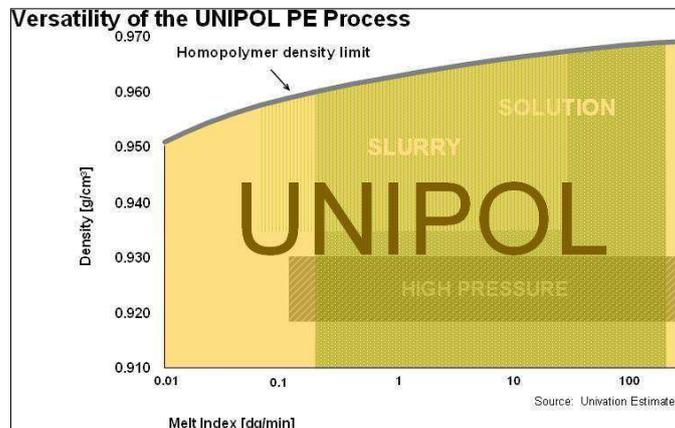
	UNIPOL PE	Other Single Gas Phase	Solution	Slurry/Loop	Stirred Slurry
<b>Film</b>					
LLDPE C4	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
LLDPE C6/C8	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
mLLDPE / Single Site	Commercial	Development	Commercial	Commercial	Commercial
HDPE (unimodal)	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
HDPE (bimodal)	Development	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
<b>Injection Molding</b>					
LLDPE	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
HDPE	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
<b>Blow Molding</b>					
LLDPE	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
HDPE HIC (unimodal)	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
HDPE HIC (bimodal)	Development	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
Large Part Blow Molding	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
<b>Other</b>					
Sheet	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
HDPE Pipe (unimodal)	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
HDPE Pipe (bi/multimodal)	Development	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
LLDPE Tubing	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
Rotomolding	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
Tape - Monofilament	Development	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial
Geo-membrane	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial	Commercial

■ Commercial    ■ Development

Source: Univation Estimates

**Fuente:** Empresa Univation (2012)

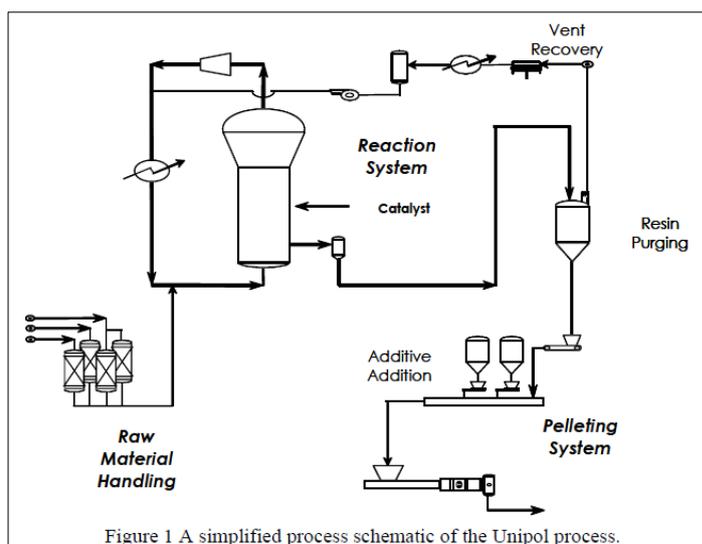
**Gráfico 20:** Versatilidad del proceso UNIPOL



**Fuente:** Empresa Univation (2010)

El etileno en estado gaseoso ingresa por la parte inferior del reactor, que opera a una presión de entre 20 y 30 bars, y allí es parcialmente convertido en polietileno, bajo la forma de partículas sólidas. El etileno no convertido sale por la parte superior del reactor, es tomado por un compresor centrífugo, pasa a través de enfriadores y con etileno de reemplazo regresa al reactor. Una válvula automática descarga el polietileno en polvo hacia un separador. De allí pasa a un tanque, donde se extraen remanentes de hidrocarburos, y luego es tomado por una válvula rotativa que alimenta un mezclador. Allí se funde, recibe aditivos y pasa a una pelletizadora bajo agua donde toma la forma de pellets. Los pellets se secan en un equipo rotativo centrífugo para luego ser transferidos hacia el área de embolsado, donde los pellets en forma continua son alimentados a máquinas automáticas que embolsan los mismos en bolsas de 25kg.

**Gráfico 21:** Proceso de *Gas Phase*



**Fuente:** Elaboración propia

El gráfico superior muestra un diagrama simplificado del proceso UNIPOL. El etileno y comonómero ingresan al reactor, pasando previamente por una serie de lechos purificadores a los efectos de remover distintas impurezas. La reacción consiste en un reactor con lecho fluidizado, un compresor de gas, llamado compresor de ciclo y un enfriador. Finalmente, están los tanques de descarga de producto obtenido en el reactor. El etileno y el comonómero, como materia prima “fresca” y el gas que viene del ciclo son continuamente inyectados al reactor. El polietileno obtenido en el reactor, en forma de polvo, es removido del mismo mediante un

sistema de descarga. Este consiste en tanques que están conectados al reactor mediante válvulas. Al producirse la apertura de las mismas cada una determinada frecuencia, se produce el traspaso de polietileno y gas “no convertido” a los tanques de descarga. En estos tanques, se separa la corriente gaseosa de la resina. De ahí, el gas se dirige a unos tanques de purga donde finalmente es enviado a un sistema de venteo (antorcha).

La resina es descargada al sistema de pelletizado. El sistema de venteo recupera la mayor cantidad posible de hidrocarburos que recibe para ser enviado al sistema de ciclo. A la resina, durante el proceso de amasado y fundido, se le inyecta aditivos sólidos que son mezclados con la masa de polímero. Por último, este flujo pasa para una pelletizadora, donde el polímero entra en contacto con agua al mismo tiempo que es cortado, formándose los pellets. Éstos, junto con el agua, son enviados por una línea a una secadora, la cual separa el agua de los pellets y por fuerza centrífuga genera el secado de los mismos. Por último, los pellets se dirigen a una zaranda la cual clasifica los pellets por su tamaño, descartando aquellos que son menores (finos) y mayores (aglomerados). Finalmente los pellets, en su estado final, son enviados a *blenders* y silos para ser embolsados.

Es importante mencionar que la capacidad de polimerización del reactor depende en primer lugar de la capacidad de remover el calor de polimerización. Como ya fue expresado anteriormente, las reacciones son de tipo exotérmicas, donde se genera una gran cantidad de energía calórica. Ambas capacidades están dadas por diseño, al momento de construir la planta. Como fue descrito en el capítulo 1 y se abordará con más profundidad en la sección 1.3.6.1., estas capacidades dadas por diseño se denominan capacidades teóricas máximas, las cuales pueden ser modificadas solo si se ejecutan proyectos que cambian el diseño. Esta característica es independiente al tiempo y eficiencia de los recursos utilizados.

Montada en astilleros japoneses, inició su producción en 1982. La planta flotante está instalada sobre una barcaza de 89 m de largo, 22,50 m de ancho y 6 m de altura, de los cuales 2,5 m están sumergidos. La parte central o zona de reacción tiene una estructura que alcanza 54 m de altura. Por sus características es única en el mundo y utiliza tecnología *Union Carbide*. Tiene versatilidad para producir polietileno lineal de alta y media densidad, utilizando un sistema de baja presión en fase gaseosa.

### 1.3.2.3. Logística del Producto final (PE) en el complejo de Bahía Blanca

Las responsabilidades de la función Logística dentro del complejo son:

- Recepción y almacenamiento de materias primas.
- Recepcionar y mezclar los pellets de las cuatro plantas de polietileno
- Embolsar el producto: esto puede ser en bolsas de 25 kg, *big bags* o *bulk*.
- Almacenamiento final y distribución.

Para la primera actividad mencionada, logística dispone de un edificio donde se almacenan las materias primas que vienen en bolsones, tambores, garrafones y contenedores pequeños. También opera las distintas estaciones donde se descarga el material que viene en camiones, llamadas estaciones de descarga.

Dispone también de equipos, tanques y esferas, para el almacenamiento de distintas materias primas líquidas, con capacidades de entre 2.500 y 5.000 metros cúbicos. Dispone también de una estación de descarga para productos peligrosos que vienen en isocontenedores.

En lo que respecta al segundo punto, el polietileno final en forma de pellets llega a edificio de embolsado de acuerdo al tipo de planta:

- Planta EPE: Por su proximidad con embolsado, los pellets son transferidos mediante una cañería utilizando un sistema de transporte neumático.
- Planta LDPE: Idem anterior.
- Planta HDPE: En este caso, como dicha planta se encuentra a unos 5 km del edificio de embolsado, los pellets son transportados en *Hopper vans*. Estos tienen forma similar a la de un contenedor, con la diferencia que ya tienen incorporado el tráiler para ser enganchado a los camiones que lo transportan. Cada *Hopper van* puede transportar hasta 20 toneladas de polietileno en forma de granel. .
- Planta LLDPE: idem HDPE.

Para cada planta, existe en el edificio de embolsado silos que almacenan y “blendean” (mezclan mediante recirculación) los pellets para obtener una homogeneidad adecuada. Una vez cumplido este proceso, los pellets se encuentran listos para ser dispuestos en su destino final.

La tercera actividad listada, consiste en embolsar el pellets. Esto se da en un 90% en bolsas de 25 kg. El resto se va en *big bags* (bolsones de 1 tonelada) (5%) o *bulk* (granel) (5%), que son contenedores de unas 15 toneladas. Para el primer caso, luego de ser embolsado, al final de la línea para tal fin, existe una palletizadora, que ubica en forma automática 55 bolsas sobre un pallet para finalmente ser envueltas por un film para su protección.

Como está relacionado con la producción, la distribución de líneas es:

- Línea A: Planta EPE
- Línea B: HDPE
- Línea C: LLDPE
- Línea D: LDPE

Luego los pallets son introducidos en contenedores. Existen 10 estaciones de carga, todas cercanas a las líneas de embolsado. Los pallets son transportados y colocados dentro del contenedor mediante el uso de un auto elevador. Finalmente, existe un depósito de producto final, donde estos pallets son almacenados.

Luego son introducidos en contenedores. Dichos contenedores también disponen de una playa de almacenamiento. Finalmente, son cargados en trenes los cuales transportan el producto final hacia un centro logístico ubicado en proximidades de la ciudad de Buenos Aires. Estas actividades son gestionadas por una empresa contratista, la cual es responsable de la operación del movimiento de pallets, su disposición en contenedores, movimiento de contenedores y su traslado.

Las distintas alternativas para el transporte del polietileno desde la playa de contenedores al destino final en las fábricas de los clientes son:

- a) Cientes externos (exportación del producto): En la mayoría de los casos, el destino es Brasil. Los contenedores son transportados vía camión o tren al puerto de Buenos Aires o Bahía Blanca, donde son transferidos a barcos para su posterior envío al destino final. De ahí es cargado en camiones que lo trasladan a un centro de distribución, el cual lo almacena y finalmente lo entrega a los clientes en contenedores o pallets. En algunos casos, cuando

el cliente se ubica en países limítrofes, como Chile o Uruguay, los contenedores son transportados directamente en camiones.

- b) Cientes internos (mercado local): Los contenedores se transportan en tren hasta un centro de distribución en las afueras de Buenos Aires, donde se almacenan y luego son cargados por camiones que los llevan a su destino final. Este puede ser, o bien la fábrica del cliente o un centro de distribución mayorista que luego revende a pequeños transformadores.

### **1.3.3. Descripción y delimitación del foco de estudio: Planta LLDPE Bahía Blanca**

El presente estudio se enfocará en evaluar el impacto de la disponibilidad materia prima en la planta LLDPE, la cual tiene una característica muy particular que la diferencia del resto de las plantas normales de proceso continuo en complejos petroquímicos. Como ya se ha indicado, esta particularidad radica en que se encuentra sobre una barcaza flotante, la cual está amarrada en el puerto construido para tal fin por la empresa dentro de Puerto Galván. La planta fue armada en astilleros japoneses y remolcada hasta Bahía Blanca en el año 1981, donde comenzó a operar a finales de ese año.

#### ***Descripción del proceso***

Tiene versatilidad para producir polietileno lineal de alta y media densidad, utilizando un sistema de baja presión en fase gaseosa. El etileno se recibe por medio de una línea que viene desde uno de los *crackers*. El primer paso es purificar el etileno, esto se logra haciendo pasar el flujo gaseoso por medio de lechos purificadores. El objetivo en esta etapa es asegurar que no haya contaminantes en la materia prima, ya que éstos puedan afectar la reacción de manera negativa.

La tecnología UNIPOL dispone de un reactor cuya forma es cilíndrica y tiene un domo expandido en la parte superior. Los otros dos equipos críticos en el proceso o “ciclo”, son un compresor centrífugo y un enfriador para remover el calor generado por la reacción exotérmica. Los diseños originales contemplaron el compresor aguas abajo del enfriador a los efectos que el gas que recibe el primero esté a baja temperatura. Por lo tanto la potencia consumida por el motor del compresor sería menor. Esto apuntó a una mejor eficiencia energética del proceso en su conjunto.

Las nuevas plantas han invertido esta secuencia del compresor-enfriador. El motivo principal es que el enfriador, que se ubica de acuerdo al diseño original, a la salida del reactor, tiene un grado de ensuciamiento muy grande, ya que una parte de la resina convertida en el reactor es “succionada” hacia la parte superior y fluye hacia el ciclo. Esta resina se deposita tanto en las cañerías como en los tubos del enfriador, lo que lleva a perder eficiencia de intercambio calórico con el tiempo y la necesidad de limpiarlo o reemplazarlo a una frecuencia determinada. Con la posición invertida, esto se minimiza, aunque es importante mencionar que la resina en este caso tiende a depositarse en el compresor centrífugo, el cual también requerirá de una limpieza. Esta configuración también permite operar con el comonomero en fase condensada. Esto permite remover más calor, más allá del extraído por el enfriador, generado por la reacción, lo cual permite mayores *rates* de producción.

El reactor consiste en un lecho fluidificado de gas, el cual tiene una zona de reacción y otra de separación. La primera tiene una relación altura-diámetro que va desde los 6 metros a los 7,5 metros. La segunda tiene una relación diámetro-altura de 1 a 2 metros. Para mantener un lecho fluidificado, el caudal de gas a través del lecho es de 2 a 6 veces el mínimo requerido para para obtener una fluidificación. Resulta esencial que el lecho siempre tenga partículas de polímero (resina) para prevenir la formación de puntos calientes (*hot spots*) localizados y también para entrapar y distribuir mejor el catalizador.

Para arrancar la planta luego de una intervención importante donde el reactor se limpió, la zona de reacción tiene que ser “cargada” con resina antes que se inicie la circulación del gas. El etileno es inyectado al ciclo a través de un punto localizado a la entrada del compresor, mientras que el comonomero es inyectado al ciclo antes que éste ingrese al reactor.

El catalizador es preparado y almacenado en un alimentador de catalizador bajo una atmósfera de nitrógeno. El catalizador es inyectado al reactor en un determinado punto del lecho. Este punto se calcula por diseño para obtener la mayor eficiencia del catalizador dentro del reactor, esto es la conversión del etileno en resina de polietileno. La concentración del catalizador en el lecho fluidificado es esencialmente igual a la del catalizador en el producto final.

La fluidificación se logra a través del alto caudal del gas de ciclo a través del lecho, el cual es aproximadamente 50 veces el caudal del gas fresco de alimentación. La caída de presión a través del lecho es de aproximadamente 1 psi. El etileno fresco es alimentado al lecho al mismo *rate* en el cual las partículas de polímero son removidas del reactor. Existe un analizador de gas ubicado en la parte superior de lecho, el cual determina la composición del gas de ciclo y el caudal de gas fresco es ajustado en base a esta lectura para mantener un estado estable de gas y por lo tanto en la zona de reacción. El gas que no se ha convertido o polimerizado en resina pasa a través del lecho hacia la zona de separación, donde las partículas que arrastrarán el gas tienden a caer nuevamente al lecho por la forma de domo de esta zona. El “atrapamiento” de partículas puede darse también en un filtro a la salida del reactor para minimizar que las mismas se depositen en el enfriador y compresor. El calor de polimerización es removido por el enfriador tubular antes de ser comprimido nuevamente por el compresor y vuelto al reactor. Esta configuración es conocida como ciclo, ya que hay un flujo permanente de gas circulando entre el reactor, enfriador y compresor.

El plato distribuidor está ubicado en la parte inferior del reactor y juega un papel muy importante en la operación. Como las partículas de resinas están a alta temperatura y activas, es muy importante que ellas no se depositen en el inferior o paredes del reactor, ya que comenzarían a generar aglomerados. Por lo tanto resulta crítico mantener un gran caudal de gas de ciclo más el etileno fresco a través del plato distribuidor para lograr una fluidización en la base del lecho, lo cual es imperativo en la operación del reactor. Las partículas de resinas son extraídas del reactor cerca del plato distribuidor a través de la apertura y cierre secuencial de válvulas automáticas. El reactor opera a una temperatura que tiene que ser menor que el punto de fusión de las partículas de resinas.

La zona de reacción está conectada con la zona de separación a través de una sección cuya pared es inclinada. Durante la operación normal y polimerización del etileno, algunas partículas de resinas de la zona de separación caen dentro de esta zona de transición, haciendo contacto con las paredes. Como las partículas todavía contienen catalizar activo, ellas continúan polimerizándose y se van “pegando” unas con otras. Esto termina formado “láminas” que van creciendo sobre la superficie de estas paredes.

Como se dijo, el otro fenómeno de polimerización indeseado, la formación de *chunks* en la zona del plato distribuidos debido a la formación de puntos calientes. En ambos casos, la solución definitiva es parar la planta y hacer la limpieza del reactor para eliminar todas estas formaciones de polímero duro.

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 co-catalizador en forma dosificada, que es función del producto a obtener. Esta corriente gaseosa se mezcla con la corriente que viene del reciclado y entra al reactor de polimerización de lecho fluido por su parte inferior.

En el reactor se hallan partículas de polvo de polietileno en estado fluidificado 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 del reactor.

Las partículas del polímero (tipo polvo) 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 de gas etileno no convertida 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. A esta corriente de gas se le suma un porcentaje del mismo gas que proviene del tanque de descarga. Existe un compresor de reciclado, que aumenta la presión del gas para que éste puede ser reinyectado en la corriente primaria.

El polvo de polímero pasa al tanque de desgasificación o purga donde es fluidificado por una corriente de nitrógeno para poder eliminar casi totalmente el resto del gas; la corriente gaseosa emergente es enviada a la antorcha para su quemado. El polvo sale del tanque de purga a través de una válvula exclusiva rotativa que oficia de dosificador volumétrico continuo que lo envía conjuntamente con los aditivos 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 diseñada 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 secadora centrífuga que elimina el agua y la humedad mediante la fuerza centrífuga y una corriente de aire en sentido inverso a la dirección de los pellets. Los pellets ya secados son transferidos por medio de un transporte neumático convencional a los silos de embolsado donde se obtiene el producto final: bolsas de pellets de polímero de 25 kg.

El polietileno que se obtiene de esta tecnología se lo denomina LLDPE, polietileno de baja densidad lineal. Este tipo de polietileno presenta propiedades mecánicas y de procesabilidad muy buenas, que le otorgan excelentes características ópticas y de sellabilidad, configurando un muy buen balance de propiedades. Entre los usos más importantes de este tipo de polietileno podemos encontrar: bolsas industriales, película de uso agrícola, silo bolsa, termocontraíbles, artículos de bazar, juguetes, recipientes para alimentos, productos congelados, envases flexibles, película *stretch* y pañales.

#### **1.3.4. Características tecnológicas de la Planta LLDPE Bahía Blanca que condicionan su capacidad productiva**

##### **1.3.4.1. Las distintas capacidades de producción para el caso de estudio**

En la presente sección se detallan los distintos niveles de capacidad de producción y los niveles de actividades de acuerdo a las definiciones desarrolladas en el marco teórico. Para este trabajo, la unidad de tiempo es horas continuas de producción y el de la eficiencia es Toneladas

por hora, por lo que resulta que la unidad final de medir, tanto las capacidades (teórica y práctica), como el nivel de actividad (previsto o real) son Toneladas de polietileno.

La unidad de medida de capacidad debe reunir las siguientes condiciones. Para este trabajo, la unidad “Tonelada de polietileno” cumple con todos los requisitos.

- 1- Independencia: no debe ser afectada o influida por ningún otro factor que no sea el propio de esa capacidad o de su uso previsto o real
- 2- Representatividad: de la capacidad y del uso de los factores fijos que la componen en relación a los costos que están vinculados con aquellos.
- 3- Simplicidad: ser una unidad de medida entendible a todos los niveles y fácilmente determinable y controlable.

### ***Capacidad máxima teórica***

Para el caso bajo estudio, y tomando como unidad de tiempo inicial la producción ideal en un día, el valor que definido es de 550 toneladas de producción de polietileno. Cabe la salvedad que, como los distintos productos tienen diferentes propiedades, no todos los productos tienen el mismo *rate* de producción. El valor antes mencionado es definido para aquellos que pueden dar un nivel de actividad mayor. Está representado por el segmento A-B en el gráfico 2, capítulo I.

Tomando el valor anterior y ahora considerando como base de tiempo un año calendario, el valor total obtenido es de 200.750 toneladas. Es decir, si el proceso bajo estudio pudiera funcionar en forma ideal cada día durante un año, el nivel de actividad previos y real sería igual a la capacidad máxima teórica de casi 201 mil toneladas. Ya se mencionó en los párrafos anteriores que este supuesto es imposible de alcanzar en la realidad de la operación de un proceso continuo. Es imposible asumir o definir que una planta de proceso continuo no tendrá ningún tipo de interrupciones en el transcurso de un año. Un punto importante a resaltar es el nivel de reserva de equipos, el cual se define durante la etapa de diseño. Es decir, aquí no solamente se define la capacidad máxima teórica sino también el peso de algunos factores que podrán impactar de una u otra manera sobre la capacidad máxima práctica. A mayor cantidad de equipos con reserva (esto es un equipo en operación y otro en *stand by*) menor impacto tendrán los factores en la capacidad máxima teórica. Veremos más adelante que un factor que

tiene impacto en la producción es la alimentación eléctrica. Para clarificar el concepto anterior, no es lo mismo una sola línea de alimentación eléctrica a toda la planta, que disponer de una titular y una en reserva, la cual entrará en operación automáticamente cuando falle la primera. De esta manera, paros no previstos podrán ser evitados. Resulta claro la razón por la cual se toma como base de tiempo un año calendario. La inmensa mayoría de las organizaciones, definen sus estrategias, planes productivos, económicos y financieros en base anual. Tenemos entonces:

<p><b><i>CAPACIDAD MAXIMA TEÓRICA ANUAL: 200.750 toneladas</i></b></p>
--

### ***Capacidad máxima práctica***

Para el cálculo de este valor se define que tanto la variable tiempo de producción como el *rate* de producción, son afectados por diversos factores que reducen o condicionan en forma permanente la capacidad teórica.

Este tipo de sobredimensionamiento se da por razones tecnológicas, como por ejemplo en la industria siderúrgica donde la definición de la capacidad del horno de colada se hará durante la etapa de inversión y luego difícilmente pueda ampliarse. Por lo que si se prevé un aumento de demanda en el largo plazo, esto debe tenerse en cuenta al momento de hacer la inversión. En este sentido, la tecnología avanza para construir unidades productivas en “módulos” para que estos puedan incorporarse a medida que la demanda realmente lo requiera. Por ejemplo, en el caso bajo estudio, se mencionó que la capacidad de los *crackers* está definida por la cantidad de hornos de craqueo que tienen. Hoy la tecnología ha avanzado para que, si es requerido, pueda incorporarse uno o más hornos a los definidos por el diseño inicial.

Con respecto al tiempo de uso de los recursos, el concepto de capacidad máxima consideró, para el caso de estudio, que el uso de recursos es ininterrumpido. Considerando esto, multiplicando las horas de un día de producción, por un año calendario, tenemos que dicho tiempo es igual a 8.760 horas de disponibilidad. No caben dudas, que al momento de diseñar un proceso productivo, se tiene en cuenta o se asume el 100% de disponibilidad del tiempo.

En base a todo lo anterior, en el caso de estudio podemos decir que el tiempo máximo de uso disponible se calcula teniendo en cuenta el promedio de los últimos años para los

mantenimientos programados en forma anual. Esto, en términos porcentuales, es de un 15%. Es decir, un 11% del tiempo anual, el proceso de producción tiene un paro para mantenimiento preventivo. Considerando distintos factores, como se vio en los párrafos anteriores, se obtiene un valor de eficiencia real u objetivo de 22 Toneladas por hora.

Por lo tanto, para calcular la capacidad máxima práctica, hacemos:

$$Q_m = T_m \times E_m$$

$$Q_m = (365 \times 0,86) \times 22 \text{ Toneladas / hora} \times 24 \text{ horas}$$

$$Q_m = 166.700 \text{ Toneladas / año, que representa un 83 \% de la teórica.}$$

**CAPACIDAD MAXIMA PRÁCTICA ANUAL:** 166.700 toneladas

La diferencia entre la capacidad teórica y práctica es de unas 35.000 toneladas. La siguiente tabla muestra cuáles son los factores que se han identificado en el trabajo de campo para definir esa diferencia entre una capacidad y otra.

**Tabla 5:** Factores que afectan la capacidad teórica

<b>Factor</b>	<b>Impacto (Toneladas)</b>	<b>Descripción</b>
Paros imprevistos por fallos mecánicos / operativos	9.500	Un análisis estadístico indica que a lo largo del año siempre existirán paros imprevistos por fallos mecánicos en equipos con operación continua. Más allá de las mejoras en las estrategias de mantenimiento, se define este valor como el valor base para el cálculo de la capacidad práctica.
Paros imprevistos por factores humanos	2.500	Al igual que el punto anterior, se asume un impacto por fallos o errores humanos en la operación de la planta. El valor indicado es la base para el cálculo.
Ciclo de Producción	8.500	El cálculo por diseño de la capacidad teórica indica se hace con el máximo <i>rate</i> de producción. En la realidad, se conoce que no todos los productos pueden “correr” a la misma carga, por lo que distintos productos tendrán distintos valores de producción. Se sabe por experiencia los valores de <i>rate</i> de cada producto y en base a estadísticas de producción, se calcula el impacto en la capacidad teórica

Paros programados	10.500	Se asume un impacto en la capacidad teórica máxima por paros programados para mantenimiento y limpieza de equipos.
Restricciones tecnológicas	4.000	La planta corre a un <i>rate</i> menor por tener un grado de ensuciamiento mayor al admisible en el proceso. Se asume que se corre la planta durante un tiempo hasta que se llegue a un paro programado.

**Fuente:** Elaboración propia

La suma de valores de estos factores totaliza unas 35.000 toneladas que representa la diferencia entre la capacidad teórica o ideal y la práctica. Como se ha venido expresando, esta última contempla situaciones reales y conocidas que tendrán un impacto esperado. Los valores indicados son los utilizados para el cálculo y son la línea de base para el mismo. Esto significa que año a año el impacto de cada uno de ellos puede variar.

En resumen, esta capacidad está basada en un cálculo empírico, de ahí que su valor es genérico. Este valor significa que si la planta, aún con las restricciones de producción por los distintos factores listados anteriormente, podría producir en un ciclo anual 166.700 toneladas. Para dicho volumen se asume que cada una de las restricciones mencionadas y su probabilidad se dan en un escenario optimista. Dicho en otras palabras, la probabilidad de cada factor se toma en el margen mínimo. Este volumen de producción permanece fijo a través de los años y podrá cambiar siempre y cuando exista algún proyecto que reduzca de manera fuerte la probabilidad de los factores más importantes o bien aumente la producción por la instalación de nuevos equipos de mayor capacidad.

### ***Nivel de actividad prevista***

Para este trabajo, se consideran los siguientes factores, los cuales definen cada año el nivel de actividad previsto. Se describirá luego cada uno de ellos desde el punto de vista interno o externo. Todos estos factores se estiman de manera objetiva y racional, considerando estadísticas de años anteriores y previsiones del mercado u otras variables. Los factores son:

- Falta de demanda (factor externo)
- Falta de materia prima (factor externo)
- Paros por sucesos imprevistos -diversos motivos- (factor interno / externo)
- Paros programados (factor interno)

- Restricciones tecnológicas (factor interno)
- Ciclo de producción (factor interno / externo)

En la siguiente tabla, podemos ver como cada uno de los factores a tener en cuenta en el nivel de actividad previsto, impactan en el tiempo efectivo y eficiencia productiva en el presente trabajo.

**Tabla 6:** Factores que afectan la capacidad máxima práctica

<b>Factor</b>	<b>Impacto tiempo efectivo</b>	<b>Impacto eficiencia producción</b>	<b>Magnitud (Toneladas)</b>
Falta de demanda	La falta de demanda por parte del mercado impacta sobre el tiempo que la planta producirá. Previo comienzo de un año, se estima el cual será este volumen en base a distintos factores, como por ejemplo la competencia con otros productores, importaciones, crecimiento del mercado, etc. Esta variable es analizada y definida por el área Comercial.	Como los <i>rate</i> de producción son distintos para los productos, dependiendo de aquellos que no tengan demanda, existirá un impacto marginal en la eficiencia. Para nuestro estudio, este impacto se considerará nulo.	NA
Falta de materia prima	Tiene un impacto directo en el tiempo efectivo de uso del centro operativo. Se estima en base al mercado del gas.	No tiene impacto	18.000
Paros por sucesos imprevistos	Los paros tienen un impacto directo en el tiempo disponible. Se puede establecer en base a una estadística de años anteriores y paros previstos que no son los tenidos en cuenta para el cálculo de la capacidad máxima práctica.	No tiene impacto	3.000
Paros programados	Tiene un impacto en el tiempo disponible para la producción.	No tiene impacto	3.000
Restricciones tecnológicas	No tiene impacto	Fallas o problemas operativos pueden impactar el <i>rate</i> de producción sin necesidad que exista un paro del proceso.	2.000

Ciclo de producción	No tiene impacto	Dependiendo de los productos que se manufacturen, existirán diferencias en el <i>rate</i> que impactarán en la eficiencia del proceso.	500
---------------------	------------------	--	-----

**Fuente:** Elaboración propia

Es importante resaltar que el impacto mayor en el cálculo del nivel previsto de actividad se da en aquellos factores que afectan el tiempo efectivo de operación. En este caso, al no producirse disminuciones en los costos fijos totales, los costos fijos unitarios se incrementan. Veremos en el capítulo IV, donde se analizan cada una de las alternativas, como aumentan los costos fijos unitarios al tener un volumen de producción menor por la falta de demanda. Se analizará el caso, el cual se define como caso base 2, donde la producción es de 120.000 toneladas con una pérdida de 20.000 toneladas. Veremos que, aunque los costos totales son algo menores que el caso base 1, 140.000 toneladas, los costos unitarios son mayores.

Como ya fue expresado, el nivel de actividad previsto está referido al uso de la capacidad para un período no mayor de un año, plazo generalmente coincidente con el período que comúnmente abarca el presupuesto económico y con el horizonte de planeamiento más común para la mayoría de las empresas. Este concepto vincula el uso de la capacidad con las fluctuaciones del mercado en el corto plazo por lo que pareciera ser más apto para mercados inestables o de tendencia no claramente definida. Para este trabajo, se calcula anualmente y no necesariamente se obtiene el mismo valor en cada ejercicio. Pero por otro lado, las diferencias no son significativas entre valores de actividad prevista en los últimos años. Es un concepto de corto plazo, puesto que no pretende mitigar los efectos que los cambios cíclicos provocan sobre la demanda.

Por último, se define como capacidad ociosa operativa o inactividad, a la pérdida de producción resultante de los factores antes mencionados definidos para cada año de gestión.

**CAPACIDAD PRÁCTICA PREVISTA: 140.000 toneladas**

Dicha capacidad se calcula año a año. Este análisis se hace algunos meses previos al inicio del año en cuestión y participan personas de planificación de la producción, quienes proveen un *input* de cómo será y que demandará el mercado para el año entrante; personas de mantenimiento, quienes analizan si durante dicho año se necesitará parar la planta para tareas preventivas; personas que trabajan en el suministro de materia prima, quienes evalúan la disponibilidad que existirá en el gas natural para el año siguiente. Por último, el *staff* de planta revisa los distintos *inputs* antes indicado y define el volumen anunciado como valor de producción para el año siguiente.

### ***Nivel de actividad real***

Para clarificar este punto y alineado con el caso bajo estudio, podemos asumir que para un año la pérdida de producción por falta de materia prima será de 20.000 toneladas y luego la realidad demostrará que podrá ser menos, asumamos 15.000 toneladas. Estas 5.000 toneladas de diferencia explicarán en parte porque la capacidad real superó a la prevista. Siguiendo con el ejemplo, resulta claro que para el caso de la disponibilidad de materia prima, es complejo estimar las pérdidas ya que es un factor externo condicionado por situaciones complejas que exceden ampliamente el ámbito de control de la empresa.

### ***Clasificación de factores según su origen***

Se analizan a continuación los distintos factores, internos y externos para describir el impacto en cálculo de la capacidad teórica, práctica y los niveles de actividad previsto y real.

Para resumir tenemos:

- Capacidad máxima teórica: 200.750 Toneladas
- Capacidad máxima práctica: 166.700 Toneladas
- Nivel de actividad previsto: 140.000 Toneladas
- Nivel de actividad real: 130.833 Toneladas (promedio 2011-2016)

La siguiente tabla describe cada uno de los factores externos, indicando el impacto en la pérdida de producción (promedio) para el período 2011-2016. Los valores son en toneladas.

**Tabla 7:** Factores externos que afectan el nivel real

<b>Factor</b>	<b>Pérdida Producción</b>	<b>Forma de impacto en la producción</b>
Ciclo de producción	100	De acuerdo a las exigencias del mercado, el departamento que planifica la producción a fin de entregar lo que los clientes demandan, realiza un ciclo de producción. No todos los productos tienen un <i>rate</i> igual. Como cada producto tiene componentes distintos y por lo tanto la reacción es propia para cada producto, la producción “instantánea” no es igual para todos, por lo que algunos productos, bajo las mismas condiciones de proceso, alcanzarán un volumen mayor a lo largo de un día de producción. Esta variable no depende de la planta, sino de la planificación de la producción. Dicho de otra manera, es lo que solicita el mercado. Esta variable que impacta la producción es permanente. Es decir, todos los años siempre existirá un volumen de producción perdido por este factor.
Paro imprevisto por condiciones climáticas severas	0	La producción puede verse afectada por condiciones climáticas severas, que lleven a tener que detener la producción para minimizar riesgos operativos. Se recuerda que la planta bajo estudio es flotante, por lo que una creciente en el nivel de la marea podría poner en riesgo conexiones existentes entre el muelle y la planta. Este factor raramente ha afectado la producción.
Falta de demanda	0	En caso de existir una falta de demanda por parte del mercado, la planta debe parar la producción. Este factor raramente ha afectado la producción.
Falta de materia prima	2.700	La pérdida de producción por no disponer de materia prima para fabricarla se ubica en esta categoría. Este factor ha sido en la década actual años el principal motivo que ha afectado la capacidad productiva. Esta variable está relacionada con el consumo que tiene el gas natural, por lo que, como se expresó, ha tenido un gran impacto en cuanto a disponibilidad se refiere.
Paro imprevisto por corte de suministro de servicios.	500	Se ubica aquí la pérdida de producción por falta de algún servicio, tales como: electricidad, agua, aire, etc.

**Fuente:** Elaboración propia

Con respecto a los factores internos, la siguiente tabla describe cada uno de los factores y la pérdida de producción para el período 2011-2016.

**Tabla 8:** Factores internos que afectan el nivel real

<b>Factor</b>	<b>Pérdida Producción</b>	<b>Forma de impacto en la producción</b>
Paros programados por mantenimiento	300	Este factor está relacionado con los trabajos que tarde o temprano deben hacerse en los equipos de proceso para evitar roturas, etc. Para la planta bajo estudio este tipo de parada programada se efectúa cada dos años. En general es una pérdida de producción programada, es decir, se sabe con anticipación, cuando ocurrirá.
Paros imprevistos por rotura de equipos	0	Pérdida de producción no prevista debido a la rotura o falla de equipos de procesos.
Restricción tecnológica: Variabilidad en el proceso	1.000	Se incluye en esta categoría el impacto en la producción debido a la limpieza de equipos que, por condiciones de variabilidad normal de proceso ocurren, como por ejemplo: cambio de filtros, cambio de cuchillas de pelletizado, limpieza del sistema de catalizador e inyección de aditivos.
Restricciones tecnológicas: Ensuciamiento del reactor	1.100	Este factor está vinculado con una característica de la tecnología <i>Gas Phase</i> . Dicha tecnología requiere que tanto la materia prima, etileno, como los otros productos que son inyectados al reactor, comonomero y catalizadores estén en un estado casi puro en cuanto a cantidad de impurezas o contaminantes se refiere. Cualquier presencia de contaminantes tales como agua, oxígeno, acetileno, etc. en cantidades de pocas partes por millón (PPM) hacen que la reacción no sea totalmente estable. La inestabilidad producida genera ensuciamiento. De acuerdo a variables monitoreadas continuamente por el sistema de control (DCS), se requiere parar la producción para hacer limpiezas. Históricamente a los largo de cada año, se observa que siempre se han producido pérdida de producción por estos factores. La planta dispone de unidades purificadoras para evitar que impurezas entren al reactor. Sin embargo, se ha probado que en algunos casos no siempre son totalmente eficaces.

<p>Restricción tecnológica: Falta de capacidad de enfriamiento</p>	<p>2.300</p>	<p>Este factor, como se verá más adelante en la tabla que muestra las pérdidas de producción, es uno de los más importantes en cuanto a volumen de producción afectado. Este factor está relacionado con la capacidad de enfriamiento que tiene la planta. El gas de ciclo (recordar que la reacción es exotérmica –genera calor-) es enfriado por un sistema de agua de enfriamiento de ciclo. Este sistema cerrado de agua dulce es a su vez enfriado por un sistema abierto de agua salada. Dicho sistema cumple la misma función que las torres de enfriamiento, las que podemos ver en todas las plantas de proceso continuo de fluidos. Este sistema de agua salada tiene una capacidad de enfriamiento que depende de la temperatura del agua de mar, la cual tiene variaciones muy importantes dependiendo de la época del año. Es por ello, que en invierno, la temperatura del agua de mar es fría, lo que aumenta la capacidad de extraer calor del sistema cerrado, aumentando la capacidad de producción. Por el contrario, en verano el agua está más caliente, reduciendo la capacidad y por lo tanto la producción.</p> <p>Este factor representa hoy en día un cuello de botella para aumentar la producción, pero por el diseño original de la planta, no existen soluciones viables para eliminarla. Se verá que este factor impacta la producción todos los años.</p>
<p>Factores humanos</p>	<p>700</p>	<p>Este factor está asociado a fallas humanas, es decir, conductas individuales u organizaciones que llevan a cometer errores que terminan impactando la producción.</p>
<p>Implementación de proyectos</p>	<p>1.000</p>	<p>Esta categoría es utilizada para contabilizar las pérdidas de producción debido a implementación de proyectos. El sistema de gestión de la empresa define como proyecto a todo cambio de planta que no sea igual por igual. Esto significa que cualquier trabajo que, o bien instale nuevos equipos o reemplace éstos por otro diferente, caen en la categoría de proyectos. El objetivo de implementar proyectos puede incluir mejoras de seguridad para minimizar riesgos personales, incremento de la producción, cambios en planta para mejorar la eficiencia de los trabajos y como resultado de esto una reducción de los costos, etc. Se busca en general que dicha implementación, salvo que exista una necesidad urgente de materializarla, se hacen durante las paradas de planta, por lo que el impacto de producción “se solapa” con el factor de paradas de planta programadas.</p>

**Fuente:** Elaboración propia

### **1.3.4.2. Limitaciones Tecnológicas del proceso *Gas Phase***

Vimos en la sección anterior, las restricciones tecnológicas que, como factores internos afectan la producción. Se describe a continuación cada uno de ellos con un grado mayor de detalle, a los efectos que pueda entenderse con más claridad las principales problemáticas de la tecnología. Se ha mencionado que esta tecnología tiene grandes ventajas competitivas con respecto a otras, en términos de simpleza y menor nivel de inversión inicial. Lo que sigue muestra a grandes rasgos “los puntos débiles”, los cuales radican principalmente en cuestiones de susceptibilidad del proceso, principalmente con la presencia de contaminantes.

#### ***Remoción de los venenos para la reacción***

La más importante es su gran sensibilidad a los venenos como el acetileno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y agua expresada en PPM. Algunos de los venenos mencionados son productos secundarios durante el proceso de pirólisis para producir el etileno. Estos venenos, en cantidades prácticamente insignificantes, tienen un impacto directo y significativo en el *rate* de conversión. Este es característico de esta tecnología y uno de sus puntos más débiles, ya que las tecnologías *Slurry* o Alta presión, sorprendentemente no causan problemas al ser contaminadas con estos venenos.

Para asegurar que el etileno fresco proveniente del *cracker* esté libre de estos venenos, la corriente tiene que ser purificada utilizando una serie de absorbedores o lechos de purificaciones. Típicamente, un lecho de purificación dispondrá de paladio para remover el acetileno, óxido de cobre para remover el monóxido de carbono, cobre para remover el oxígeno y finalmente un tamiz molecular para remover humedad.

Por la misma razón, los comonomeros también requieren de un proceso de purificación para remover venenos y materiales no deseados. Los lechos de purificación, tanto para el etileno como para los comonomeros, requieren de una inversión de capital que no es necesaria para las otras tecnologías.

#### ***Control Estático***

Cuando la resina, en forma de polvo, es fluidizada dentro del reactor, los granos de resina tienen contacto entre ellos, generando una fricción. Esta fricción genera una corriente estática ya que cuando dos granos de carga eléctrica diferente entran en contacto, ambos se

atraen y se fusionan en uno mayor. Si este fenómeno no fuera controlado, se generaría grandes volúmenes de resina similar a cuando ocurren fenómenos de puntos de alta temperatura. El control estática es también una característica del proceso de *Gas Phase*.

Este fenómeno se controlada mediante la adición de probetas en diferentes puntos del reactor para medir la energía eléctrica potencial. Bajo condiciones normales de operación, la lectura del voltaje estático tendrá una variación cercana a un estado neutro. Para algunos tipos de catalizadores, dicho potencial podrá ser positivo o tender a valores negativos de voltaje. Para controlar el voltaje estático, pequeñas adiciones de agua o metanol (moléculas polares simples) son inyectadas al reactor. Esto ayuda a neutralizar este fenómeno.

### ***Formación de geles***

Los geles son granos del polvo de resina que son más duros y densos que el resto. Son producto, o se generan, a partir de puntos de alta temperatura o incursiones, también de temperatura, pero que no llegan a formar una masa significativa, conocida como *chunck*. El gel puede permanecer en la fase fluidizada de la resina o pegarse a las paredes del reactor. De una u otra forma, saldrá como parte del producto final o será removido al momento de limpiar el reactor.

El problema principal con los geles es que su temperatura de fusión no es la misma que el resto de la resina o pellets, por lo tanto se pueden apreciar con microscopio al mirar un pellets como una incrustación o minúsculo punto. Los geles representan un gran problema para los transformadores que hacen films, ya que pueden quedar a la vista del producto final, confiriendo una mala calidad de dicho producto, o romper la burbuja cuando se está haciendo el film, lo cual represente un impacto de productividad en el transformador. Como se expresó, cuando los geles tienen un impacto directo y sostenido en la operación, afectando la calidad del producto final, lo que debe hacerse el parar el proceso para hacer una limpieza interna del reactor y otros equipos. La formación de geles es un fenómeno común en la operación, causando paradas no previstas y pérdida de producción asociada.

### ***Control de remoción del calor***

El gran desafío en la tecnología es la remoción del calor generado por la reacción exotérmica durante la polimerización. Resulta esencial mantener una temperatura constante del

reactor para asegurar una reacción o conversión deseable. Este desafío es mayor si el enfriador pierde capacidad de intercambio calórico por ensuciamiento. El fenómeno de ensuciamiento también se da como parte de la operación normal, y al igual que el reactor, requiere de limpiezas cada una a determinada frecuencia. Si se desarrollan punto de alta temperatura o *hot spots* dentro del reactor, el patrón de fluidización es modificado. Este punto se transforma en un núcleo de polimerización cuya reacción se da en forma acelerada. El resultado final de esto es la formación, por fusión de los granos, de volúmenes importantes de polímeros u hojas que se adhieren a la pared del reactor. En ambos casos, cuando adquieren un peso relevante, este material no deseado y suspendido en la pared del reactor, puede caer al distribuidor de gas, que se ubica en la parte inferior del reactor. En este caso, se genera un punto de bloqueo de ingreso de gas, perdiendo la capacidad de fluidificar la resina en la forma esperada. Este fenómeno se retroalimenta. Es decir se genera un círculo vicioso que hace aumentar los volúmenes de resina dentro del reactor. El peor escenario es cuando se pierde un área muy importante del distribuidor de gas y se genera una gran masa de resina. Para eliminar esto se requiere interrumpir el proceso y acceder con herramientas para romper y remover dicho bloque de polímero o resina. Este tipo de situaciones genera, como evento imprevisto, una gran pérdida de producción por la cantidad de días que se necesitan.

Uno de los sistemas de protección empleados para reducir este fenómeno es reducir el *rate* de polimerización a partir de la inyección de algún veneno para minimizar estas incursiones de alta temperatura y mantener un control de dicha variable dentro de los límites operativos. Usualmente, se utiliza monóxido de carbono, el cual es inyectado en pequeñas dosis para prevenir las incursiones. En caso que se detecte un *chunck*, directamente si inyecta una cantidad de monóxido importante para parar la reacción y hacer la limpieza antes descripta.

La capacidad de remover el calor limita la capacidad de producción. Esto significa que una línea de producción no puede ser ampliada sin considerar una gran inversión que incluya nuevos equipos o enfriadores para eliminar el calor generado por la reacción. Un método que se ha desarrollado hace algunos años y ha probado superar esta dificultad es la operación en “fase condensada”. Para esto se requiere de utilizar grandes cantidades de comonomero el cual condensará en el enfriador y vaporizará en el distribuidor de gas. Esta acción remueve grandes cantidades de calor y posibilita mejorar el *rate* de producción. En este caso, prácticamente no se requiere de ningún tipo de inversión.

Se expone a continuación un resumen de lo expresado anteriormente:

**Tabla 9:** Factores que impactan la producción

<b>Factor</b>	<b>Tipo de factor</b>	<b>Probabilidad que afecte la producción en un plan anual</b>	<b>Impacto en el plan anual</b>
Ciclo de producción	Externo	Muy alta (100%)	Bajo
Condiciones climáticas severas	Externo	Muy baja (Menos del 2%)	Bajo
Falta de demanda	Externo	Muy baja (Menos del 2%)	Bajo
Falta de materia prima	Externo	Muy alta (100%)	Alto
Corte de suministro de servicios.	Externo	Muy baja (menos del 5%)	Bajo
Paradas programadas	Interno	Muy alta (100%)	Mediano
Falla de equipos	Interno	Muy alta (100%)	Alto
Variabilidad en el proceso	Interno	Alta (80%)	Mediano
Ensuciamiento del reactor	Interno	Alta (80%)	Mediano
Falta capacidad de enfriamiento	Interno	Muy alta (100%)	Alto
Disciplina operativa	Interno	Mediana (50%)	Bajo
Implementación de proyectos	Interno	Muy baja (menos del 5%)	Bajo

**Fuente:** Elaboración propia

La siguiente tabla muestra los valores de los últimos 6 años en término de pérdida de producción para cada uno de estos factores o categorías.

**Tabla 10:** Nivel de actividad previsto y real, indicando factores de pérdida (Toneladas)

<b>Factor</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Nivel de actividad previsto	140.000	140.000	138.000	140.000	133.000	125.000
Nivel de actividad real	139.000	132.000	135.500	124.500	124.000	130000
Tipos de productos	500	600	700	500	450	800
Cond. climáticas severas	0	0	0	0	0	0
Falta de demanda	0	0	0	0	0	0
Falta de materia prima	19.300	21.100	22.300	21.700	19.200	20.700
Corte de servicios.	0	1.000	0	0	1.100	1.000
Paros programados	0	8.600	0	9.000	0	2.400
Paros imprevistos (roturas)	1.950	2.150	1.250	3.500	3.800	4.100
Variabilidad en el proceso	2.100	950	500	700	800	1.200
Ensuciamiento del reactor	4.300	3.500	3.100	2.500	3.100	2.300
Falta cap. enfriamiento	2.500	3.400	1.900	2.100	2.300	1.600

Factores humanos	750	1.000	500	600	550	1.200
Implementación proyectos	0	1.700	4.000	0	150	650

**Fuente:** Elaboración propia

Como conclusión sobre los factores que impactan la producción, se pueden listar los siguientes puntos:

- Aun siendo un factor externo a la planta, se advierte que la disponibilidad de materia prima es la categoría más importante que impacta la capacidad de producción de la planta. Dicho impacto ha ido creciendo en la década actual y es de esperar que continúe esta tendencia o se estabilice en el mejor de los casos.
- Otros factores, tales como la falta de capacidad de enfriamiento y tipos de productos a fabricar son categorías que son propias de la producción y no se pueden eliminar.
- Variaciones en el proceso, ensuciamiento del reactor y paros por rotura de equipos son factores bajo control de la organización, por lo que un equipo de trabajo más eficiente y eficaz, hará disminuir el impacto de estos factores en la producción de cada año.

Con respecto a los paros de planta programados, éstos tienen una frecuencia anual, aunque tienen alguna flexibilidad en cuanto al tiempo de ejecución, como también al período del año en la cual se ejecuta.

### 1.3.5. Mapeo de los procesos bajo estudio

La tecnología *Gas Phase* puede dividirse en los siguientes procesos y sistemas de fabricación de polietileno. La mayoría ya fueron brevemente descriptos anteriormente.

- 1- Proceso suministro de etileno al reactor
- 2- Proceso de alimentación de comonomero al reactor
- 3- Proceso de alimentación de catalizador
- 4- Sistema de agua de ciclo
- 5- Sistema de agua salada
- 6- Sistema de descarga resina
- 7- Sistema de inyección de aditivos
- 8- Sistema de pelletizado
- 9- Servicios auxiliares: nitrógeno

## 10- Sistema de alimentación eléctrica

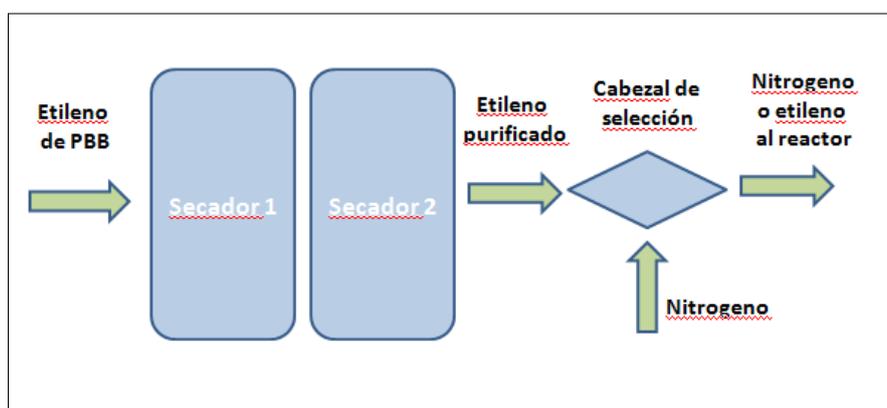
En primer lugar, describimos a continuación cada uno de ellos, resaltando los materiales y/o productos necesarios para que dichos procesos se lleven adelante.

### 1- Proceso suministro de etileno al reactor

**Purificación:** El etileno una vez que sale del *cracker* atraviesa un tren de purificación con el fin de retener las impurezas que pueda arrastrar la corriente de esta materia prima. La planta dispone de tamices secadores de etileno, donde el agua es extraída por absorción en un lecho fijo de tamiz molecular. Periódicamente estos tamices son sacados de servicio con el fin de ser regenerados ya que han perdido eficiencia en retener impurezas. Los tamices retienen impurezas polares tales como Metanol, Agua, Acetonas Acetaldehídos, que son los más comunes en la corriente de Etileno.

Una vez que el etileno sale de los tamices, la línea se dirige hacia el cuadro de inyección. Este permite seleccionar el gas con el que se va a presurizar el reactor previo a su arranque. A ese cabezal llega nitrógeno o etileno. Pasado este punto se encuentra una válvula reguladora de caudal previo a su ingreso al sistema de reacción.

**Gráfico 22:** Suministro etileno al reactor



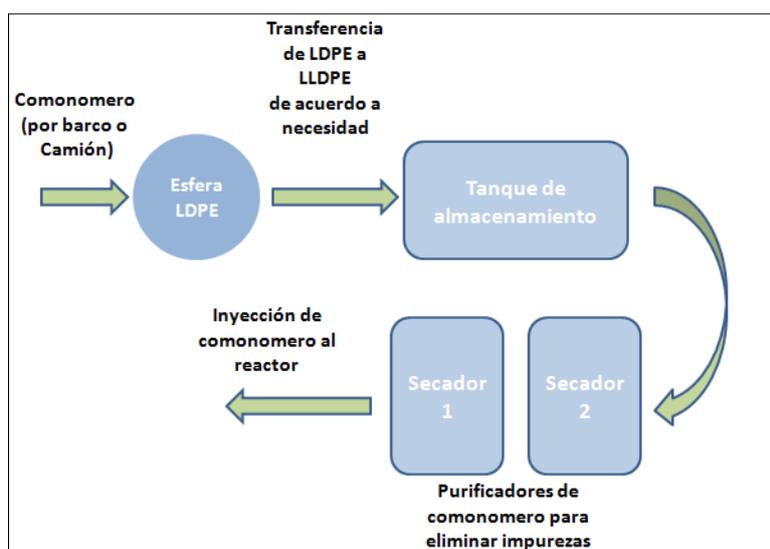
**Fuente:** Elaboración Propia

### 2- Proceso de alimentación de comonomero al reactor

Como fue mencionado en la teoría de polimerización, la función del comonomero es de regular la densidad de los distintos productos de acuerdo con una relación determinada. De acuerdo a la densidad final del producto y esperada por el cliente, se inyecta un determinado

caudal. Esta materia prima pueda ser recibida por barcos y/o camiones. Estos son descargados a las esferas de almacenaje ubicadas en el complejo, fuera del límite de baterías de la planta. El comonomero, al salir de las esferas, pasa por un tamiz y de allí llega al tanque ubicado dentro de planta. Luego se inyecta al reactor a través de bombas. Estas bombas trabajan en forma alternativa una operando y la otra en reserva en caso que la primera presente algún problema durante la operación diaria. Los secadores de tamiz molecular están ubicados a la descarga de las bombas, en la línea de alimentación al reactor para eliminarles los trazos de humedad antes de que entre al reactor.

**Gráfico 23:** Alimentación de Comonomero

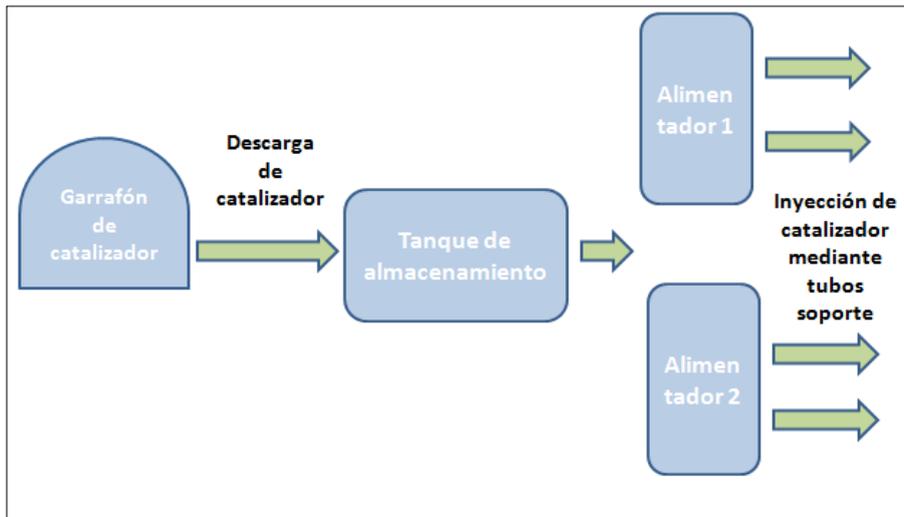


**Fuente:** Elaboración Propia

### 3- Proceso de alimentación de catalizador

El sistema de catalizador se utiliza para, transferir catalizador desde su lugar de almacenamiento hasta el reactor en forma segura, eficiente y controlada. Como la dosificación de catalizador influye en la velocidad de reacción, es necesario contar con un implemento que controle esta variable. El sistema consta de un tanque de almacenamiento, el alimentador de catalizador al reactor y por último el dispositivo de inyección por donde el catalizar, en forma continua, entra al reactor. El alimentador es el que regula el flujo hacia el reactor.

**Gráfico 24: Alimentación catalizador**



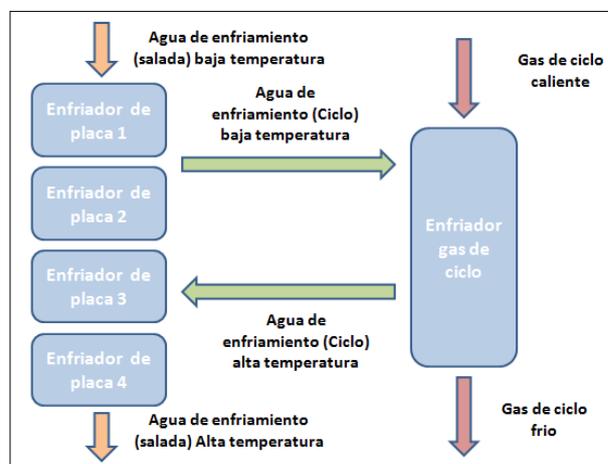
**Fuente:** Elaboración Propia

#### 4- Sistema de agua de enfriamiento 1

Es utilizado para proveer agua de enfriamiento al reactor, circulando por la carcasa del enfriador de gas de ciclo, enfriando al gas de ciclo que refrigera al reactor. El sistema tiene un automatismo para controlar la entrada de agua al enfriador con el objetivo de mantener una temperatura constante de gas de ciclo.

Este sistema cuenta con un tratamiento de agua para eliminar sólidos en suspensión, agentes corrosivos, etc. El agua de este sistema pasa a su vez por una serie de enfriadores para bajarle la temperatura.

**Gráfico 25: Agua de ciclo**

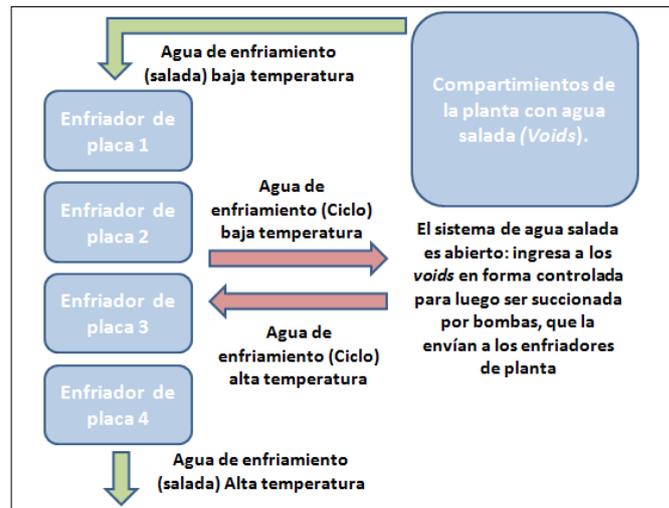


**Fuente:** Elaboración Propia

## 5- Sistema de enfriamiento 2 (agua salada)

Este sistema, de tipo abierto, toma agua de mar mediante una bomba y la hace circular por los enfriadores mencionados en el sistema anterior a los efectos de reducirles la temperatura. Los enfriadores de placas están diseñados con el fin de que tengan un doble circuito de agua, de un lado de las placas circulará agua de ciclo y del otro agua salada operando en contracorriente. El agua salada de la descarga de los enfriadores drenará al mar.

**Gráfico 26:** Agua salada

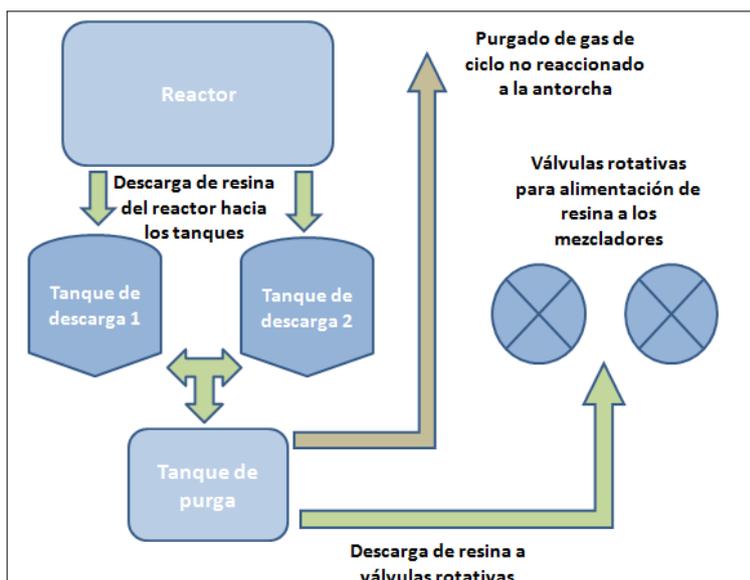


**Fuente:** Elaboración Propia

## 6- Sistema de descarga resina

El polietileno, en forma de polvo seco, es extraído del reactor mediante un sistema que posee válvulas automáticas y direccionan el producto hacia un tanque ubicado en la zona de reacción. Este sistema de descarga es automático y opera con una frecuencia tal que mantiene el reactor en condiciones operativas normales. El sistema de descarga de producto está formado por dos tanques, uno en operación y el otro como auxiliar. Cada tanque recibe una descarga de resina a una determinada frecuencia. Estos tanques descargan a otros aguas abajo que tienen como función ventear el gas al sistema de reciclo para reciclarlo nuevamente al reactor o derivarlo directamente a chimenea. Los tanques cuentan también con una purga de nitrógeno. Esta línea termina en el interior del de purga en tres anillos, cada uno de ellos tiene un caudalímetro con el fin de regular la cantidad de nitrógeno de purga. Esta purga es enviada y quemada en la antorcha. La frecuencia de las descargas es controlada por el controlador de nivel / peso del lecho del reactor o un temporizador entre descargas controlado desde sala de control que además está enclavado al de alto nivel y alta presión de cada tanque.

**Gráfico 27:** Descarga de resina



**Fuente:** Elaboración Propia

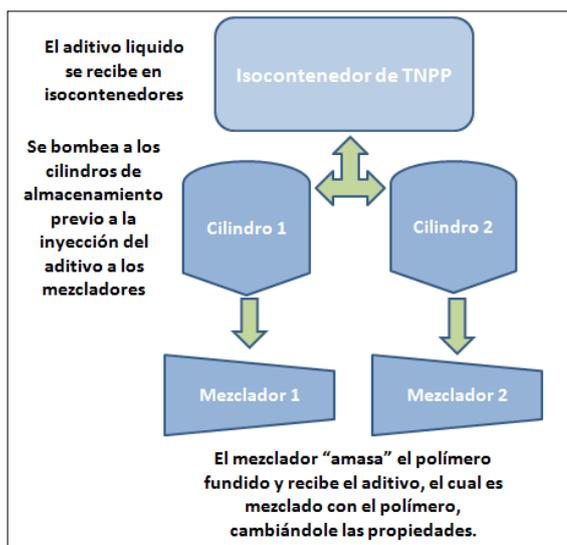
#### 7- Sistema de inyección de aditivos

El aditivo se utiliza como ayuda al proceso, que se le aditiva a la resina proveniente del tanque de purga, antes de pasar por el proceso de amasado del mezclador. Este sistema cuenta con la facilidad para trasvasar dicho fluido desde un tanque de almacenamiento hacia el mezclador de polietileno. El objetivo de inyectar aditivos es conferirle al polietileno diversas propiedades ópticas.

El aditivo se recibe en isocontenedores El sistema cuenta con las facilidades necesarias para poder realizar la descarga del isocontenedor. Dentro de estas facilidades existen líneas de nitrógeno para realizar purgas y evitar el ingreso de humedad, bombas para el trasvase del aditivo y un tanque de almacenamiento.

El aditivo sólido se utiliza como ayuda proceso para la resina. Cada producto, de acuerdo a las propiedades buscadas, tiene una determinada cantidad de aditivo. Éstos se inyectan a la resina proveniente del tanque de purga, antes de pasar por el proceso de amasado del mezclador.

**Gráfico 28: Inyección aditivos**



**Fuente:** Elaboración Propia

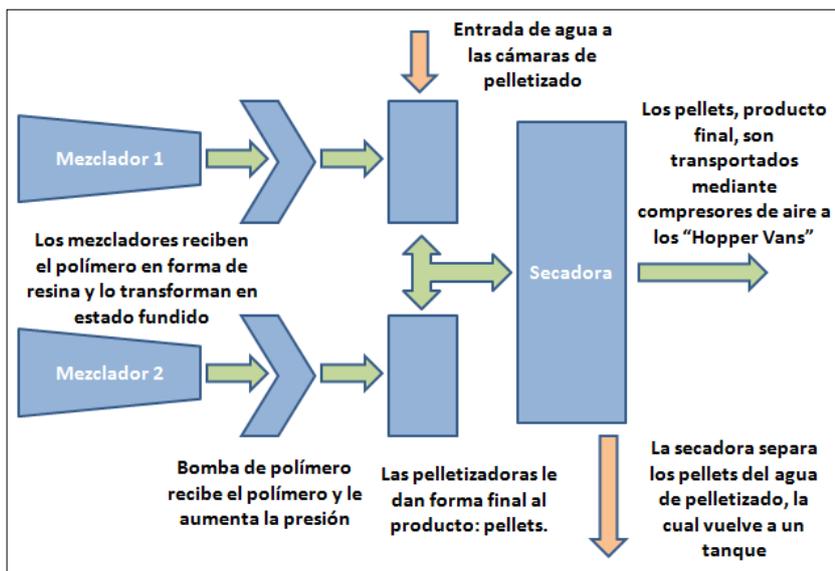
## 8- Sistema de pelletizado

El sistema de pelletizado comienza con la inyección del polietileno, en forma de polvo, a un mezclador el cual tiene como función asegurar un correcto mezclado del polietileno con los aditivos. La segunda etapa de este sistema es llevar el polietileno a extrusor, cuya función es, en primer lugar, fundir el polietileno y llevarlo a un fluido de mucha viscosidad, y en segundo lugar, darle una presión a este flujo de polímero para que pueda entrar a la pelletizadora.

La pelletizadora es un equipo rotativo que le modifica el polímero en dos aspectos, llevándolo desde un fluido de alta viscosidad a la forma de producto final. Este equipo consta de una cámara de agua, dentro de la cual gira un eje que tiene cuchillas. Las cuchillas están apoyadas en un plato que tiene agujeros de un diámetro específico por el cual pasa el polímero "empujado" por una bomba de desplazamiento positivo. Cuando el polímero pasa por este plato, se encuentra con las cuchillas y un medio acuoso, lo que genera un corte de polímero y una solidificación por enfriarse bruscamente al entrar en contacto con el agua. El resultado de esto es la formación de pellets que junto con el agua fluyen hacia otro equipo llamado secadora. El propósito de éste es separar el agua de los pellets. Éstos, una vez separados del agua son transportados por un sistema de aire a presión para que se carguen en equipos móviles que lo llevan a las líneas de embolsado.

La línea de pelletizado está compuesto por un un mezclador intensivo continuo, una bomba de polímero y una pelletizadora. El resto de los equipos del sistema de pelletizado son comunes; a saber: sistema de transporte hidráulico y sistema de transporte neumático, y los sistemas de aditivación. En función de la velocidad de reacción, el reactor se operará con una o ambas líneas de pelletizado. En cualquier caso, la operación es similar.

**Gráfico 29:** Pelletizado



**Fuente:** Elaboración Propia

#### 9- Servicios auxiliares: nitrógeno

La planta flotante actualmente recibe el nitrógeno en estado gaseoso a través de una línea que proviene de Air Liquid para el uso cotidiano en planta. El nitrógeno, una vez en Barcaza, pasa por un sistema de purificación para eliminar cualquier residuo que pueda venir en la corriente gaseosa.

Se lo utiliza principalmente para las purgas de los equipos cuando se entregan a Mantenimiento para reparaciones y para maniobras operativas en algunos de los sistemas mencionados anteriormente para asegurar un proceso de reacción estable.

#### 10- Sistema de alimentación eléctrica

El sistema eléctrico de LLDPE, posee dos líneas de alimentación independientes, cada una de ellas, conectada a su transformador correspondiente. Esta redundancia asegura la continuidad del sistema, aun en caso de una interrupción o falla en una línea de alimentación.

Las líneas de alimentación eléctrica entran en barras de alto voltaje a una subestación eléctrica ubicada dentro de la planta. En dicha facilidad existen transformadores para reducir el voltaje y asegurar mediante interruptores en paralelo, sistema de redundancia para los equipos críticos de planta y de emergencia, como ser: Compresor de ciclo, Mezclador rotativo, Bombas de agua de ciclo, Bombas de agua salada y Compresor de recicló.

### 1.3.6. Descripción de sus principales insumos o inputs

A partir de la descripción de los distintos subprocesos para la fabricación de polietileno en la tecnología *Gas Phase*, se detalla a continuación para cada uno de ellos los recursos necesarios para su operación a los fines del cálculo de costos que se desarrolla en el Capítulo IV.

**Tabla 11:** Proceso suministro de etileno al reactor

<b>Input</b>	<b>Propósito</b>	<b>Descripción</b>
Etileno	Materia prima	El etileno es purificado previo a su ingreso al reactor para formar parte de la reacción.
Nitrógeno	Se lo utiliza tanto para inyectar al reactor durante maniobras de arranque como también para regenerar los lechos.	Su utilización no es continua, sino en situaciones puntuales, donde el consumo tiene picos considerables.
Energía eléctrica	Funcionamiento de equipos rotativos e instrumentos de control	Debe estar disponible en todo momento de la operación.
Material de relleno lechos	Retener todas las impurezas que vienen en la corriente de etileno para que las mismas no entren al reactor y produzcan una inestabilidad de la reacción	Los lechos operan en forma continua. Existe una frecuencia para la regeneración de los mismos como también una frecuencia de reemplazo del material por saturación total.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 12:** Proceso de alimentación de comonomero al reactor

<b>Input</b>	<b>Propósito</b>	<b>Descripción</b>
Comonomero	Materia prima para control de densidad del producto final	El comonomero es inyectado al reactor en forma continua. Dependiendo del tipo de producto, éste indica un rango de valores de comonomero en su receta.
Nitrógeno	Se lo utiliza para regenerar los lechos y purgado de líneas para entrega a Mantenimiento.	Su utilización no es continua, sino en situaciones puntuales, donde el consumo tiene picos considerables.
Energía eléctrica	Funcionamiento de equipos rotativos e instrumentos de control	Debe estar disponible en todo momento de la operación.
Material de relleno lechos	Retener todas las impurezas que vienen en la corriente de etileno para que las mismas no entren al reactor y produzcan una inestabilidad de la reacción	Los lechos operan en forma continua. Existe una frecuencia para la regeneración de los mismos como también una frecuencia de reemplazo del material por saturación total.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 13:** Proceso de alimentación de catalizador

<b>Input</b>	<b>Propósito</b>	<b>Descripción</b>
Catalizador	Generar y mantener un nivel de reacción eficiente.	El catalizador es inyectado al reactor en forma continua. Dependiendo del tipo de producto, éste indica un rango de valores de catalizador en su receta.
Nitrógeno	Se lo utiliza para el purgado de líneas para entrega a Mantenimiento.	Su utilización no es continua, sino en situaciones puntuales, donde el consumo tiene picos considerables.
Energía eléctrica	Funcionamiento de equipos rotativos e instrumentos de control	Debe estar disponible en todo momento de la operación.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 14:** Sistema de agua de enfriamiento

<b>Input</b>	<b>Propósito</b>	<b>Descripción</b>
Agua de ciclo	Remover el calor del gas de ciclo	El agua de ciclo es un sistema cerrado. Pasa a través del enfriador de ciclo para remover el calor del gas, para luego liberar esa energía en los intercambiadores de placa, donde circula el agua salada. Ya sea por evaporación o para el purgado del sistema para mantener una calidad de agua adecuada, este sistema consumo diariamente una cantidad de agua dulce.
Energía eléctrica	Funcionamiento de equipos rotativos e instrumentos de control	Debe estar disponible en todo momento de la operación.
Aditivos	Mantener la calidad de agua en niveles de corrosión admisibles	Existe una inyección de aditivos en forma constante para mantener la calidad en valores aceptables.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 15:** Sistema de agua salada

<b>Input</b>	<b>Propósito</b>	<b>Descripción</b>
Agua salada	Remover el calor del agua de enfriamiento de ciclo (dulce)	El agua salada es un sistema abierto. No representa un consumo para la planta ya que dispone de ella en forma ilimitada.
Energía eléctrica	Funcionamiento de equipos rotativos e instrumentos de control	Debe estar disponible en todo momento de la operación.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 16:** Sistema de descarga resina

<b>Input</b>	<b>Propósito</b>	<b>Descripción</b>
Nitrógeno	Transferir la resina desde los tanques de descarga al tanque de purga. También eliminar el gas de ciclo no reaccionado a la antorcha.	Se lo utilizar en forma continua.
Energía eléctrica	Funcionamiento de equipos rotativos e instrumentos de control	Debe estar disponible en todo momento de la operación.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 17:** Sistema de inyección de aditivos

<b>Input</b>	<b>Propósito</b>	<b>Descripción</b>
Aditivos	Modificar propiedades del polímero para que cumplan con los requisitos de los clientes	De acuerdo a la “receta” de cada producto, se inyectan distintos tipos de aditivos y en cantidades definidas para cada uno.
Energía eléctrica	Funcionamiento de equipos rotativos e instrumentos de control	Debe estar disponible en todo momento de la operación.
Nitrógeno	Se lo utiliza para el purgado de líneas para entrega a Mantenimiento.	Su utilización no es continua, sino en situaciones puntuales, donde el consumo tiene picos considerables.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 18:** Sistema de pelletizado

<b>Input</b>	<b>Propósito</b>	<b>Descripción</b>
Polímero	Producto final previo a tomar la forma de pellets.	El polímero se encuentra en estado fluido o “meloso” previo a ser pelletizado. Luego se convierte en pellets sólidos al ser cortados y entrar en contacto con agua, que le dan la configuración sólida.
Agua de pelletizado	Enfriar el polímero para que éste tome estado sólido	Es un circuito cerrado que circula por varios equipos y toma contacto con el polímero en la cámara de pelletizado.

Energía eléctrica	Funcionamiento de equipos rotativos e instrumentos de control	Debe estar disponible en todo momento de la operación.
Nitrógeno	Se lo utiliza para el purgado de líneas para entrega a Mantenimiento.	Su utilización no es continua, sino en situaciones puntuales, donde el consumo tiene picos considerables.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 19:** Servicios auxiliares: nitrógeno

<b>Input</b>	<b>Propósito</b>	<b>Descripción</b>
Nitrógeno	Se lo utiliza para el purgado de líneas para entrega a Mantenimiento.	Su utilización no es continua, sino en situaciones puntuales, donde el consumo tiene picos considerables.
Energía eléctrica	Funcionamiento de equipos rotativos e instrumentos de control	Debe estar disponible en todo momento de la operación.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 20:** Sistema de alimentación eléctrica

<b>Input</b>	<b>Propósito</b>	<b>Descripción</b>
Energía eléctrica	Funcionamiento de equipos rotativos e instrumentos de control	Debe estar disponible en todo momento de la operación.

**Fuente:** Elaboración propia

Se resumen algunos de los costos que integran los distintos subprocesos del proceso de fabricación, indicando el tipo o categoría de costo. Esto se verá con más detalle en el próximo capítulo.

Utilidad Energía eléctrica: Variable para el funcionamiento de equipos de proceso y fijo estructural para el funcionamiento de la planta y oficinas, aun estando el proceso sin producir.

Utilidad Nitrógeno: El nitrógeno se lo considera como costo fijo de capacidad ya que el mismo se utiliza para maniobras operativas y de mantenimiento, para el mantenimiento general de la planta, más allá si ésta está operativa o no.

Materia prima Etileno: Costo 100% variable con la producción. En el próximo capítulo se considerará este costo para el análisis de la cadena de valor total (Etileno-polietileno-Logística Producto final).

Materia prima Comonomero: Costo 100% variable con la producción. En el próximo capítulo se considerará este costo para el análisis de la cadena de valor total (Etileno-polietileno-Logística Producto final).

Materia prima Catalizador: Costo 100% variable con la producción. En el próximo capítulo se considerará este costo para el análisis de la cadena de valor total (Etileno-polietileno-Logística Producto final).

Materia prima Aditivos: Costo 100% variable con la producción. En el próximo capítulo se considerará este costo para el análisis de la cadena de valor total (Etileno-polietileno-Logística Producto final).

Relleno Lechos purificadores: Es un costo variable como material del proceso.

Agua Pelletizado: Se la utiliza para el transporte de pellets. Existe un porcentaje de evaporación, que es reemplazado constantemente para mantener un mismo volumen. Se lo considerará como un costo fijo de capacidad en el análisis del próximo capítulo.

Agua Salada: Costo variable para hacer recircular agua salada con capacidad de enfriamiento.

Agua de enfriamiento: El costo más significativo de este sistema es el consumo eléctrico. Se lo considera un costo variable.

### **1.3.7. Descripción de los resultados productivos u *outputs* en el marco de los productos generados por el complejo Dow Bahía Blanca**

La planta considerada en este estudio produce dos tipos de polietileno. La clasificación se la hace de acuerdo a la densidad de los mismos. Un grupo de productos se los denomina polietileno de “alta densidad”, mientras que el grupo restante se lo llama “baja densidad lineal o densidad media”. Para lograr productos con distintas propiedades se hacen cambios en la configuración del proceso, principalmente las variables de reacción, como también se modifica el tipo de comonomero utilizado.

De acuerdo a las demandas requeridas por el mercado, tanto nacional como de exportación, la planta LLDPE ha producido en el periodo 2011-2016, más allá de algunos productos experimentales, un total de 11 productos destinados a los clientes, 7 de ellos pertenecen a la familia de “alta densidad”, mientras que los cuatro restantes son de la familia de “densidad media lineal”. La producción alcanzada cada año depende, como ya vimos, de varios factores que afectan la cantidad total de toneladas producidas. Ahora bien, entendiendo

como fija la producción total, el porcentaje de cada uno de estos once productos depende de la demanda que fijan los clientes. Estos, por diferentes razones del mercado, solicitan la provisión de cada producto en forma puntual en el tiempo, por lo que es difícil estimar a principios de año, la cantidad exacta de cada tipo de producto a fabricar. Una de estas razones es la búsqueda continua de los clientes, junto con el departamento de Investigación y desarrollo de Dow Argentina, de la mejora de las propiedades del polímero para una mejor procesabilidad como también para una calidad superior a sus productos finales. En muchos casos, esta mejora continua consiste en la proporción de distintos polietilenos para un producto final, no todos ellos provenientes de esta planta. Estos cambios en las proporciones hacen que los clientes, pueden pedir una determinada cantidad de polietileno A y otro B, y en el siguiente pedido, ambas cantidades hayan cambiado considerablemente.

El departamento de Ventas, en contacto permanente con los clientes, emite las órdenes de entrega con un determinado plazo de entrega. Dichas órdenes son recibidas por el departamento de planificación de la producción, cuya responsabilidad es agrupar de la manera más óptima y eficiente todos los pedidos y armar un plan de producción que indica el producto a realizar y la cantidad del mismo. Estos planes, que en general, abarcan la totalidad de los once productos, duran aproximadamente un mes. Es decir, durante ese plazo se fabrican los productos en un orden establecido. Este ciclo de producción tiene, entre sus objetivos, minimizar la cantidad de producto fuera de especificación cuando se pasa de un producto a otro. Por lo tanto, salvo algunas excepciones, el ciclo recorre los mismos productos en una forma determinada.

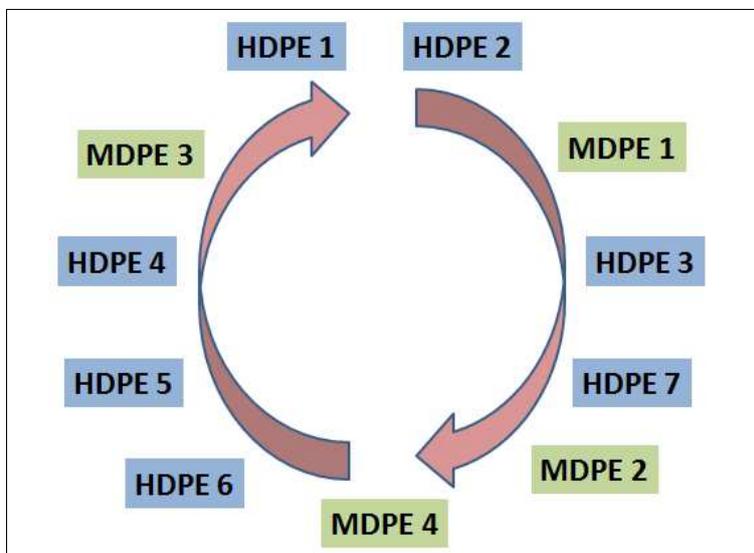
El ciclo de producción es comunicado al equipo de Producción algunos días de anticipación, para asegurar que todas las materias primas y otros recursos estén disponibles para la fabricación y cumplimiento del plan establecido. En caso de haber una parada imprevista por la rotura de un equipo u otro factor, el plan de producción puede cambiar, tanto en los productos a fabricar, como también en las cantidades de cada uno de ellos. El ciclo de producción puede ser “roto” por un paro imprevisto. En dicho caso, el equipo de Producción se pone en contacto con el sector de planificación para que éste haga, en base al *input* de Producción (tiempos muertos de proceso) los ajustes necesarios al plan. Buscando, por supuesto, cumplir siempre con los volúmenes y plazos de entrega comprometidos con los clientes.

De acuerdo al tipo de densidad e índice de fluencia los productos fabricados pueden clasificarse en distintas categorías. Se utilizará la primera para listar los tipos de polietilenos hechos en la planta. En el siguiente gráfico se muestran los distintos productos fabricados, indicando con conectores, el ciclo o camino de un producto hacia otro.

Esto se hace para optimizar las transiciones o cambios de un producto a otro, que significa generar la menor cantidad de producto fuera de especificación cuando se cambia de un producto de primera (o dentro de especificación) a otro producto que cumple con las especificaciones de calidad.

Puede observarse que la variable más importante para desarrollar el ciclo es el tipo de comonomero utilizado, como también al volumen de éste en cada producto. A partir de estas variables se obtienen las distintas propiedades únicas de cada producto. Esto se transforma posteriormente en los distintos tipos de aplicación del polietileno.

**Gráfico 30:** Familia de productos



**Fuente:** Elaboración Propia

La siguiente tabla muestra cómo ha sido la producción de los productos finales fabricados en la planta LLDPE durante los últimos seis años.

**Tabla 21:** Producción por producto período 2011-2016 (Toneladas)

<b>Producto</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Promedio</b>
HDPE 1	6.500	5.800	7.100	5.800	5.800	8.100	6.517
HDPE 2	11.800	12.100	11.800	12.900	11.900	12.100	12.100
HDPE 3	13.400	9.800	10.700	9.500	15.200	7.300	10.983
HDPE 4	11.500	12.600	14.600	9.500	10.800	13.700	12.117
HDPE 5	9.800	8.700	7.900	8.200	8.400	7.100	8.350
HDPE 6	22.400	21.300	22.600	20.400	22.300	22.800	21.967
HDPE 7	13.500	15.900	16.100	14.900	12.400	14.500	14.550
MDPE 1	13.500	9.400	10.800	9.300	9.800	6.200	9.833
MDPE 2	10.400	12.800	13.800	11.200	9.400	11.900	11.583
MDPE 3	14.700	13.900	12.300	12.800	13.900	16.400	14.000
MDPE 4	9.700	9.700	7.800	10.000	4.100	9.900	8.533
<b>TOTAL</b>	<b>139.000</b>	<b>132.000</b>	<b>135.500</b>	<b>124.500</b>	<b>128.000</b>	<b>126.000</b>	<b>130.833</b>

**Fuente:** Elaboración propia

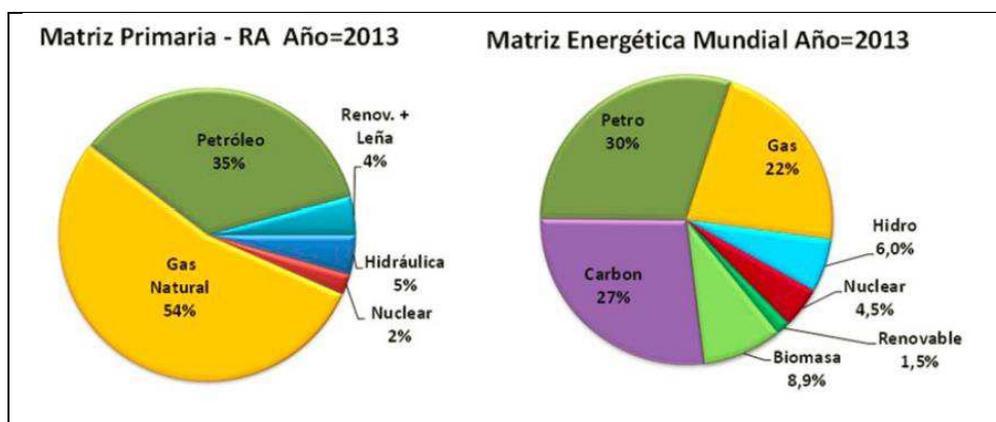
### CAPÍTULO III PROBLEMAS EN EL ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA

#### 1. SITUACIÓN DE GAS NATURAL EN LA ARGENTINA

Como se vio en el Capítulo I, la falta de disponibilidad de materia prima para la producción de polietileno ha crecido a lo largo de la última década. Como se ha descrito, la materia prima para esta industria proviene del gas natural, cuya disponibilidad se ha visto reducida para la industria. Se describe inicialmente el escenario pasado y actual del gas en la Argentina para luego desarrollar con más detalle las condiciones futuras que podrían abordar esta problemática.

Un primer punto a resaltar es la gran dependencia que tiene el país del gas natural. Como vemos en el siguiente gráfico, mientras la mayoría de los países tienen menos de un cuarto de su matriz energética vinculada al gas natural, en nuestro caso el gas representa más de la mitad. Esta diferencia se explica por dos motivos. Uno es la falta de desarrollo que tiene el país en relación a las energías renovables y biomasa. Este factor puede considerarse negativo por el bajo impacto que tienen estos tipos de generación sobre el medio ambiente. Pero por otro lado, nuestro país utiliza muy poco carbón, mientras que este recurso sigue siendo muy importante, principalmente en países en vías de desarrollo. Este factor puede entenderse positivo hacia nuestro país, ya que el carbón es un combustible que deja su huella sobre el medio ambiente en una medida significativa mayor con respecto al gas natural. En conclusión, nuestro país es altamente demandante del gas natural para la generación de energía.

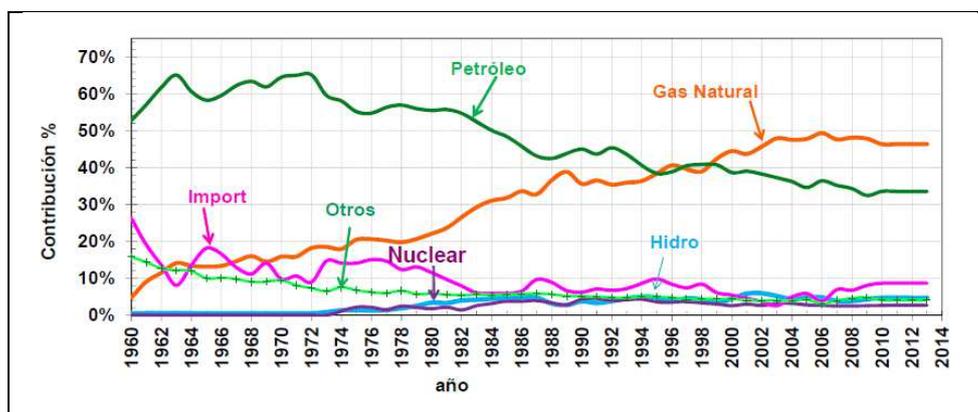
**Gráfico 31: Matriz energética Argentina y Mundial**



**Fuente:** Instituto Petroquímico Argentino (2013)

Esta característica de nuestra matriz energética ha ido marcándose con el paso de las décadas. Es decir, el gas natural no fue durante las décadas del 1960 a 1980 el principal recurso para generar energía. Es importante remarcar que un cambio significativo en los recursos a utilizar para generación de energía se da en el transcurso de décadas, ya que las inversiones en juego son significativas y de largo plazo, para lo que necesitan condiciones apropiadas. En el caso del gas, como indica el siguiente gráfico, triplicar su incidencia en términos porcentuales no fue algo al azar, sino una política que desarrollaron e implementaron distintos gobiernos.

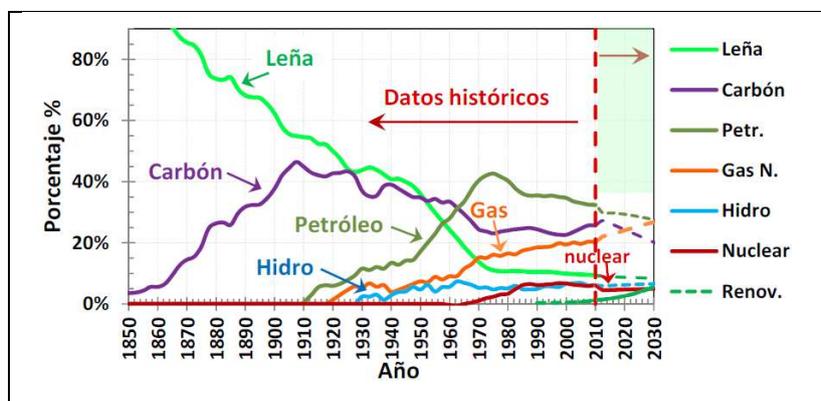
**Gráfico 32:** Variación de fuentes de energía Argentina 1960-2014



Fuente: Instituto Petroquímico Argentino (2014)

En términos generales, esta tendencia se espera que continúe, no solo para nuestro país. Esto es importante, ya que de todos los combustibles fósiles, el gas natural es el que menos impacto deja sobre el medio ambiente, debido a que sus emisiones de dióxido de carbono son las más bajas.

**Gráfico 33:** Fuentes de energía en Argentina: Historia y proyección

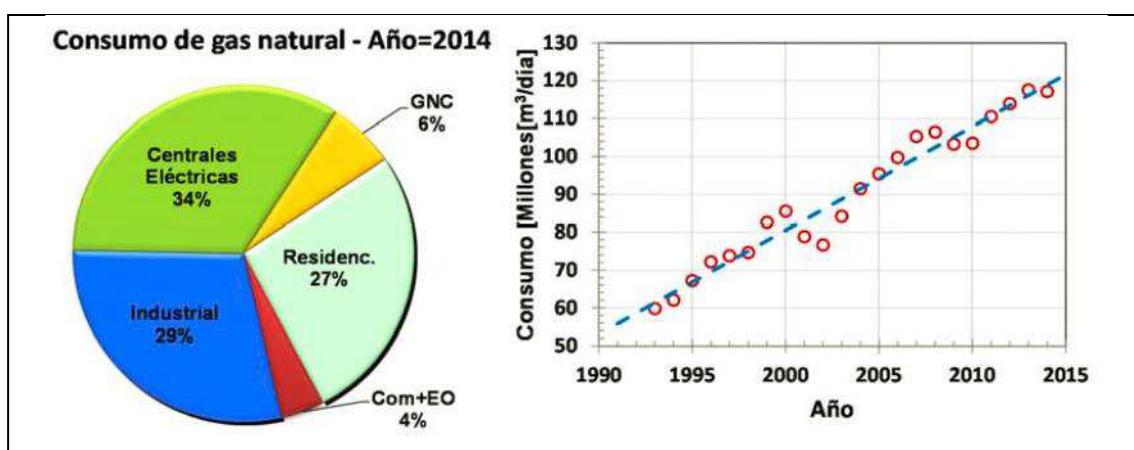


Fuente: Instituto Petroquímico Argentino (2014)

Como puede apreciarse en el gráfico anterior, el consumo tiene y tendrá una tendencia creciente, en un período que dura unos cien años, comenzando poco antes de mitad del siglo XIX y proyectando el consumo hasta el año 2030.

Con respecto al destino del gas natural como recurso no renovable, podemos ver en el siguiente gráfico que está dividido en tres partes: el consumo residencial y comercial, el industrial y la generación de energía. En el gráfico de la derecha puede verse como ha ido aumentando el consumo, el cual ronda el 3% anual.

**Gráfico 34: Consumo gas natural en Argentina**



**Fuente:** Instituto Petroquímico Argentino (2014)

Ahora bien, este incremento anual de la demanda de gas natural, no fue acompañado por la producción del mismo, generando o bien la necesidad de importarlo o, como caso más negativo, la de restringir la demanda a algunos de los destinos que vimos en el gráfico anterior.

El próximo gráfico indica cómo ha evolucionado la inyección de gas a la red nacional. Vimos anteriormente que las cuencas Neuquina y Austral representan casi dos tercios del total. Es muy importante notar en el gráfico cómo a partir de inicios del año 2000 comenzó a inyectarse gas importado, ya sea del gasoducto de Bolivia o bien a través de barcos con GNL. Se puede apreciar con claridad como en el año 2014, el peso de estos dos orígenes es muy significativo.

La importación de GNL transportado por buque se está convirtiendo en un hecho permanente año tras año, incrementándose anualmente los volúmenes transportados. En 2008

se contrataron 5 buques metaneros con un período de inyección de 104 días. En 2009, 12 buques con 135 de inyección al sistema y un volumen de 783 MMm<sup>3</sup>. En 2010, 22 buques con un total de inyección de 1816 MMm<sup>3</sup> y operando los 365 días del año. En 2013 alrededor de 50 buques. Según datos de ENARSA, Los millones de metros cúbicos de gas que ingresaron con esta modalidad (GNL en barcos a Bahía Blanca) fue creciendo desde 439 en 2008 a 3.307 en 2013. Es importante recordar el impacto negativo que esto tiene en la balanza comercial del país. Mientras que el gas natural fue durante muchos años un generador de divisas para las arcas del Estado, hoy es el caso inverso. En el siguiente gráfico puede observarse como la llegada de barcos y la inyección de gas al sistema nacional se dio preponderantemente durante los meses de invierno.

**Gráfico 35:** Gas importado inyectado al sistema



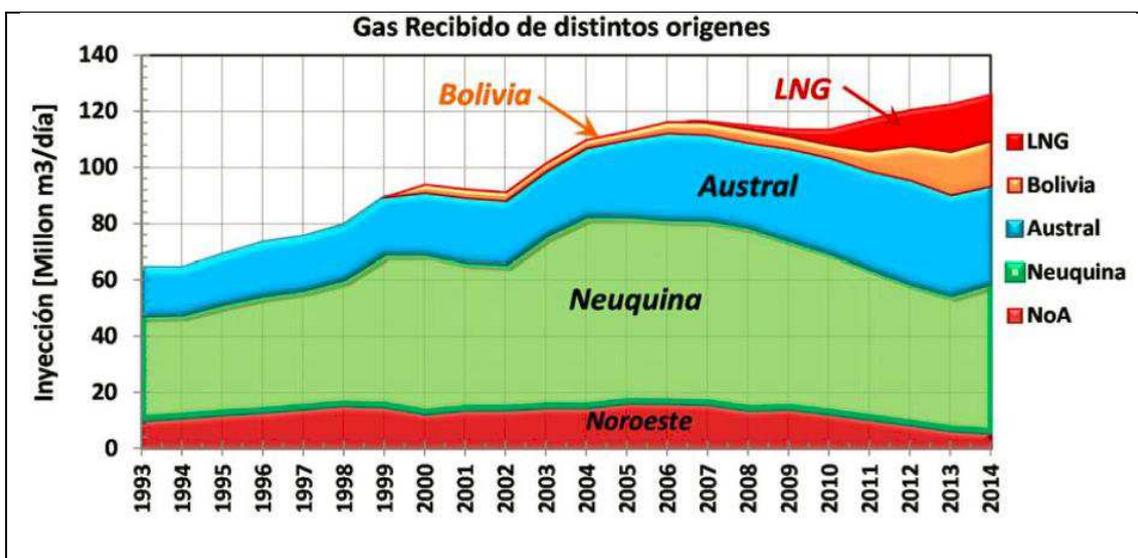
**Fuente:** Instituto Petroquímico Argentino (2010)

Cabe aclarar que la importación de GNL fue instrumentada a mediados de la década pasada como una solución temporaria de emergencia. El gas natural se convierte en GNL mediante un proceso de licuefacción efectuado en plantas criogénicas, a temperatura de -161 grados y presión atmosférica, reduciéndose así su volumen 600 veces, para su almacenamiento y transporte a menor costo, a largas distancias. Se lo traslada a una terminal de recepción, donde se lo convierte en gas natural nuevamente o bien se realiza esa transformación mediante un buque regasificador. Luego se lo almacena o se lo distribuye directamente a partir del enlace con los gasoductos de tierra conectados con las redes troncales.

El GNL se utiliza principalmente para atender los "picos de demanda" cuando el gas natural de los países, transportado por gasoductos, no es suficiente. La Argentina, en épocas de intenso frío o de intenso calor, ha optado por abastecerse de GNL transportado por buques

metaneros, debiendo contratar también un buque regasificador. El proceso de regasificación se ha venido realizando en el puerto de Bahía Blanca, al que llegan los gasoductos que luego se conectan con la red troncal para su distribución al interior del país. Recientemente se ha ampliado la capacidad de recepción de GNL de la planta de Bahía Blanca.

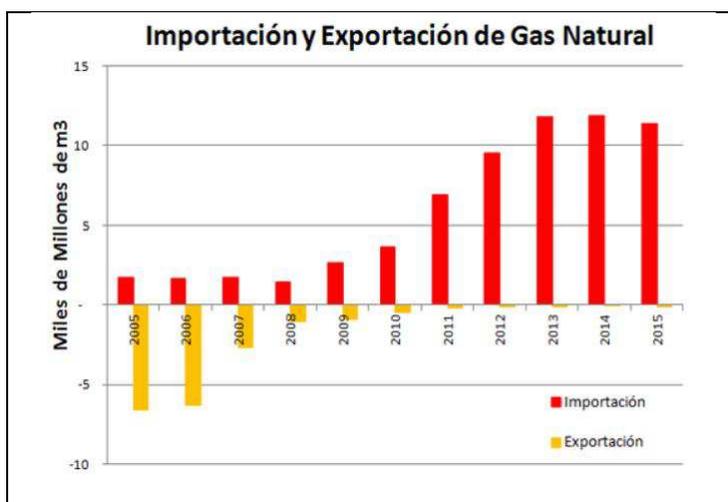
**Gráfico 36:** Evolución del gas inyectado al sistema nacional



**Fuente:** Instituto Petroquímico Argentino (2014)

Aunque el gráfico no lo muestra explícitamente, se ve que Argentina pasó de ser un país exportador a un país importador neto. Esto se ve claramente en el siguiente gráfico:

**Gráfico 37:** Balanza comercial gas natural

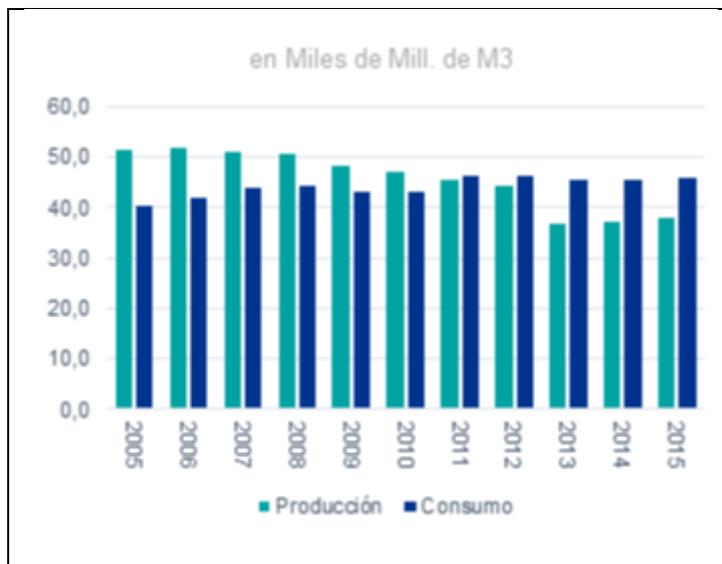


**Fuente:** Instituto Petroquímico Argentino (2015)

Como se expresó anteriormente, la disponibilidad del gas natural, ya sea como producción local o como importación, no ha podido seguir la demanda. Si bien los primeros signos de disminución productiva en los últimos veinte años pueden ubicarse a fines de los '90, la baja en el desempeño del sector quedó recién en evidencia en 2004 cuando el Gobierno se vio obligado a elaborar el denominado Plan Energético Nacional. Se aminoró el ritmo de inversiones, la producción de hidrocarburos y sus niveles exportados. Esta situación llevó a que en el año 2011, el país comenzara a importar gas y energía eléctrica de países de la región como Bolivia, Uruguay, Paraguay y Brasil, y extra-regionales como Qatar o Trinidad y Tobago. El resultado directo fue el deterioro progresivo de la balanza comercial del sector, un fuerte impacto en las cuentas fiscales y la retracción de gran parte del colchón de divisas que se alimentaba de las exportaciones de soja y otros granos.

En el siguiente gráfico elaborado por el ENARGAS, se puede observar como la producción de gas ha ido menguando en los últimos 10 años, mientras que el consumo ha mantenido una tendencia creciente.

**Gráfico 38: Producción vs Consumo**



**Fuente:** ENARGAS (2015)

En lo que respecta al consumo doméstico, el mismo gráfico muestra que es a partir de 2011 que Argentina comienza a observar un déficit en la oferta. En 2011 el consumo doméstico de gas natural superó a su producción en alrededor de 600 millones de m<sup>3</sup>, cifra que iría

incrementándose en 2012, 2013 y 2014 hasta llegar a 2015 a un déficit productivo que rondaría los 8.0004 millones de m<sup>3</sup>.

Todo lo expuesto significa que la demanda ha sido restringida en los últimos 5 años, ya que el total de faltante de gas no pudo suministrarse.

Como resumen final de esta sección, se ha visto claramente como la producción de gas natural ha ido disminuyendo con el paso de los años. Nuestro país es fuertemente dependiente del mismo no solo para el uso residencial sino también para la industria y la generación de energía. La demanda en estas áreas ha ido creciendo fuertemente en la última década, lo que hizo que la demanda supere ampliamente la oferta o producción de gas inyectada al sistema. Esto se ha ido paleando mediante la importación de gas, ya sea de Bolivia como también a través de gas licuado.

Esta solución es de tipo coyuntural o para “salir del paso”. Claramente esta deficiencia no es sustentable en el tiempo, lo que requiere de una búsqueda de soluciones en el mediano y largo plazo para poder eliminar las restricciones de gas que han afectado a la industria.

## **2. PLANTA LLDPE: IMPACTO EN LA DISPONIBILIDAD DE ETILENO**

Como se ha venido describiendo, la falta de gas natural ha impactado directamente en la disponibilidad de etano y por ende etileno para la producción de polietileno. Esta problemática comenzó a mediados de la década del 2000, incrementándose cada año debido a una escasez cada vez mayor.

Aunque es difícil precisar un momento exacto en el tiempo, en los años 2012-2013, esta problemática tuvo su mayor impacto y a partir de ese mismo período se comenzó un período tipo “meseta”, donde no se ve una tendencia negativa como lo era en el pasado, pero tampoco una clara tendencia positiva hacia la solución de este problema.

En el caso de estudio, la planta LLDPE tuvo un impacto significativo durante varios años, donde no pudo producir polietileno por no disponer de materia prima. Concretamente, las pérdidas fueron para el período 20011-2016 fueron:

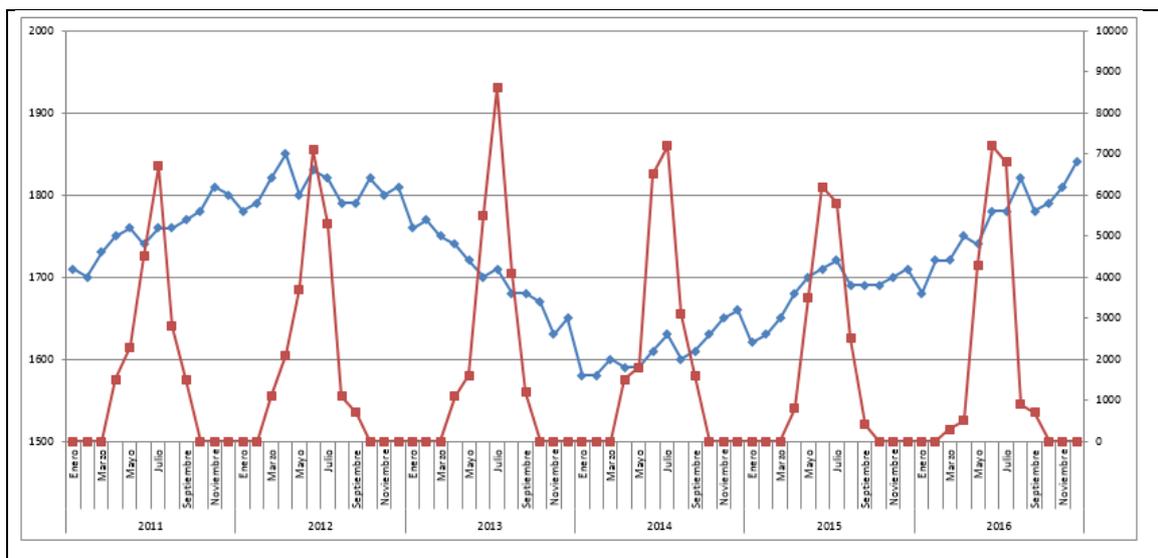
**Tabla 22:** Pérdida de producción

<b>Año</b>	<b>Pérdida de producción en Toneladas</b>
2011	19.300
2012	21.100
2013	22.300
2014	21.700
2015	19.200
2016	20.700

**Fuente:** Elaboración Propia

Un promedio generalizado para este período es de 20.000 toneladas año. Este valor será el utilizado para calcular las alternativas en el capítulo IV, tanto desde el punto de vista de rentabilidad como de opciones reales. Analizando con más detalle cómo ha sido el impacto de la pérdida de producción por mes, puede verse en el siguiente gráfico que la misma ha sido durante los meses de invierno. Esto se debe a la escasez de gas natural durante ese período por el alto consumo que se tiene, principalmente el residencial. La pérdida de producción corresponde al eje Y de la derecha, mientras que el eje Y de la izquierda muestra la variación del precio por tonelada en dólares. Esta información se utilizará para el análisis de las alternativas.

**Gráfico 39:** Distribución de la pérdida de producción



**Fuente:** Elaboración Propia

La pérdida de producción puede darse de dos maneras: si el impacto es significativo, hay que parar la producción, en caso que la restricción sea menor, en términos diarios, el impacto está en el *rate* de producción. Esto es, la planta continua produciendo pero a valores menores a su capacidad esperada.

Se estima que este impacto continuará en los próximos años. En primer lugar, no hay en el mercado productor de gas una solución disponible que pueda comenzar a revertir esta situación en los próximos años. Veremos en la próxima sección que existen soluciones al problema, pero las mismas demandarán varios años.

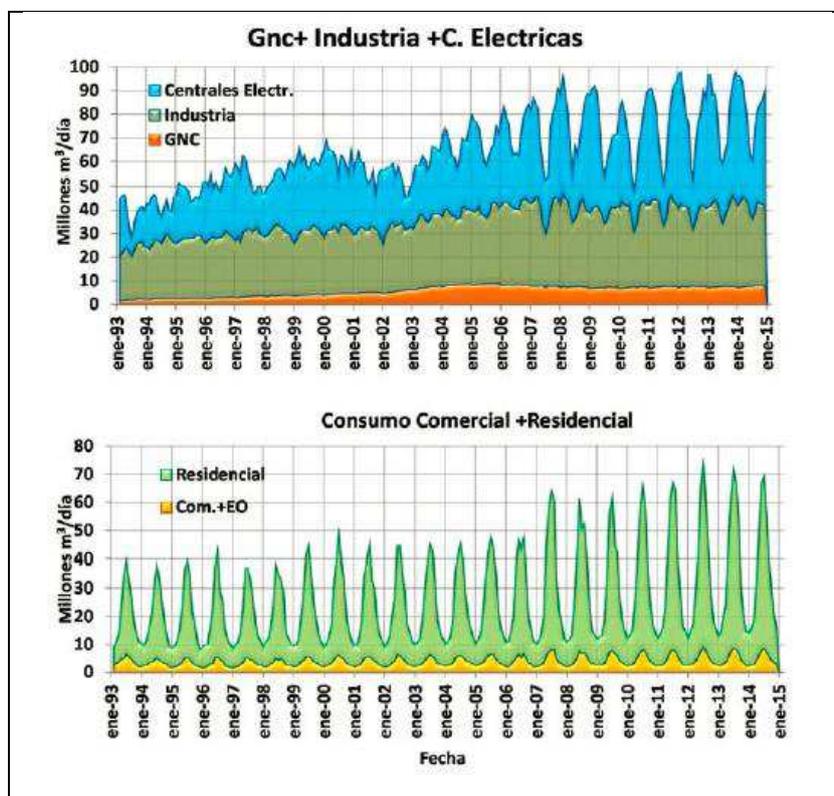
Asumiendo entonces que el país continuará con falta de gas natural para cubrir toda la demanda, describimos a continuación las condiciones por las cuales esta restricción seguramente continuará afectando las industrias en general y nuestro caso de estudio en particular.

El ENARGAS, como se expresó en un capítulo precedente, es el organismo que administra el manejo del gas, desde sus puntos de distribución hasta el consumo final del mismo. El ENARGAS dispone de distintos tipos de reglamentaciones y tarifas que fijan las condiciones para que, al momento de una sobre demanda de este recurso, se arbitren las acciones necesarias para administrar las restricciones.

Como vemos en el siguiente gráfico, los consumos residenciales (R), comerciales (C), y de entes Oficiales (EO), son fuertemente dependientes de la temperatura ambiente, incrementándose aproximadamente cuatro veces durante los meses de invierno, mientras que los consumos de GNC, industrial y generación eléctrica no tienen este tipo de comportamiento. Es más, estos dos últimos son de carácter interrumpibles, por lo tanto, como queda claro en el gráfico, ante una escasez de gas natural, la acción de abastecer los consumos R, C y EO es prioritaria. Por lo tanto, la entrega de gas a la industria se ve interrumpida, principalmente en los meses de invierno.

De esta forma, el ENARGAS ha venido manejando las restricciones de gas natural y continuará de esta manera mientras la demanda supere a la oferta, principalmente en los meses de invierno. Este comportamiento se observa más claramente a partir del año 2003.

**Gráfico 40:** Consumo de gas natural 1993-2015



**Fuente:** ENARGAS (2015)

En resumen, queda claro que las acciones a tomar en situaciones de restricciones de gas por parte de ENARGAS han sido y continuarán siendo dar prioridad a los consumos residenciales, comerciales y entes oficiales, mientras que esto traerá un impacto directo e inverso sobre la industria. Esta situación continuará en los próximos años, por lo tanto la falta de gas para la cadena de valor etano-etileno-polietileno seguirá existiendo, con impacto directo en la rentabilidad bajo estudio.

### 3. SOLUCIONES AL PROBLEMA Y SUS TIEMPOS DE APLICACIÓN

Resulta claro en base a los datos descriptos, que el país y su industria se encuentran ante un problema que impacta su rentabilidad. Si este problema perdurara en el tiempo, su impacto haría peligrar la permanencia o sobrevivencia de muchas empresas en el país. Se deja en claro que se no habla de crecimiento, sino meramente de sobrevivir en un país donde la materia

prima este reducida o se pueda adquirir a costos significativos. Sea un caso o el otro, el impacto en la rentabilidad será significativo.

Por lo tanto es importante asumir que este problema es coyuntural y será resuelto en un plazo razonable.

### ***La aparición del shale gas en Estados Unidos***

Hace muy pocos años, parecía que las reservas mundiales de petróleo alcanzaban su nivel máximo, y la producción de gas convencional disminuía en la mayoría de los países productores del mundo. Pero estos pronósticos han resultado sumamente erróneos a partir de la aparición del *shale gas*. La producción de energía mundial ha dejado de estar dominada por los suministradores tradicionales de Eurasia y Oriente Próximo, a medida que se explotan los recursos de petróleo y gas no convencional en todo el mundo, desde las aguas de Australia, Brasil, África y el Mediterráneo hasta las arenas petrolíferas de Alberta (Canadá).

Las reservas del gas no convencional son conocidas desde principios del siglo XX, pero hasta hace algunas décadas no existía la tecnología para extraerlos. A comienzos de los 70, por iniciativa del gobierno de Estados Unidos, se asocian operadores privados y el Departamento de Energía de ese país, para potenciar el desarrollo de tecnologías que permitan la producción comercial de gas de formaciones de *shale*. Esta asociación posibilitó el desarrollo de las tecnologías que son cruciales para la producción de *shale gas*.

Por lo tanto, la mayor revolución ha tenido lugar en Estados Unidos, donde se han aprovechado dos tecnologías recientemente desarrolladas para extraer unos recursos cuya explotación se consideraba antes inviable desde un punto de vista comercial: la perforación horizontal, que permite penetrar en capas de esquisto (*shale*) muy profundas, y la fracturación hidráulica (*fracking*), que usa la inyección de fluido a alta presión para liberar el gas y el petróleo de formaciones rocosas.

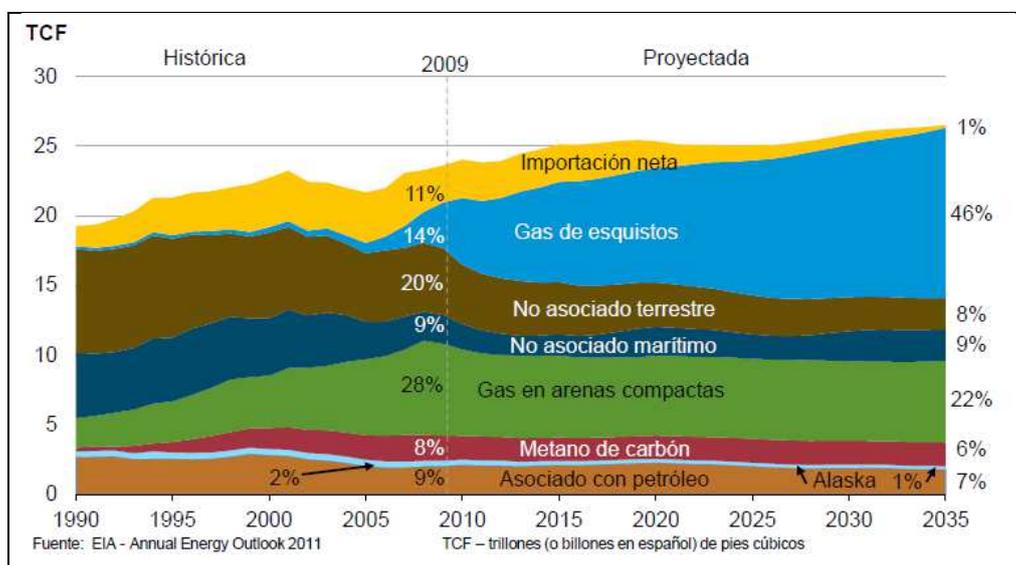
El repunte que se ha producido a consecuencia de ello en la producción de energía ha sido espectacular. Entre 2007 y 2012, la producción de *shale gas* en Estados Unidos aumentó más de un 50% cada año, y su cuota en la producción total de gas estadounidense pasó del 5% al 39%.

Las terminales que se habían diseñado para traer GNL extranjero a los consumidores estadounidenses se están modificando para exportar al extranjero GNL estadounidense. Entre 2007 y 2012, el *fracking* también multiplicó por 18 la producción de lo que se conoce como *shale oil*, un petróleo de alta calidad que se encuentra en el esquisto o en la arenisca y que se puede liberar mediante esta tecnología.

Este incremento ha logrado invertir el descenso de la producción de crudo estadounidense, que aumentó un 50% entre 2008 y 2013. Gracias a estos avances, Estados Unidos está listo para convertirse en una superpotencia energética. En 2013 ya superó a Rusia como principal productor de energía mundial.

El siguiente gráfico muestra claramente lo expresa arriba. Como la producción del *shale gas*, indicado en el gráfico como “gas de esquistos”, ha crecido significativamente en los últimos 10 años. Se puede apreciar también la importancia que esta fuente tendrá en los años venideros. El eje izquierdo Y refiere a unidades expresadas en trillones de pies cúbicos (TCF).

**Gráfico 41:** Producción gas en Estados Unidos



**Fuente:** Agencia Energía Estados Unidos (IEA), (2014)

Últimamente se ha escrito mucho sobre el descubrimiento de nuevos depósitos de petróleo y gas en todo el mundo, pero a otros países no les resultará fácil imitar el éxito de Estados Unidos. La revolución del *fracking* exigió algo más que una geología favorable;

también requirió inversores sin aversión al riesgo, un régimen de derechos de la propiedad que permitió a los propietarios de terrenos reclamar los recursos subterráneos, una red de proveedores de servicios y de infraestructuras de suministro, y una estructura del sector caracterizada por miles de empresarios en vez de por una única empresa petrolera nacional. Aunque muchos países disponen de la roca adecuada, ninguno de ellos, salvo Canadá, cuenta con un entorno industrial tan favorable como el de Estados Unidos.

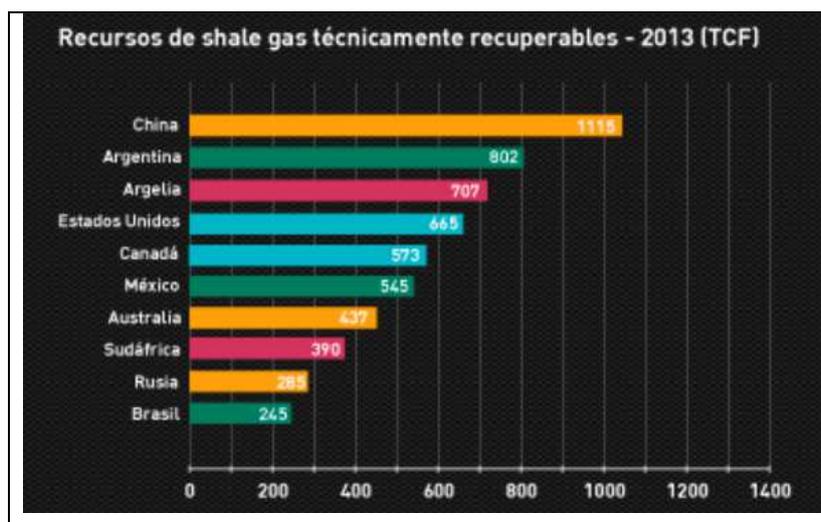
La revolución energética estadounidense no solo tiene consecuencias comerciales; también tiene repercusiones geopolíticas de gran alcance. Los mapas del comercio mundial de energía ya se están volviendo a trazar porque las importaciones estadounidenses siguen disminuyendo y los exportadores encuentran nuevos mercados. La mayor parte del petróleo de África Occidental, por ejemplo, se exporta a Asia en vez de a Estados Unidos. Y a medida que la producción estadounidense siga aumentando, ejercerá mayor presión a la baja sobre los precios mundiales del gas y del petróleo, reduciendo así la influencia geopolítica que algunos suministradores de energía han ejercido durante décadas. La mayoría de los Estados productores de energía que carecen de economías diversificadas, como Rusia y las monarquías del golfo Pérsico, saldrán perdiendo, mientras que los consumidores de energía, como China, India y otros Estados asiáticos, tienen posibilidades de ganar. Si los precios del petróleo caen y se mantienen bajos, todos los gobiernos que dependen de los ingresos de los hidrocarburos sufrirán tensiones.

### ***El shale gas en Argentina***

A comienzos del presente lustro, se comenzó a hablar del *shale gas* en Argentina y su yacimiento principal: Vaca Muerta. La importancia de este yacimiento no solo creció exponencialmente en las empresas dedicadas a la exploración y producción de gas, sino que también ha tenido una cobertura mediática, política y económica a nivel gubernamental. En pocas palabras, se espera que el yacimiento de Vaca Muerta, cambie el destino del país en términos energéticos y económicos.

De acuerdo al gráfico adjunto, Argentina es el segundo país en el mundo con reservas disponibles de este hidrocarburo no convencional. China encabeza con 1115 billones de pies cúbicos. Lo sigue la Argentina, con 802 billones de pies cúbicos. Luego Argelia, con 707 billones y Estados Unidos, con 665 billones.

**Gráfico 42: Recursos globales de gas no convencional**



**Fuente:** Compañía YPF (2013)

Ahora bien, los costos para extraerlos poco importan en el sector energético (suelen ser 3 a 1, según el Instituto Argentino del Petróleo y Gas). “Los hidrocarburos no convencionales son tecnológicamente más complicados de extraer que los hidrocarburos convencionales. Pero los volúmenes de hidrocarburos almacenados en los reservorios no convencionales suelen ser enormes, muchísimo mayores que los atrapados en cualquier reservorio convencional.

Como ya fue descrito, Estados Unidos ha sido el pionero en la exploración y explotación del *shale*, logrando que se “se pongan en el mercado volúmenes crecientes de gas natural”, lo que significó una baja en los precios. De acuerdo con datos de la Consultora *Shale Gas* España, el precio del gas en la Unión Europea “se ha incrementado un 83 por ciento desde 2005 hasta 2012, mientras que en los Estados Unidos se ha producido un descenso del 63 por ciento en el mismo período”. El mercado interno estadounidense de gas está cubierto, en un 40 por ciento, por la explotación y distribución de *shale gas*.

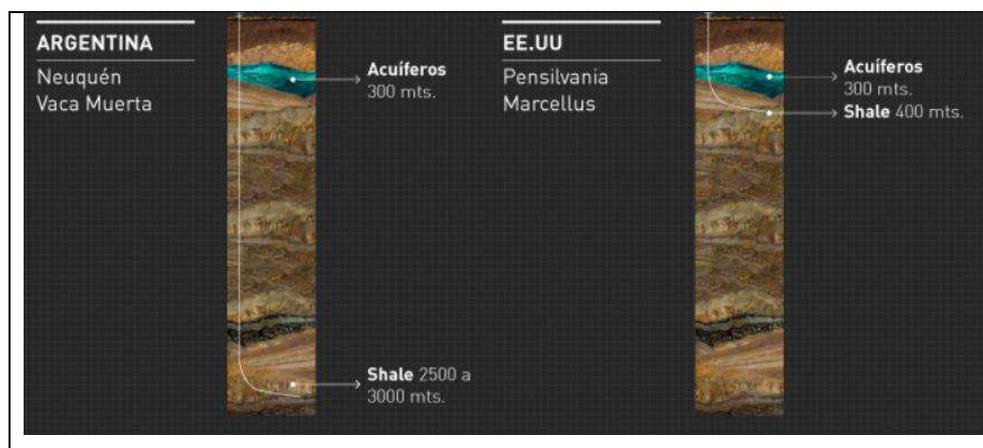
El *shale* también producirá un gran cambio en la Argentina, ya que cuenta con enormes recursos técnicamente recuperables, los cuales alcanzan los 802 billones de pies cúbicos, ubicándose como la segunda potencia de estos recursos, detrás de China.

Es importante mencionar que, desde la aparición de este tipo de gas no convencional en la Argentina, se han originado diversos cuestionamientos por parte mayoritariamente de ONG, para la producción de este tipo de gas. Dichos planteamientos apuntan al posible impacto

medioambiental mediante la utilización de la técnica *fracking* para producir el gas. En este punto es importante mencionar una ventaja que tiene el yacimiento de Vaca Muerta con respecto a la mayoría de Estados Unidos, donde ya se han dado casos de presentaciones a la justicia por contaminación del medio ambiente.

Como puede verse en el siguiente gráfico, la distancia entre los acuíferos y las capas geológicas donde se encuentra el gas no convencional es significativa. Se puede apreciar que en el caso nuestro, existen más de 2000 metros entre la presencia de las napas que contienen agua y las rocas que contienen el gas. El espesor de esta capa crea una barrera impermeable entre el agua y el gas. Por lo tanto, la probabilidad que al hacer el *fracking* de las rocas para que el gas fluya y éste entre en contacto con la napa, es nula. Notar que esto no se da en uno de los yacimientos más importantes en Estados Unidos, donde prácticamente una capa está por sobre la otra. Por último, existe también una diferencia entre los yacimientos con respecto a los centros urbanos.

**Gráfico 43:** Comparación yacimientos de gas no convencional



**Fuente:** Compañía YPF (2013)

Sobre la problemática ambiental, se puede concluir que las características geológicas hacen prácticamente imposible que la producción del *shale gas* impacte negativamente en los acuíferos. De todas formas se ha descrito esta situación ya que seguramente será una “barrera” para el desarrollo completo de este tipo de yacimientos, teniendo seguramente algún posible impacto en los tiempos de ejecución de proyectos.

Como conclusión del presente capítulo, resulta muy claro que la problemática actual de falta de gas natural en el país, se ha ido gestando a lo largo de la última década. Ha sido un proceso que poco a poco fue generando condiciones que llevaron a esta situación. En otras palabras, no ha sido de un año para otro. Por otro lado, lo particular de esta problemática es que la misma tiene una solución muy clara y concreta. Pero de la misma forma que se llegó a este punto, se requerirá de varios años para poder vislumbrar acciones concretas que solucionarán el problema definitivamente.

## CAPÍTULO IV

### ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PLANTA LLDPE Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

#### 1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COSTOS EN EL CASO DE ESTUDIO

Como toda empresa de mediano o gran tamaño, Dow dispone de un departamento que administra el sistema contable de la organización. A dicha área se la denomina “Contaduría”. Quienes trabajan en este sector tienen como responsabilidad principal administrar el sistema de gestión contable que tiene la empresa, asegurando, como vimos en la descripción teórica, que cada costo o imputación en el sistema tenga la naturaleza que corresponda. Como se expresó, los costos son utilizados diariamente para evaluar la eficiencia de la compañía como también para la toma de decisiones de gerentes y directores, tanto inversiones a futuro como gastos corrientes. La compañía dispone de un proceso o “reglas contables” que indican y definen la naturaleza de cada costo y como éste debe imputarse en el sistema de gestión.

Más allá de la administración del sistema para imputar costos, analizarlos y hacer que la organización tome decisiones correctas, el departamento de Contaduría tiene otra responsabilidad muy importante. Asegurar que los procesos y procedimientos escritos para imputar costos se rijan por normas internas y externas de la empresa.

En relación a las normas externas, Dow está sujeto al cumplimiento de leyes internacionales como así también a las locales en cada país que opera. Como ejemplo de esto último, se puede mencionar la correcta imputación de determinados impuestos en los sistemas contables para darle cumplimiento a las normas vigentes. Por otro lado, por ser Dow una empresa que tiene su casa central en Estados Unidos, debe cumplir con leyes dictadas en dicho país. Un ejemplo claro en este punto es la ley *Sarbanes Oxley*, dictada en el año 2002, también conocida como el Acta de Reforma de la Contabilidad Pública de empresas y de Protección al inversionista.

Con respecto a las normas internas, se dispone de manuales, políticas y procedimientos que describen la correcta identificación de los costos en las distintas clasificaciones. Estos manuales, políticas y procedimientos forman parte de las “Reglas de Negocio”, las cuales están

desarrolladas no solamente para cumplir leyes que aplican a la operación de la compañía, sino también para alcanzar los objetivos económicos y financieros de la compañía.

## 2. ESTRUCTURA DE COSTOS

Todas las unidades productivas gestionan sus costos de producción a través del sistema SAP. En dicho sistema existe, de acuerdo a las reglas del negocio, una estructura de costos que definen con precisión las distintas categorías para imputar cada acción ejecutada. En dicho sistema, como podrá imaginarse, se indica el presupuesto asignado para cada elemento de la estructura con el fin de poder comparar a lo largo del año lo planificado versus lo real. Como ya se ha mencionado, de esta comparación saldrá, en parte, la eficiencia en la gestión de los recursos disponibles para la fabricación del polietileno. Por otro lado, por tratarse de una compañía multinacional con casa matriz en Estados Unidos, el sistema contable permite de manera rápida ver cualquier tipo de gasto en moneda local o en dólares estadounidenses.

Para el presente trabajo, es importante dejar en claro que todos los costos serán expresados en dólares. La principal razón es que tanto la materia prima como el producto final son *commodities*. Esto significa que los precios están basados en mercados globales, los cuales utilizan la divisa estadounidense. Tomando el dólar como “variable fija”, se procedió a convertir los costos locales, expresados en moneda local, a valor dólar.

La estructura de costos de la compañía tiene dos grandes clasificaciones de información en su sistema contable: centros de costos y elementos de costos, los cuales están asociados a los primeros. Un centro de costo es una cuenta o instrumento contable que permite la acumulación de los costos requeridos para realizar una actividad o función sobre la que se pretende ejercer un control. Dentro de un centro de costos tenemos varios elementos de costos, como ser materiales y otros elementos almacenables; trabajo y bienes de consumo corriente, servicios contratados, salarios y elementos ligados a la estructura, que responden a una clasificación por la naturaleza de los factores empleados, es decir, de tipo funcional.

Ahora bien, el sistema contable de la compañía y su estructura de costos está diseñado de una manera en la cual los costos se clasifican en controlables, semicontrolables y fijos y recargas. Esta denominación es propia del lenguaje que emplea la compañía para el control de gestión de sus plantas. Desde el marco teórico conceptual, dichos costos responden sólo a una

de las clasificaciones descritas en el capítulo I de costos controlables y no controlables. Dicha estructura de información posibilita analizar los costos de una forma tal que es fácilmente integrable con otros complejos de la compañía, lo que le permite a la casa matriz establecer rápidamente análisis y *benchmarks* entre las distintas unidades de producción. El resultado de este análisis es parte de un proceso de mejora continua que tiene la compañía para hacer cada vez más eficientes sus recursos. Esto responde al concepto de relatividad del costo indicado en el capítulo I, donde la base de datos de componentes físicos y monetarios de cada costo puede ordenarse y cuantificarse en cada empresa conforme sean las necesidades de información que se requieran para la gestión a partir de las políticas fijadas. Sin embargo, esta categorización de costos empleada habitualmente por la compañía en su sistema de información contable, no permite de forma clara y directa analizar los costos utilizando el concepto de cadena de valor, de modo de determinar los costos en función de las actividades creadoras de valor, que van desde la producción de etileno hasta la logística final del polietileno, que es el propósito o necesidad principal para desarrollar esta investigación y comparar las alternativas de la manera más efectiva. Por otra parte, la compañía no cuenta con una desagregación detallada de costos variables y fijos. Los costos fijos no se analizan en función a si están asociados al nivel de actividad (costos fijos operativos) o bien a la capacidad práctica (costos fijos de capacidad), sólo se asocian al grado de control, combinando estas clasificaciones teóricas. Por lo tanto, siendo esta información relevante para el problema bajo estudio, sobre la base del sistema contable de la compañía, se procesarán y determinarán otras figuras de costos útiles y necesarios para el análisis a realizar.

A partir de lo expuesto, se relevó que la compañía mantiene dos conceptos de costos importantes agrupados de esta forma:

COSTOS DE PRODUCCIÓN: Materia prima, mano de obra, carga fabril, costos administrativos y costos financieros, cuya información la proporciona la Contabilidad de Costos. Expresión cuantitativa monetaria de factores de producción, previamente adquiridos o contratados, que son consumidos en un proceso y que, por razones técnico-económicas, deben ser necesariamente insumidos en el producto elaborado. Se conforman estructuralmente por tres elementos: materias primas, mano de obra directa y carga fabril. Incluyen todos los costos identificables (fijos y variables), a saber: a) Materias primas (según precio de factura y gastos vinculados); b) Mano de obra (según jornales directos del proceso de producción); y c) Gastos

indirectos de fabricación (según costos restantes). Sacrificios económicos necesarios para la obtención de la producción, devengados en función de la misma.

COSTOS SALARIALES: Costos que corresponden a las percepciones de carácter salarial que están directamente vinculadas al trabajo realizado. A estos efectos, y sobre todo para su control, puede ser de gran utilidad diferenciar entre los costos salariales reales y los costos salariales estimados. Los costos salariales reales constituyen el componente básico del costo de mano de obra y acumulan todas las cargas operativas, de devengo periódico, en el ámbito del proceso productivo o de servicios. Forman parte de estos costos el sueldo base, los complementos salariales por puesto de trabajo, de rendimiento y personales, las cargas sociales obligatorias, la parte prorrateada de las pagas extraordinarias y otros conceptos similares. Los costos salariales estimados abarcan al resto de los componentes del costo de mano de obra y, ya sea por las fluctuaciones que presentan, por la agilidad que requiere la adopción de decisiones o por ambas causas, se fijan de antemano, corrigiéndose posteriormente a partir de la información elaborada sobre datos reales. Como ejemplo de este tipo de costos salariales estimados, puede señalarse el costo generado por las aportaciones a planes de pensiones, cuando la cuantía de dicha aportación no es conocida hasta el cierre del ejercicio. Así, cuando la aportación a planes de pensiones es conocida o bien no es conocida, pero el período de cálculo de costos es el mismo que el ejercicio contable, este costo habrá de prorratearse de forma similar al prorrateo de las pagas extraordinarias. En cambio, cuando el período de cálculo de costos es inferior al ejercicio (hecho más frecuente), y el costo por aportación a planes de pensiones no es conocido hasta el cierre del ejercicio, dicho costo debe estimarse y asignarse mediante un pre-cálculo.

Sobre la base de lo anterior, y como valor agregado de este trabajo para posibilitar el análisis de las alternativas mediante la cadena de valor, se reagruparon y procesaron los costos bajo la clasificación en variables y fijos operativos y de capacidad, en función a su vez, a su identificación con las actividades de dicha cadena. Teniendo los costos analizados de esta manera, se procedieron a evaluar las tres alternativas de abastecimiento de materia prima, en las cuales la administración de la capacidad es un factor determinante.

Se describen a continuación, los distintos componentes del costo para la producción de etileno, producción de polietileno y logística de producto final. Estos tres procesos conforman

la cadena de valor de la compañía bajo estudio, recibiendo el etano y entregando el polietileno a los clientes. Cada uno de estos tres procesos está a su vez conformado por tres tipos de costos: variables, fijos de estructura y fijos operativos. Luego, se podrá encontrar en detalle los costos para cada elemento que compone cada uno de ellos, haciendo la salvedad que dichos costos han sido “normalizados” al caso base, lo que significa que no indican valores reales.

### Elementos de costos *upstream* (Producción de etileno)

**Tabla 23:** Costos variables para la producción de etileno

<b>Razón costo</b>	<b>Descripción</b>
Materia prima: Etano y propano	El etano es la materia prima natural para la fabricación de etileno. La conversión de un producto en otro (a través del rompimiento de la molécula) se hace en hornos a altas temperaturas. En el caso del propano (alternativa de reemplazo), la eficiencia es menor. <b>El costo se expresa en USD / tonelada</b>
Combustible: gas natural	El gas natural se utiliza en los hornos de los <i>crackers</i> para proveer la temperatura necesaria al etano y producir la reacción química que rompe la molécula. <b>El costo se expresa en USD / MMBTU</b>
Servicios Auxiliares: energía eléctrica	Utilizada, casi en su totalidad, para el funcionamiento de todos los equipos del proceso por lo que se lo identifica como un gasto variable. Este valor se calcula tomando el consumo mensual de energía, dividido las toneladas de cada producto fabricado. Se expresa en Kw de energía por tonelada de polietileno. <b>La unidad de medición es USD / Kw.</b>
Servicios Auxiliares: Agua industrial	El agua se utiliza como principal elemento para reponer la evaporación en las torres de enfriamiento. Esto aplica tanto la producción de etileno como la de polietileno. <b>El costo se indica en USD / M3 agua</b>
Servicios Auxiliares: otros servicios	El nitrógeno tiene muchas utilidades en la planta. Se lo utiliza tanto en el proceso en si, como también en el purgado de equipos previa entrega a Mantenimiento, etc. Se lo recibe de un proveedor cuya planta es cercana al complejo de Dow. <b>La unidad de medición es USD /m3 de nitrógeno.</b> Este valor se calcula tomando el consumo mensual de nitrógeno, dividido por las toneladas de cada producto fabricado. Se expresa en M3 de nitrógeno por tonelada de polietileno.

Logística recepción: Labor y servicios	Mano de obra propia y contratada para el manejo logístico de transferir el etano hasta las plantas de etileno. <b>El costo se expresa en USD / hora hombre (de acuerdo a categorías)</b>
Logística envío: Labor y servicios	Mano de obra propia y contratada para el manejo logístico de transferir el etileno hasta las plantas de polietileno. <b>El costo se expresa en USD / hora hombre (de acuerdo a categorías)</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 24:** Costos fijos operativos para la producción de etileno

Mantenimiento: Materiales y servicios	Estos elementos de costos incluyen los gastos para trabajos que son administrados por la función mantenimiento a través de órdenes de servicio. Por la naturaleza del trabajo, pueden ser propios del mantener (como por ejemplo el reemplazo de una pieza a una máquina por desgaste) como de no mantenimiento (por ejemplo la limpieza de un equipo por ensuciamiento normal del proceso). Todas estas actividades, desarrolladas por personal de mantenimiento, insumen materiales y servicios. Dentro de estos últimos encontramos andamios, aislaciones, pintura, etc. Dentro de la función mantenimiento, existe un departamento que gestiona y controla la administración de los contratos. En el caso de materiales, la mayoría forman parte del inventario del almacén, por lo que el costo representa una transferencia. En caso de la compra de materiales directamente a proveedores, la imputación se hace directamente.
Mantenimiento: Labor	Este ítem incluye los costos de mano de obra relacionado con trabajos de mantenimiento. Incluye trabajos programados como no programados. Considera tanto los costos de personal propio como de personal contratado. El sistema de contabilidad utilizado garantiza a través de la creación de OT (Ordenes de trabajo) que exista la transferencia del costo de la mano de obra al centro de costos de la planta.
Operación: Labor	Este ítem incluye las horas extras pagadas según el convenio colectivo de trabajo para el caso del personal bajo convenio como así también las horas extras para el personal fuera de convenio (panelistas). Se dispone de una base de datos que administra esta variable con un administrador, quien genera un reporte mensual que luego forma parte de la liquidación mensual.

Operación: Materiales y servicios	Se imputan en este concepto los materiales y servicios que el sector de producción “consume” todos los meses, relacionados tanto con la operación normal (parte variable) como también para la operación de las facilidades independientemente si la planta está produciendo o no. Muchos de ellos son controlables y a otros se los consideran no controlables, por ejemplo, los servicios para el chequeo del funcionamiento de sistemas de seguridad. Como materiales tenemos los rellenos de lechos.
Operación: otros servicios	Se consideran en este elemento los costos relacionados con servicios que están vinculados con distintas consultoras que realizan trabajos para el cumplimiento y evaluación de normas externas. Dichas consultoras realizan gestiones ante organismos externos para asegurar que se cumplan las leyes vigentes, tanto medioambientales, como propias de la operación industrial.
Otras funciones: Labor	Se incluyen en este elemento de costos los relacionados con la mano de obra de funciones que dan soporte a la operación de la planta.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 25:** Costos fijos de capacidad para la producción de etileno

Staff: Salarios y beneficios	Se imputan bajo este concepto los salarios mensuales del personal de Producción, incluyendo tanto el concepto de costo fijo o no controlable (mano de obra mensual) como el costo variable o controlable (mano de obra por horas extras). La sumatoria total de estos dos conceptos se considera en este elemento de costo.
Operadores: Salarios y beneficios	Se imputan aquí los salarios mensuales de todo el personal que opera la planta. Esto es, tanto el personal diurno, como también el personal que trabaja en horario rotativo. Este costo fijo tiene unidad de medición mensual, por lo que, al dividirlo por la producción en la misma unidad de tiempo, se puede establecer la carga de mano de obra en el costo de conversión. Pago mensual de acuerdo a ley es el salario básico. Puede ser modificado, como caso general, con una determinada frecuencia antes situaciones inflacionarias o en casos particulares para personas que reciben una promoción.
Servicios Auxiliares: Energía Eléctrica	Utilizada, casi en su totalidad, para el funcionamiento de todos los equipos del proceso por lo que se lo identifica como un gasto variable. Este valor se calcula tomando el consumo mensual de energía, dividido las toneladas de cada producto fabricado. Se expresa en Kw de energía por tonelada de polietileno. <b>La unidad de medición es USD / Kw.</b>

Servicios Auxiliares: Agua Potable	Se la utiliza para el consumo humano y para los algunos sistemas de seguridad, donde su uso estará asociado a las personas. El ejemplo más claro es el sistema de duchas lava ojos que se lo utiliza en caso que una persona se exponga a un producto y necesite lavar parte de su cuerpo en forma urgente. <b>La unidad de medición es USD/m3.</b>
Servicios Auxiliares: Otros servicios	El nitrógeno tiene muchas utilidades en la planta. Se lo utiliza tanto en el proceso en si, como también en el purgado de equipos previa entrega a Mantenimiento, para uso de herramientas neumáticas, etc. Se lo recibe desde una planta que tiene en proveedor cercana al complejo de Dow. <b>La unidad de medición es USD /m3 de nitrógeno.</b> Este valor se calcula tomando el consumo mensual de nitrógeno, dividido por las toneladas de cada producto fabricado. Se expresa en M3 de nitrógeno por tonelada de polietileno.
Mantenimiento: Materiales y servicios	Este porcentaje de trabajos de mantenimiento corresponden a actividades relacionadas con el cumplimiento de regulaciones.
Mantenimiento: Labor	Este ítem incluye los costos de mano de obra relacionado con trabajos de mantenimiento. Incluye trabajos programados como no programados. Considera tanto los costos de personal propio como de personal contratado. El sistema de contabilidad utilizado garantiza a través de la creación de OT (Ordenes de trabajo) que exista la transferencia del costo de la mano de obra al centro de costos de la planta.
Recarga de Departamento de Informática	Es la transferencia en términos económicos (costo no controlable) que tiene el centro de costos de la planta, que viene del servicio de Servicios informáticos. Dicho departamento, como función de un servicio, “distribuye” sus costos entre “los generadores de valor”, que es la planta productora del producto final. El departamento de Contabilidad, calcula la imputación a realizar y controla posteriormente que se haya realizado de manera apropiada.
Recarga Departamento de Seguridad Industrial	Es la transferencia en términos económicos (costo no controlable) que tiene el centro de costos de la planta, que viene del servicio de Seguridad Industrial. Dicho departamento, como función de un servicio, “distribuye” sus costos entre “los generadores de valor”, que es la planta productora del producto final. El departamento de Contabilidad, calcula la imputación a realizar y controla posteriormente que se haya realizado de manera apropiada.

Recarga de Departamento de Servicios generales complejo BB.	Es la transferencia en términos económicos (costo no controlable) que tiene el centro de costos de la planta, que viene del servicio de Servicios generales del complejo. Dicho departamento, como función de un servicio, “distribuye” sus costos entre “los generadores de valor”, que es la planta productora del producto final. El departamento de Contabilidad, calcula la imputación a realizar y controla posteriormente que se haya realizado de manera apropiada.
Recarga de Otros Departamentos	Es la transferencia en términos económicos (costo no controlable) que tiene el centro de costos de la planta, que viene de servicios varios del complejo. Departamentos como Compras, Recursos Humanos, Legales, como funciones de servicios, “distribuyen” sus costos entre “los generadores de valor”, que es la planta productora del producto final. El departamento de Contabilidad, calcula la imputación que a realizar y controla posteriormente que se haya realizado de manera apropiada.
Amortización	Se imputan aquí, los valores calculados de depreciación para registrar la pérdida de valor de la propiedad ya sea por uso, deterioro, obsolescencia o fin de recursos utilizados.
Seguros	En este elemento de costo se imputan los gastos relacionados con los seguros que la compañía paga a empresas aseguradoras por la contraprestación de cobertura para determinados tipos de riesgos propios de la operación. Es un concepto mensual que se ajusta de acuerdo a contratos establecidos con la empresa aseguradora. Es un costo fijo mensual
Impuestos	Impuestos nacionales, provinciales y municipales, son imputados mensualmente a la cuenta de planta. Son costos de tipo No controlables.

**Fuente:** Elaboración propia

### Elementos de costos LLDPE (Producción de polietileno)

**Tabla 26:** Costos variables para la producción de polietileno

Materia Prima: Etileno	100% del costo está asociado a la producción final del proceso. En aquellas situaciones donde se importe el etileno, el costo se administra desde la planta proveedora de la materia prima, siendo la planta bajo estudio transparente a esto. <b>La unidad de medición es USD / tonelada.</b> Se expresa en toneladas de etileno por tonelada de polietileno.
---------------------------	--

<p>Materia Prima: Catalizadores</p>	<p>Utilizado para obtener una reacción eficiente, el catalizador es un elemento importado. Se recibe en garrafas, las cuales son descargadas frecuentemente a un sistema de alimentación.</p> <p><b>La unidad de medición es USD/kilogramo de catalizador.</b> Cada producto de barcaza, de acuerdo a la receta, consume una cantidad determinada de catalizador para producir una tonelada de polietileno. Se expresa en kilogramos de catalizador por tonelada de polietileno.</p>
<p>Materia Prima: Comonomero</p>	<p>100% del costo está asociado a la producción final del proceso. Es también la materia prima principal del polietileno. Utilizado para mejorar propiedades mecánicas del polietileno, el comonomero es fabricado a nivel nacional o importando. En ambos casos, se recibe por barco, los cuales son descargados a esferas de almacenamiento. De acuerdo al programa de producción, se hacen transferencias (cada 3 o 4 días) de las esferas a un tanque ubicado en la planta. <b>La unidad de medición es USD/ kilogramo.</b></p> <p>Cada producto fabricado en barcaza, de acuerdo a la receta, consume una determinada cantidad y tipo de comonomero para producir una tonelada de polietileno.</p> <p>Se expresa en kilogramos de comonomero por tonelada de polietileno.</p>
<p>Materia Prima: Aditivos</p>	<p>Utilizados para mejorar propiedades ópticas y de película del film de polietileno, se reciben en isocontenedores, los cuales son conectados al sistema de alimentación para su posterior inyección al polímero.</p> <p><b>La unidad de medición es USD / kilogramo de aditivo.</b></p> <p>Cada producto de Barcaza, de acuerdo a la receta, consume una cantidad determinada de aditivo para producir una tonelada de polietileno.</p> <p>Se expresa en kilogramos de aditivo por tonelada de polietileno.</p>
<p>Servicios Auxiliares: Energía Eléctrica</p>	<p>Utilizada, casi en su totalidad, para el funcionamiento de todos los equipos del proceso por lo que se lo identifica como un gasto variable.</p> <p><b>La unidad de medición es USD / Kw.</b></p> <p>Este valor se calcula tomando el consumo mensual de energía, dividido las toneladas de cada producto fabricado.</p> <p>Se expresa en Kw de energía por tonelada de polietileno.</p>
<p>Servicios Auxiliares: Agua industrial</p>	<p>El agua se utiliza como principal elemento para reponer la evaporación en las torres de enfriamiento.</p> <p>En el caso de la producción de polietileno, en LLDPE, también existe un consumo de agua para el sistema de agua de pellets. Su unidad de medición es m3.</p>

<p>Servicios Auxiliares: Otros Servicios</p>	<p>El nitrógeno tiene muchas utilidades en la planta. Se lo utiliza tanto en el proceso en sí, como también en el purgado de equipos previa entrega a Mantenimiento, para uso de herramientas neumáticas, etc. Se lo recibe de un proveedor que posee una planta cercana al complejo de Dow.</p> <p>La unidad de medición es USD /m3 de nitrógeno. Este valor se calcula tomando el consumo mensual de nitrógeno, dividido por las toneladas de cada producto fabricado.</p> <p>Se expresa en M3 de nitrógeno por tonelada de polietileno.</p>
--	--

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 27:** Costos fijos operativos para la producción de polietileno

<p>Mantenimiento: Materiales y servicios</p>	<p>Estos elementos de costos incluyen los gastos para trabajos que son administrados por la función mantenimiento a través de órdenes de servicio. Por la naturaleza del trabajo, pueden ser propios del mantener (por ejemplo el reemplazo de una pieza a una máquina por desgaste) como de no mantenimiento (por ejemplo la limpieza de un equipo por ensuciamiento normal del proceso). Todas estas actividades, desarrolladas por personal de mantenimiento, insumen materiales y servicios. Dentro de estos últimos encontramos andamios, aislaciones, pintura, etc. Dentro de la función mantenimiento, existe un departamento que gestiona y controla la administración de los contratos. En el caso de materiales, la mayoría forman parte del inventario del almacén, por lo que el costo representa una transferencia. En caso de la compra de materiales directamente a proveedores, la imputación se hace directamente.</p>
<p>Mantenimiento: Labor</p>	<p>Este ítem incluye los costos de mano de obra relacionado con trabajos de mantenimiento. Incluye trabajos programados como no programados. Considera tanto los costos de personal propio como de personal contratado. El sistema de contabilidad utilizado garantiza a través de la creación de OT (Ordenes de trabajo) que exista la transferencia del costo de la mano de obra al centro de costos de la planta.</p>
<p>Operación: Labor</p>	<p>Este ítem incluye las horas extras pagadas según el convenio colectivo de trabajo para el caso del personal bajo convenio como así también las horas extras para el personal fuera de convenio (panelistas).</p> <p>Se dispone de una base de datos que administra esta variable con un administrador, quien genera un reporte mensual que luego forma parte de la liquidación mensual.</p>

Operación: Materiales y servicios	Se imputan en este concepto los materiales y servicios que el sector de producción “consumo” todos los meses, relacionados tanto con la operación normal (parte variable) como también para la operación de las facilidades independientemente si la planta está produciendo o no. Muchos de ellos son controlables y otros se los consideran no controlables, como por ejemplo los servicios para el chequeo del funcionamiento de sistemas de seguridad. Como materiales tenemos los rellenos de lechos.
Operación: otros servicios	Se consideran en estos elementos los costos relacionados con servicios que están vinculados con distintas consultoras que realizan trabajos para el cumplimiento y evaluación de normas externas. Dichas consultoras realizan gestiones ante organismos externos para asegurar que se cumplan las leyes vigentes, tanto medioambientales, como propias de la operación industrial.
Otras funciones: Labor	Se incluyen en este elemento de costos los relacionados con la mano de obra de funciones que dan soporte a la operación de la planta.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 28:** Costos fijos de capacidad para la producción de polietileno

Staff: Salarios y beneficios	Se imputan bajo este concepto los salarios mensuales del personal de Producción, incluyendo tanto el concepto de costo fijo o no controlable (mano de obra mensual) como el costo variable o controlable (mano de obra por horas extras). La sumatoria total de estos dos conceptos se considera en este elemento de costo.
Operadores: Salarios y beneficios	Se imputan aquí los salarios mensuales de todo el personal que opera la planta. Esto es, tanto el personal diurno, como también el personal que trabaja en horario rotativo. Este costo fijo tiene unidad de medición mensual, por lo que, al dividirlo por la producción en la misma unidad de tiempo, se puede establecer la carga de mano de obra en el costo de conversión. Es el salario básico. Puede ser modificado, como caso general, con una determinada frecuencia antes situaciones inflacionarias o en casos particulares para personas que reciben una promoción o ascenso de categoría.
Servicios Auxiliares: Energía Eléctrica	Utilizada, casi en su totalidad, para el funcionamiento de todos los equipos del proceso por lo que se lo identifica como un gasto variable. Este valor se calcula tomando el consumo mensual de energía, dividido las toneladas de cada producto fabricado. Se expresa en Kw de energía por tonelada de polietileno. <b>La unidad de medición es USD / Kw.</b>

Servicios Auxiliares: Agua Potable	Se la utiliza para el consumo humano y para los algunos sistemas de seguridad, donde su uso estará asociado a las personas. El ejemplo más claro es el sistema de duchas lava ojos que se lo utiliza en caso que una persona se exponga a un producto y necesite lavar parte de su cuerpo en forma urgente. <b>La unidad de medición es USD/m3.</b>
Servicios Auxiliares: Otros servicios	Refiere al consumo de nitrógeno para operar la antorcha. Dicho sistema es independiente a la producción del proceso. Siempre tiene que estar activa, por lo que se lo considera un gasto fijo.
Mantenimiento: Materiales y servicios	Este porcentaje de trabajos de mantenimiento corresponden a actividades relacionadas con el cumplimiento de regulaciones.
Mantenimiento: Labor	Este ítem incluye los costos de mano de obra relacionado con trabajos de mantenimiento. Incluye trabajos programados como no programados. Considera tanto los costos de personal propio como de personal contratado. El sistema de contabilidad utilizado garantiza a través de la creación de OT (Ordenes de trabajo) que exista la transferencia del costo de la mano de obra al centro de costos de la planta.
Recarga de Departamento de Informática	Es la transferencia en términos económicos (costo no controlable) que tiene el centro de costos de la planta, que viene del servicio de Servicios informáticos. Dicho departamento, como función de un servicio, “distribuye” sus costos entre “los generadores de valor, que es la planta productora del producto final. El departamento de Contabilidad, calcula la imputación que a realizar y controla posteriormente que se haya realizado de manera apropiada.
Recarga Departamento de Seguridad Industrial	Es la transferencia en términos económicos (costo no controlable) que tiene el centro de costos de la planta, que viene del servicio de Seguridad Industrial. Dicho departamento, como función de un servicio, “distribuye” sus costos entre “los generadores de valor, que es la planta productora del producto final. El departamento de Contabilidad, calcula la imputación que a realizar y controla posteriormente que se haya realizado de manera apropiada.
Recarga de Departamento de Servicios generales complejo BB.	Es la transferencia en términos económicos (costo no controlable) que tiene el centro de costos de la planta, que viene del servicio de Servicios generales del complejo. Dicho departamento, como función de un servicio, “distribuye” sus costos entre “los generadores de valor, que es la planta productora del producto final. El departamento de Contabilidad, calcula la imputación que a realizar y controla posteriormente que se haya realizado de manera apropiada.

Recarga de Otros Departamentos	Es la transferencia en términos económicos (costo no controlable) que tiene el centro de costos de la planta, que viene de servicios varios del complejo. Departamentos como Compras, Recursos Humanos, Legales, como funciones de servicios, “distribuyen” sus costos entre “los generadores de valor, que es la planta productora del producto final. El departamento de Contabilidad, calcula la imputación que a realizar y controla posteriormente que se haya realizado de manera apropiada.
Amortización	Se imputan aquí, los valores calculados de depreciación para registrar la pérdida de valor de la propiedad ya sea por uso, deterioro, obsolescencia o fin de recursos utilizados.
Seguros	En este elemento de costo se imputan los gastos relacionados con los seguros que la compañía paga a empresas aseguradoras por la contraprestación de cobertura para determinados tipos de riesgos propios de la operación. Es un concepto mensual que se ajusta de acuerdo a contratos establecidos con la empresa aseguradora. Es un costo fijo mensual.
Impuestos	Impuestos nacionales, provinciales y municipales, son imputados mensualmente a la cuenta de planta. Son costos de tipo No controlables.

**Fuente:** Elaboración propia

### Elementos de costos *downstream* (Logística del producto final (PE))

**Tabla 29:** Costos variables para la logística del producto final (PE)

Embolsado: producto Final	Es el costo de embolsar el producto en bolsas de 25 kg., los cuales son dispuestos en pallets que luego son enviados a los clientes. Como se vio, existe una línea de embolsado que trabaja las 24 horas para llevar adelante este proceso.
Logística Envío	Se imputan en este elemento de costo el costo de la logística para importar este material desde complejos fuera del país. Se incluye el flete, los impuestos y los aranceles para la gestión de los procesos de importación.
Almacenamiento	Se incluyen los costos de almacenamiento del producto final importado hasta que es enviado a los clientes locales, reemplazando el producto local. Este costo puede ser, en algunos casos, el alquiler mensual de depósitos para hacer <i>stock</i> de polietileno.

Logística Transporte	Son los costos relacionados con el transporte desde los puntos logísticos locales (tanto de productos locales o importados) hasta los clientes, los cuales están ubicados en distintas regiones del país, como también en los países vecinos del Mercosur. El flete puede ser tanto terrestre como naviero.
Servicios Auxiliares: energía Eléctrica	Utilizada, casi en su totalidad, para el funcionamiento de todos los equipos del proceso por lo que se lo identifica como un gasto variable. <b>La unidad de medición es USD / Kw.</b> Este valor se calcula tomando el consumo mensual de energía, dividido las toneladas de cada producto fabricado. Se expresa en Kw de energía por tonelada de polietileno.
Servicios Auxiliares: agua	En el caso de la Logística de polietileno ( <i>downstream</i> ), el agua es para los enfriadores que se utilizan en el proceso.
Producto importado	Es el costo del producto importado que se trae de otros complejos de la compañía. Este costo puede diferir sustancialmente del costo del producto producido localmente.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 30:** Costos fijos operativos para la logística del producto final (PE)

Mantenimiento: Materiales y servicios	Estos elementos de costo incluyen los gastos para trabajos que son administrados por la función mantenimiento a través de órdenes de servicio. Por la naturaleza del trabajo, pueden ser propios del mantener (tales como el reemplazo de una pieza a una máquina por desgaste) como de no mantenimiento (por ejemplo la limpieza de un equipo por ensuciamiento normal del proceso). Todas estas actividades, desarrolladas por personal de mantenimiento, insumen materiales y servicios. Dentro de estos últimos encontramos andamios, aislaciones, pintura, etc. Dentro de la función mantenimiento, existe un departamento que gestiona y controla la administración de los contratos. En el caso de materiales, la mayoría forman parte del inventario del almacén, por lo que el costo representa una transferencia.
Mantenimiento: Labor	Este ítem incluye los costos de mano de obra relacionado con trabajos de mantenimiento. Incluye trabajos programados como no programados. Considera tanto los costos de personal propio como de personal contratado. El sistema de contabilidad utilizado garantiza a través de la creación de OT (Ordenes de trabajo) que exista la transferencia del costo de la mano de obra al centro de costos de la planta.

Operación: Labor	Este ítem incluye las horas extras pagadas según el convenio colectivo de trabajo para el caso del personal bajo convenio como así también las horas extras para el personal fuera de convenio (panelistas). Se dispone de una base de datos que administra esta variable con un administrador, quien genera un reporte mensual que luego forma parte de la liquidación mensual.
Operación: Materiales y servicios	Se imputan en este concepto los materiales y servicios que el sector de producción “consumo” todos los meses, relacionados tanto con la operación normal (parte variable) como también para la operación de las facilidades independientemente si la planta está produciendo o no. Muchos de ellos son controlables y otros se los consideran no controlables, tales como los ser servicios para el chequeo del funcionamiento de sistemas de seguridad. Como materiales tenemos los rellenos de lechos.
Operación: otros servicios	Se consideran en este elemento los costos relacionados con servicios que están vinculados con distintas consultoras que realizan trabajos para el cumplimiento y evaluación de normas externas. Dichas consultoras realizan gestiones ante organismos externos para asegurar que se cumplan las leyes vigentes, tanto medioambientales, como propias de la operación industrial.
Otras funciones: Labor	Se incluyen en este elemento de costos los relacionados con la mano de obra de funciones que dan soporte a la operación de la planta.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 31:** Costos fijos de capacidad para la logística del producto final (PE)

Staff: Salarios y beneficios	Se imputan bajo este concepto los salarios mensuales del personal de Producción, incluyendo tanto el concepto de costo fijo o no controlable (mano de obra mensual) como el costo variable o controlable (mano de obra por horas extras). La sumatoria total de estos dos conceptos se considera en este elemento de costo.
Operadores: Salarios y beneficios	Se imputan aquí los salarios mensuales de todo el personal que opera la planta. Esto es, tanto el personal diurno, como también el personal que trabaja en horario rotativo. Este costo fijo tiene unidad de medición mensual, por lo que, al dividirlo por la producción en la misma unidad de tiempo, se puede establecer la carga de mano de obra en el costo de conversión. Puede ser modificado, como caso general, con una determinada frecuencia antes situaciones inflacionarias o en casos particulares para personas que reciben una promoción o ascenso de categoría.

Servicios Auxiliares: Energía Eléctrica	Utilizada, casi en su totalidad, para el funcionamiento de todos los equipos del proceso por lo que se lo identifica como un gasto variable. Este valor se calcula tomando el consumo mensual de energía, dividido las toneladas de cada producto fabricado. Se expresa en Kw de energía por tonelada de polietileno. <b>La unidad de medición es USD / Kw.</b>
Servicios Auxiliares: Agua Potable	Se la utiliza para el consumo humano y para los algunos sistemas de seguridad, donde su uso estará asociado a las personas. El ejemplo más claro es el sistema de duchas lava ojos que se lo utiliza en caso que una persona se exponga a un producto y necesite lavar parte de su cuerpo en forma urgente. <b>La unidad de medición es USD/m3.</b>
Servicios Auxiliares: Otros servicios	El nitrógeno tiene muchas utilidades en la planta. Se lo utiliza tanto en el proceso en si, como también en el purgado de equipos previa entrega a Mantenimiento, para uso de herramientas neumáticas, etc. Se lo recibe desde una planta que tiene en proveedor cercana al complejo de Dow. <b>La unidad de medición es USD /m3 de nitrógeno.</b>
Mantenimiento: Materiales y servicios	Este porcentaje de trabajos de mantenimiento corresponden a actividades relacionadas con el cumplimiento de regulaciones.
Mantenimiento: Labor	Este ítem incluye los costos de mano de obra relacionado con trabajos de mantenimiento. Considera tanto los costos de personal propio como de personal contratado. El sistema de contabilidad utilizado garantiza a través de la creación de OT (Ordenes de trabajo) que exista la transferencia del costo de la mano de obra al centro de costos de la planta.
Recarga de Departamento de Informática	Es la transferencia en términos económicos (costo no controlable) que tiene el centro de costos de la planta, que viene del servicio de Servicios informáticos. Dicho departamento, como función de un servicio, “distribuye” sus costos entre “los generadores de valor, que es la planta productora del producto final. El departamento de Contabilidad, calcula la imputación que a realizar y controla posteriormente que se haya realizado de manera apropiada.
Recarga Departamento de Seguridad Industrial	Es la transferencia en términos económicos (costo no controlable) que tiene el centro de costos de la planta, que viene del servicio de Seguridad Industrial. Dicho departamento, como función de un servicio, “distribuye” sus costos entre “los generadores de valor, que es la planta productora del producto final. Contabilidad controla que las imputaciones se hayan realizado de manera apropiada.

Recarga de Departamento de Servicios generales complejo BB.	Es la transferencia en términos económicos (costo no controlable) que tiene el centro de costos de la planta, que viene del servicio de Servicios generales del complejo. Dicho departamento, como función de un servicio, “distribuye” sus costos entre “los generadores de valor, que es la planta productora del producto final. El departamento de Contabilidad, calcula la imputación que a realizar y controla posteriormente que se haya realizado de manera apropiada.
Recarga de Otros Departamentos	Es la transferencia en términos económicos (costo no controlable) que tiene el centro de costos de la planta, que viene de servicios varios del complejo. Departamentos como Compras, Recursos Humanos, Legales, como funciones de servicios, “distribuyen” sus costos entre “los generadores de valor, que es la planta productora del producto final. El departamento de Contabilidad, calcula la imputación que a realizar y controla posteriormente que se haya realizado de manera apropiada.
Amortización	Se imputan aquí, los valores calculados de depreciación para registrar la pérdida de valor de la propiedad ya sea por uso, deterioro, obsolescencia o fin de recursos utilizados.
Seguros	En este elemento de costo se imputan los gastos relacionados con los seguros que la compañía paga a empresas aseguradoras por la contraprestación de cobertura para determinados tipos de riesgos propios de la operación. Es un concepto mensual que se ajusta de acuerdo a contratos establecidos con la empresa aseguradora. Es un costo fijo mensual.
Impuestos	Impuestos nacionales, provinciales y municipales, son imputados mensualmente a la cuenta de planta. Son costos de tipo No controlables.

**Fuente:** Elaboración propia

Por otro lado, tenemos la siguiente definición con respecto a costos de materiales, servicios y mano de obra y su identificación como costos fijos o variables. Se puede apreciar que una imputación, por ejemplo un material, puede ser clasificado como fijo o variable de acuerdo a la función que éste cumpla en relación al nivel de producción.

**Tabla 32:** Definición de costos por clasificación

Trabajos Operativos / Producción	Materiales	<p><b><u>Costo variable-indirecto (80%):</u></b></p> <p>Todos los materiales y suministros que compra la organización de Producción por fuera de la anterior, van cargados a este ítem. Ejemplos pueden ser: rellenos para lechos de purificación o equipos de computación para el sistema de control.</p> <p><b><u>Costo fijo-indirecto (20%):</u></b></p> <p>Algunos ejemplos de costos fijos para este ítem pueden ser: zapatos de seguridad personal, material de librería, etc.</p>
Trabajos Operativos / Producción	Servicios	<p>Similar al punto anterior, todos los servicios por fuera de la función mantenimiento que requiere planta, se incorporan a este elemento de costo. Ejemplos: Servicios para el control de calidad del agua y su tratamiento para evitar la corrosión interna de cañerías, servicios de inspección requeridos por las autoridades del puerto de Bahía Blanca, etc.</p>
Beneficios e incentivos	Mano de obra (semicontrolable)	<p><b><u>Costo fijo-indirecto:</u></b></p> <p>Estos elementos de costos agrupan una serie de costos relacionados programa de retiro de empleados, servicios de salud, asistencia odontológica, planes por discapacidad, seguros de vida, programa de asistencia al empleado, cobertura en caso de accidentes, planes de pensión, etc.</p> <p>La suma total es imputada como gasto fijo semicontrolable sobre la producción total de cada mes.</p>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3. ANALISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS OPCIONES BAJO ESTUDIO

A los efectos de minimizar el impacto negativo en la rentabilidad de la planta productora de polietileno debido a la falta de materia prima, se describen tres alternativas para suplirla. Se considera, de acuerdo a lo visto anteriormente sobre la falta de etileno, del período 2011-2016, que el faltante por año es de aproximadamente 20.000 toneladas. Se toma este valor para el análisis de las opciones. Se resalta que al hablar de falta de materia prima, la misma es la producida localmente. Se aclara esto, ya que una de las opciones es importarla.

1. Analizar como primera opción la importación de la materia prima (etileno) para suplir la falta de esta misma a partir de la producción local. Se describirá este proceso como también, en base a experiencias anteriores, se evaluará cómo afecta la rentabilidad de la planta. Se indicarán las ventajas y desventajas de esta alternativa desde el punto de vista económico y estratégico. En este primer caso, se importan 20.000 toneladas, por lo que la producción final para esta alternativa no se ve impactada. Esto es, la capacidad práctica prevista, sigue siendo de 100%. El costo del etileno importado, tomando como referencia el gráfico 44, se define en 700 dólares por tonelada. Es importante notar que el costo final por tonelada de etileno que recibe la planta de polietileno es de unos 788 dólares. Esta diferencia de unos casi 100 dólares se explica en los costos fijos, tanto operativos como de capacidad.
2. Una segunda alternativa a analizar es la de suplir el faltante de materia prima, etano, con otro componente del gas natural, propano en la fase de “*cracker*”. Esto, si bien es una solución parcial al problema descrito ya que aún en condiciones ideales no puede reemplazarse toda la materia prima faltante (debido a restricciones tecnológicas en los *crackers*), resulta una alternativa válida a tener en cuenta en el presente estudio. En este caso se considera reemplazar el etano faltante por propano. El factor de conversión de propano para obtener etileno es de 0,7, lo que representa un 30% menos que el factor de conversión del etano (caso ideal). De lo anterior, se asume que la disponibilidad total de propano de 20.000 toneladas, no alcanza para cubrir la pérdida total por el etano total, por lo que la producción final se verá afectada en 6.000 toneladas. Es decir, en esta alternativa, la producción final alcanza las 134.000 toneladas. El costo del propano, tomando como referencia el gráfico 45, se establece en 900 dólares.
3. En tercer lugar, se analizará la alternativa de importar el producto final, polietileno, para que el volumen despachado a los clientes no se vea impactado. Se indicarán las ventajas y desventajas de esta alternativa desde el punto de vista económico y estratégico. Se importan un total de 20.000 toneladas de polietileno, sin impacto final en el volumen disponible para comercializar. El costo de importar cada

tonelada de polietileno es de 1.600 dólares. La capacidad práctica “real” es de 85,7% (120.000 toneladas de producción real), pero la capacidad que se envía al mercado es del 100%, representado por las 120.000 producidas localmente más las 20.000 toneladas importadas.

### 3.2. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS POR MÉTODO CUALITATIVO

Para cada una de las alternativas, se analizaron ventajas y desventajas. La forma de cuantificar esto se hizo a través de una valoración cualitativa mediante la metodología Delphi, descrita en el capítulo I.

Dicho equipo multidisciplinario analizó las siguientes variables:

1. *Inversión requerida*
2. *Disponibilidad en términos de tiempo*
3. *Volumen*
4. *Costo del producto asociado*
5. *Costo Logístico*
6. *Dificultades aduaneras*
7. *Disponibilidad en el mercado*

Se utiliza una escala de Likert de 1 a 5, donde:

**Tabla 33:** Escala de Likert

5	Muy buena	Idem a condición normal de provisión local, se la interpreta como una ventaja muy favorable.
4	Buena	Ventaja, aunque representa una diferencia negativa con respecto a la provisión normal.
3	Normal	Neutro, no es una ventaja ni una desventaja, el grado de impacto negativo considerando la línea de base es mayor.
2	Regular	Desventaja mínima, mayor desventaja con respecto al caso normal.
1	Muy mala	Desventaja muy desfavorable, es el peor caso comparado con el caso de provisión local de materia prima.

**Fuente:** Elaboración propia

Con respecto a las variables que se tendrán en cuenta para evaluar cada una de las alternativas, se detalla a continuación cada una de ellas:

**Tabla 34:** Descripción de variables cualitativas

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
Inversión requerida	<p>Refiere a la necesidad de hacer inversiones para que la alternativa sea factible.</p> <p>Se debe entender como ventaja la poca inversión requerida (puntuación 5) y como desventaja si es necesario hacer una gran inversión (puntuación 1)</p>
Disponibilidad (tiempo)	<p>Refiere a la precisión en términos de tiempo de contar con la materia prima, de acuerdo a un programa o plan establecido. Por ejemplo, si para el caso de importar etileno, se programa recibir un barco un día X y el barco llega un día X+3, si esta demora ocasiona pérdida de producción, será vista como una desventaja. Se debe entender como ventaja la poca variabilidad en cantidad de unidades de tiempo (días) (puntuación 5) y como desventaja si la variabilidad es muy grande (puntuación 1)</p>
Volumen de producto	<p>Refiere a la disponibilidad, en términos de cantidades o volúmenes, que cada alternativa ofrece. Por ejemplo, si es necesario disponer de X cantidad de productos, si esta cantidad de producto podrá ser conseguido en el tiempo requerido.</p> <p>Se debe entender como ventaja, si hay una alta probabilidad de disponer de la cantidad requerida (puntuación 5) y como desventaja si es difícil disponer de dicho volumen en el tiempo requerido ( puntuación 1)</p>

<p>Costo del producto</p>	<p>Refiere al costo del producto de cada alternativa con respecto al costo de la materia prima bajo análisis. Se debe entender como ventaja si el producto a considerar en la alternativa es bajo (puntuación 5) y como desventaja si el costo del producto es elevado (puntuación 1)</p>
<p>Costo de logística</p>	<p>Refiere al costo de logística para disponer del producto para cada alternativa con respecto al costo logístico del estado normal. Se debe entender como ventaja si el producto a considerar en la alternativa es bajo (puntuación 5) y como desventaja si el costo del producto es elevado (puntuación 1)</p>
<p>Dificultades Aduaneras (export / import)</p>	<p>Refiere el grado de dificultad que los productos considerados para cada alternativa para el reemplazo de la materia prima, puedan obtener las aprobaciones legales aduaneras para ingresar o egresar del país. Estas dificultades deben interpretarse como externas, ya que dependen de los procesos y leyes aduaneras del país. Se debe entender como ventaja si la dificultad es baja (puntuación 5) y como desventaja si la dificultad es elevada (puntuación 1)</p>
<p>Disponibilidad de producto en el mercado</p>	<p>Refiere a la facilidad o dificultad de encontrar disponible en el mercado el producto de cada una de las alternativas, ya sea dentro de la propia empresa, como así también en el mercado global. Se debe entender como ventaja si la dificultad es baja (puntuación 5) y como desventaja si la dificultad es elevada (puntuación 1)</p>

**Fuente:** Elaboración propia

### **Alternativa 1: Importar 20.000 toneladas de etileno**

Esta opción ya ha sido utilizada en los últimos años. Se la ha considerado y aplicado en forma “reactiva”, es decir, cuando la necesidad de disponer de la materia prima ya era un hecho presente y concreto.

Como alternativa de este estudio, esta opción se la analiza desde un punto de vista estratégico, es decir, mediante el análisis y elaboración de un plan que permita conocer de antemano la falta de etileno, tanto desde el punto de vista del volumen como también desde el punto de vista de los tiempos requeridos.

Como fue mencionado un capítulo anterior, el precio de etileno, como *commodity* tiene varios indicadores a nivel global. Se toma como referencia el valor de MB. Se describió que existen distintos tipos de contratos para definir el precio, que se establecen no solamente a partir del volumen requerido sino también del plazo de entrega. Si vio que el precio “*spot*” es generalmente el mayor ya que se compra un volumen que está disponible en algún lugar y se paga para que se entregue en forma urgente.

Para describirlo en forma más concreta, estos volúmenes generalmente ya están disponibles en barcos que están a la espera de ser contactados para hacer un negocio de venta.

En general, se trata de volúmenes que van desde las 2.000 toneladas a las 6.000 toneladas. Esto dependerá de las capacidades del barco que tiene esta materia prima almacenada en sus bodegas y, eventualmente, hará el transporte hasta el lugar en el mundo donde se lo indique.

El siguiente gráfico indica valores *spot* de etileno para distintas regiones del mundo. Las unidades del eje Y son dólares estadounidenses.

**Gráfico 44:** Precios *spot* de etileno (importado)



**Fuente:** Consultora Platts (2106)

Como ya se ha expresado anteriormente, hay que tener en cuenta que el volumen de disponibilidad local está sujeto al volumen de consumo de gas natural y éste de forma directa a las condiciones climáticas y de baja temperatura. Por lo que el cálculo del volumen parte de un supuesto basado en estadísticas de años anteriores pero puede no ser lo que mejor se ajuste a las necesidades en los tiempos reales. Existen también variables exógenas como la decisión del ente regulador de gas (Gobierno) de balancear la restricción de gas a las industrias durante el invierno por sobre el consumo doméstico. Otra variable importante es la importación por parte del Gobierno de gas para suplir, en parte, la demanda industrial y doméstica.

Es decir, tanto los volúmenes como los tiempos en los cuales se requerirán, tienen una variabilidad muy difícil de predecir, ya que dependen de factores externos. Aún con esto, se tiene experiencia de años anteriores y se puede concretar un plan con bastante aproximación para cubrir la falta de etileno es un 80% aproximadamente.

**Tabla 35:** Valoración opción 1

<i>Característica</i>	<i>Descripción</i>	<i>Valoración</i>
Inversión requerida	No requiere inversión, ya que existe una facilidad para poder descargar el etileno importado que viene en buques. Dicha facilidad está próxima al complejo petroquímico. Es conocida como posta de inflamables.	5

	<p>La misma tiene dos terminales de carga / descarga y, en algunas oportunidades, su utilización requiere de esperar un determinado tiempo hasta que quede libre de una operación. Esto puede impactar los tiempos de entrega, que se considera a continuación y por ende en los costos totales de logística.</p>	
<p>Disponibilidad (tiempo)</p>	<p>Disponer de la materia prima en el momento que se planifique (con anticipación). Esto es, se puede comprar el etileno con anticipación y saber con bastante aproximación (1 o 2 días) cuando estará el barco disponible para la descarga.</p> <p>Pueden existir condiciones externas que pueden demorar la descarga, como por ejemplo del tipo climáticas, congestión en el puerto, etc. Aún con estas condiciones, la certeza de conocer la fecha es muy aproximada.</p>	4
<p>Volumen de producto</p>	<p>Desde el punto de vista de volumen y cantidad de etileno que puede comprarse y que éste se ajustará exactamente a las necesidades de los faltantes, existe, como ya se mencionó, una variabilidad en este cálculo que está relacionada con factores externos.</p> <p>Es importante mencionar que, en caso de existir un faltante, esto representará una pérdida de producción (aunque mínima). En caso de sobrante, hay una alta probabilidad que éste sea absorbido, ya sea en los tanques de almacenamiento o por otros consumidores.</p> <p>En los casos anteriores, el etileno viene en barcos de entre 2.000 y 6.000 toneladas cada uno. Estos</p>	4

	<p>volúmenes se ajustan muy bien a las demandas mensuales lo que facilita la planificación y por lo tanto disponibilidad de la materia prima importada.</p>	
Costo del producto	<p>El costo del etileno importado es considerado un <i>commodity</i> a nivel global. Tiene fluctuaciones que varían a lo largo del año. Existen indicadores como precios de referencia. Comprar el etileno con anticipación, reduce el costo en forma considerable.</p> <p>De otro modo, comprarlo como se denomina <i>spot</i>, tiene un sobreprecio importante.</p> <p>Sea de una u otra manera, el costo del etileno importado es más elevado que el costo de etileno producido localmente como se ha descrito.</p> <p>Se consideran en esta opción, tres tipos de precios: precio local, precio spot y precio MB.</p>	3
Costo de logística	<p>Descargar un buque de etileno importado en la zona misma donde se encuentra el complejo industrial representa, como se puede deducir, en una ventaja muy competitiva. Solamente requiere el movimiento del fluido a través de cañerías.</p>	4
Dificultades Aduaneras (exportación / importación)	<p>Se analiza en este punto, el grado de dificultad de importar el etileno. Esto, a partir de las barreras que existen para la importación de cualquier producto, debido a actuales leyes nacionales. Para el caso del etileno, al no ser un producto manufacturado, se asume que no deberían existir barreras para su importación. En los primeros años de la presente década, a partir de la</p>	4

	implementación de las DJAI por parte del Gobierno, lo que significó una restricción a las importaciones, existió una prioridad para que puedan aprobarse las DJAI relacionadas con materias primas para la industria, ya que se entiende que esto está directamente vinculado al nivel de empleo.	
Disponibilidad de producto en el mercado	El etileno es un mercado global. Puede comprarse esta materia prima en cualquier momento. Siempre habrá disponibilidad, aunque los precios a pagar pueden sí tener una variación muy importante.	4
	<b>PROMEDIO</b>	<b>4.0</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### **Alternativa 2: Reemplazar etano por propano**

La segunda opción bajo análisis consiste en reemplazar el etano faltante por propano. En las actuales condiciones, todo el etano proveniente del gas natural es extraído para ser convertido en etileno. Aunque no se ha mencionado hasta ahora, la empresa Mega, una empresa que provee de etano a Dow Argentina, también produce propano a fin de exportarlo y para consumo interno para la fabricación de propileno.

Esta opción se ha llevado adelante en volúmenes pequeños pero ha probado ser eficiente. Es un recurso que utilizan los *crackers* cuya materia prima es el etano.

La alternativa en cuestión consiste en comprar propano en el mercado a fin que éste sirva como materia prima para la obtención de etileno. Es importante resaltar que el *crackeo* de propano es menos eficiente que el *crackeo* de etano. Es decir, la obtención de etileno es menor por las propias propiedades físicas de cada molécula. Dicho en otras palabras, para obtener un mismo volumen de etileno (polietileno), se necesita un volumen mayor de propano que de etano. A esto hay que sumarle, como indica el siguiente gráfico, que el precio MB es mayor, por lo que hay una doble desventaja con respecto al etano.

**Gráfico 45:** Variación precio etano y propano



**Fuente:** Consultora Bloomberg (2015)

El uso primario del propano para la industria petroquímica es como materia prima para la producción de etileno y polipropileno. Los productores de etileno son muy sensibles al precio de su materia prima, ya que tiene un impacto muy importante en su matriz de costos. Durante el 2013, cuando los precios de propano aumentaron relativo al etano, los grandes productores mundiales cambiaron del primero al segundo. Esta tendencia continuará a nivel global durante el 2014 debido a la gran diferencia de precios.

Se puede ver que a partir de la mitad del año 2013, los altos precios de propano se incrementaron significativamente, lo que impactó en la demanda por parte de los productores.

De acuerdo a la IEA, no se espera que los *crackers* dejen de usar como materia prima el etano en lugar del propano, ya que se espera que continúen los bajos precios o la diferencia de precios entre ambos hidrocarburos.

Sin embargo, nuevas plantas productoras de propano van a ponerse en marcha en los próximos 3 años, por lo que se espera que haya mayor oferta y el precio disminuya.

**Tabla 36:** Valoración opción 2

<i>Característica</i>	<i>Descripción</i>	<i>Valoración</i>
Inversión requerida	No se requiere inversión para tener disponibilidad de propano en lugar de etano para la fabricación del etileno.	5
Disponibilidad (tiempo)	La disponibilidad del propano es factible. Para esto, la empresa debe planificar con anticipación y comprarlo en el mercado a fin de tenerlo disponible en el momento que lo necesite. Este volumen es proveniente del saldo exportable.	3
Volumen de producto	La cantidad de volumen seguramente no cubrirá toda la demanda faltante por la restricción de gas natural (o etano). Sumado a esto, como se expresó anteriormente, se necesita más volumen para una misma cantidad de etileno, por lo que al final del análisis, existe una desventaja con respecto a la situación normal de provisión de materia prima. El volumen disponible puede llegar a cubrir el 50% de la materia prima faltante, considerando aquí la pérdida de eficiencia en el crackeo (con respecto al etano).	3
Costo del producto	El costo del propano es ligeramente mayor al etano. Costo propano disponible localmente: 600 dólares por tonelada. Considerando una eficiencia de 1,3 con respecto al etano, el costo toda equivalente a la tonelada de etileno es de 780 toneladas.	3

Costo de logística	Existe un costo adicional para tener disponible el propano al límite de baterías de los <i>crackers</i> .	4
Dificultades Aduaneras (exportación / importación)	No aplica	5
Disponibilidad de producto en el mercado	Al disponer de esta materia prima, se impacta la exportación de la misma. Dependiendo de cuestiones externas relacionadas con la balanza comercial puede existir una restricción a tomar el propano que va a exportación.	3
	<b>PROMEDIO</b>	<b>3.6</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### Alternativa 3: Importar producto final (polietileno)

La tercera opción bajo análisis es la importación de producto terminado. En otras palabras, esta alternativa consiste en reemplazar el producto no fabricado en el complejo de Bahía Blanca por producto fabricado por otra planta de Dow en otro lugar geográfico. Es muy importante resaltar este último punto. A diferencia del caso anterior, donde la empresa puede comprar la materia prima, etileno, a otra planta de Dow u otro fabricante (competidor de Dow), en este caso, la disponibilidad de polietileno es solamente de la misma empresa. Esto asegura que las especificaciones y calidad del producto sean transparentes para el cliente final. Para esta alternativa, es necesario conocer con precisión la demanda del mercado con anticipación, a los efectos de hacer una planificación estratégica de qué productos traer y en qué momento. Similar al caso anterior, estas condiciones tienen variabilidad, por lo que cualquier plan nunca se ajustará a la realidad que imponga el mercado (necesidad de productos, tipos y cantidad).

**Tabla 37:** Valoración opción 3

<i>Característica</i>	<i>Descripción</i>	<i>Valoración</i>
Inversión requerida	Se requiere de una mínima inversión para facilidades de bajo costo. El producto es recibido	4

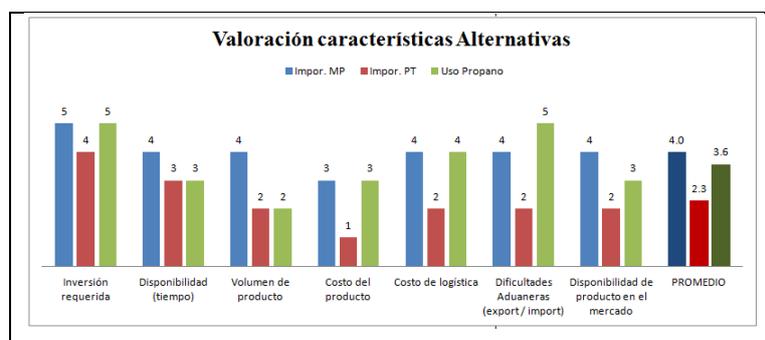
	en contenedores y se envían directamente a los clientes. La inversión apunta a tener lugares de tránsito que cumplan con las regulaciones internas y externas de la compañía.	
Disponibilidad (tiempo)	La disponibilidad de producto terminado depende del mercado de donde quiera traerse el producto. Dow dispone de plantas en Estados Unidos y Canadá y estas plantas abastecen el mercado local sumado a exportaciones a otros países, principalmente Asia. De existir un “sobrante” de producto, éste podrá enviarse a nuestro país.	3
Volumen de producto	Ídem anterior. El volumen no puede asegurarse ya que dependerá de las condiciones de mercado de los países de origen.	2
Costo del producto	El costo del producto terminado está en un rango parecido al de nuestro país, por lo que traerlo de otra región representa una desventaja desde el punto de vista de rentabilidad. La principal ventaja de esta opción es no afectar la entrega a los clientes.	1
Costo de logística	Aquí también hay una diferencia negativa con respecto al primer caso. El costo de traer contenedores es elevado y debe disponerse de un centro logístico para almacenarlos en la zona de Buenos Aires, donde están los principales clientes.	2

Dificultades Aduaneras (exportación / importación)	Debido a las restricciones de importación que imperan en el país en estos años, se concluye que importar polietileno no será una acción de fácil resolución.	2
Disponibilidad de producto en el mercado	Dependerá de la producción en exceso que pueda existir en otras plantas de la compañía. Es difícil de predecir ya que hay muchas variables a consideración, como por ejemplo eventos no planeados, disponibilidad de materia prima, demanda, etc.	2
	<b>PROMEDIO</b>	<b>2.3</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En el siguiente gráfico se describe para cada una de las variables consideradas, el puntaje obtenido para cada alternativa y el promedio final para cada una de ellas. Como conclusión de este primer análisis, de tipo cualitativo, se puede validar que la hipótesis de importar etileno para cubrir el volumen por falta de materia prima local, es afirmativa. En segundo lugar, para este análisis, se ubica el uso de propano para el reemplazo del etano faltante y finalmente la opción de importar el etileno. Algunos puntos a resaltar del gráfico son los altos costos para el caso de importar etileno y la disponibilidad del volumen para el caso del propano. En el caso del etileno importado, se ve una consistencia en la mayoría de las variables que indican una diferencia no significativa con respecto a la provisión local.

**Gráfico 46:** Comparación alternativas



**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.3 ANALISIS DE RENTABILIDAD

Para el análisis, se considerará como beneficio la utilidad neta obtenido de cada alternativa, la cual es la diferencia entre los ingresos totales (precio de venta unitario multiplicado por volumen) y como *asset* o activo de la empresa, el valor aproximado actual de la facilidad para la fabricación de polietileno.

#### Caso Base 1: Producción 140.000 Toneladas

Pérdida de producción por falta de materia prima: 0 toneladas

La primera tabla adjunta muestra un detalle de los costos totales (variables, fijos operativos y fijos de capacidad) para la producción de 140.000 toneladas de etileno con materia prima local, denominado caso base 1.

La segunda y tercera tabla muestran los costos de cada categoría para la producción de polietileno y logística del producto final. Se puede apreciar la naturaleza del costo y un detalle de cada uno. En las columnas de la derecha se observan el costo por unidad y el costo total.

**Tabla 38:** Detalle de costos para la producción de etileno caso base 1

				CASO BASE	N Act: 100% 140.000	
SUMINISTRO MATERIA PRIMA (ETILENO)	VARIABLE	MATERIA PRIMA	ETANO	0,30	42.264	
	VARIABLE	COMBUSTIBLE	GAS NATURAL	0,03	3.962	
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA ELECTRICA	0,02	3.302	
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0,01	1.321	
	VARIABLE	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,01	1.981	
	VARIABLE	LOGISTICA RECEPCIÓN	LABOR / SERVICIOS	0,00	264	
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	LABOR / SERVICIOS	0,00	132	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,01	1.321	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0,01	925	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0,00	528	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	528	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0,00	132	
	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0,00	396	
	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0,01	1.321	
	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0,01	1.189	
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0,00	396	
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0,00	660	
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,00	528	
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	660	
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0,00	660	
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	528	
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	396	
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMEDO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	396	
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	132	
	FIJO CAPACIDAD	AMORTIZACIÓN		0,01	925	
	FIJO CAPACIDAD	SEGUROS		0,01	925	
	FIJO CAPACIDAD	IMPUESTOS		0,00	396	
	<b>Subtotal Costo Suministro Materia Prima</b>				<b>0,47</b>	<b>66.170</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39:** Detalle costos de producción de polietileno caso base 1

	VARIABLE	MATERIA PRIMA	ETILENO	0,47	66.170
	VARIABLE	MATERIA PRIMA	CATALIZADORES	0,04	5.679
	VARIABLE	MATERIA PRIMA	COMONOMEROS	0,03	3.830
	VARIABLE	MATERIA PRIMA	NITROGENO	0,01	925
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA	0,05	7.264
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0,01	1.189
	VARIABLE	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,01	1.981
	VARIABLE	MATERIALES	MANTENIMIENTO	0,01	792
	VARIABLE	SERVICIOS	MANTENIMIENTO	0,00	660
	VARIABLE	OPERADORES	HORAS EXTRAS	0,00	396
	VARIABLE	LOGISTICA RECEPCIÓN	LABOR / SERVICIOS	0,00	396
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	LABOR / SERVICIOS	0,02	2.509
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,02	2.113
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0,01	1.057
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0,00	660
<b>PRODUCCION</b>	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	396
<b>N</b>	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0,00	132
<b>POLIETILENO</b>	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0,01	792
	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0,03	4.094
	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0,03	3.698
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0,01	792
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0,00	528
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,00	660
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	660
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0,00	660
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	528
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	396
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMEDOR	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	660
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	396
	FIJO CAPACIDAD	AMORTIZACIÓN		0,01	1.321
	FIJO CAPACIDAD	SEGUROS		0,01	1.057
	FIJO CAPACIDAD	IMPUESTOS		0,01	792
		<b>Subtotal Producción Polietileno</b>		<b>0,34</b>	<b>47.019</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40:** Detalle costos Logística Producto final caso base 1

	VARIABLE	EMBOLSADO	PRODUCTO FINAL	0,02	3.302
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	EN PALLETS	0,01	1.717
	VARIABLE	ALMACENAMIENTO	EN CONTENEDORES	0,01	1.189
	VARIABLE	LOGISTICA TRANSPORTE	TREN A ABBOT	0,01	925
	VARIABLE	ALMACENAMIENTO FINAL	EN ABBOT	0,01	1.057
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA	0,02	2.377
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0,00	264
	VARIABLE	PRODUCTO IMPORTADO		0,00	0
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	528
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0,01	1.057
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0,00	396
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	660
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0,00	132
<b>EMBOLSADO</b>	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0,01	1.189
<b>Y LOGISTA</b>	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0,01	1.585
<b>PRODUCTO</b>	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0,02	2.509
<b>FINAL</b>	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0,01	792
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0,00	528
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,00	660
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	660
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0,00	660
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	528
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	396
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMEDOR	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	660
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	396
	FIJO OPERATIVO	AMORTIZACIÓN		0,01	792
	FIJO OPERATIVO	SEGUROS		0,01	1.057
	FIJO OPERATIVO	IMPUESTOS		0,01	792
		<b>Subtotal Logística y Embolsado</b>		<b>0,19</b>	<b>26.811</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41:** Resumen de costos para caso base 1

Cadena de valor	Tipo de costo	Costo Unitario	Costo Total
<b>Costo suministro materia prima (etileno)</b>	Costo variable	0,38	53.226
	Costo Fijo operativo	0,03	3.830
	Costo fijo capacidad	0,07	9.113
<i>Subtotal Costo Etileno</i>		<i>0,47</i>	<i>66.170</i>
<b>Producción de Polietileno LLDPE</b>	Costo variable	0,18	25.623
	Costo Fijo operativo	0,04	5.151
	Costo fijo capacidad	0,12	16.245
<i>Subtotal Costo Polietileno</i>		<i>0,34</i>	<i>47.019</i>
<b>Embolsado y logística Clientes</b>	Costo variable	0,08	10.830
	Costo Fijo operativo	0,03	3.962
	Costo fijo capacidad	0,09	12.019
<i>Subtotal Logistica</i>		<i>0,19</i>	<i>26.811</i>
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>1</b>	<b>140.000</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 42:** Cálculo de la rentabilidad para el caso base 1

Toneladas Producidas / Vendidas	140.000 Ton.
Costo total producción (1)	\$140.000
Costo total por tonelada	\$1
Costo por Capacidad Ociosa (2)	0
Costo total (1) + (2)	\$140.000
Costo por tonelada Total	\$1,00
Precio venta Tonelada	\$1,75
Ingreso Totales	\$244.339
Utilidad Neta	\$104.339
Utilidad por tonelada	\$0,75
<b>Retorno sobre el activo (ROA)</b>	<b>10,63%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## Caso Base 2: Producción 120.000 Toneladas

Pérdida de producción por falta de materia prima: 20.000 toneladas

La primera tabla adjunta muestra un detalle de los costos totales (variables, fijos operativos y fijos de capacidad) para la producción de 120.000 toneladas de etileno con materia prima local, denominado caso base 2.

La segunda y tercera tabla muestran los costos de cada categoría para la producción de polietileno y logística del producto final.

Se puede apreciar la naturaleza del costo y un detalle de cada uno. En las columnas de la derecha se observan el costo por unidad, el costo total y el costo por capacidad ociosa.

**Tabla 43:** Detalle de costos para la producción de etileno caso base 2

				N Act: 85.7%		
				120.000		
SUMINISTRO MATERIA PRIMA (ETILENO)	VARIABLE	MATERIA PRIMA	ETANO	0,30	36.226	
	VARIABLE	COMBUSTIBLE	GAS NATURAL	0,03	3.396	
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA ELECTRICA	0,02	2.830	
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0,01	1.132	
	VARIABLE	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,01	1.698	
	VARIABLE	LOGISTICA RECEPCIÓN	LABOR / SERVICIOS	0,00	226	
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	LABOR / SERVICIOS	0,00	113	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,01	1.226	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0,01	830	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0,00	462	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	472	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0,00	123	
	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0,00	358	
	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0,01	1.132	189
	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0,01	1.019	170
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0,00	340	57
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0,00	566	94
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,00	453	75
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	566	94
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0,00	566	94
	FIJO CAPACIDAD	INFORMÁTICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	453	75
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	340	57
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMEDO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	340	57
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	113	19
	FIJO CAPACIDAD	AMORTIZACIÓN		0,01	792	132
	FIJO CAPACIDAD	SEGUROS		0,01	792	132
FIJO CAPACIDAD	IMPUESTOS		0,00	340	57	
<b>Subtotal Costo Suministro Materia Prima</b>				<b>0,47</b>	<b>56.906</b>	<b>1.302</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 44:** Detalle costos de producción de polietileno caso base 2

PRODUCCION N POLIETILENO	VARIABLE	MATERIA PRIMA	ETILENO	0,47	56.906	
	VARIABLE	MATERIA PRIMA	CATALIZADORES	0,04	4.868	
	VARIABLE	MATERIA PRIMA	COMONOMEROS	0,03	3.283	
	VARIABLE	MATERIA PRIMA	NTROGENO	0,01	792	
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA	0,05	6.226	
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0,01	1.019	
	VARIABLE	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,01	1.698	
	VARIABLE	MATERIALES	MANTENIMIENTO	0,01	679	
	VARIABLE	SERVICIOS	MANTENIMIENTO	0,00	566	
	VARIABLE	OPERADORES	HORAS EXTRAS	0,00	340	
	VARIABLE	LOGISTICA RECEPCIÓN	LABOR / SERVICIOS	0,00	340	
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	LABOR / SERVICIOS	0,02	2.151	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,02	2.057	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0,01	972	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0,00	575	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	358	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0,00	136	
	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0,01	708	
	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0,03	3.509	585
	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0,03	3.170	528
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0,01	679	113
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0,00	453	75
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,00	566	94
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	566	94
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0,00	566	94
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	453	75
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	340	57
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMED	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	566	94
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	340	57
	FIJO CAPACIDAD	AMORTIZACIÓN		0,01	1.132	189
	FIJO CAPACIDAD	SEGUROS		0,01	906	151
	FIJO CAPACIDAD	IMPUESTOS		0,01	679	113
<b>Subtotal Producción Polietileno</b>				<b>0,34</b>	<b>40.692</b>	<b>2.321</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 45:** Detalle costos Logística Producto final caso base 2

EMBOLSADO Y LOGISTA PRODUCTO FINAL	VARIABLE	EMBOLSADO	PRODUCTO FINAL	0,03	3.962		
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	EN PALLETS	0,01	1.472		
	VARIABLE	ALMACENAMIENTO	EN CONTENEDORES	0,01	1.019		
	VARIABLE	LOGISTICA TRANSPORTE	TREN A ABBOT	0,01	792		
	VARIABLE	ALMACENAMIENTO FINAL	EN ABBOT	0,01	906		
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA	0,02	2.038		
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0,00	226		
	VARIABLE	PRODUCTO IMPORTADO		0,00	0		
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	472		
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0,01	991		
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0,00	358		
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	575		
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0,00	136		
	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0,01	1.123		
	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0,01	1.358	226	
	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0,02	2.151	358	
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0,01	679	113	
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0,00	453	75	
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,00	566	94	
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	566	94	
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0,00	566	94	
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	453	75	
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	340	57	
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMED	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	566	94	
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	340	57	
	FIJO OPERATIVO	AMORTIZACIÓN		0,01	679	113	
	FIJO OPERATIVO	SEGUROS		0,01	906	151	
	FIJO OPERATIVO	IMPUESTOS		0,01	679	113	
	<b>Subtotal Logística y Embolsado</b>				<b>0,20</b>	<b>24.372</b>	<b>1717</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 46:** Resumen de costos para caso base 2

Cadena de valor	Tipo de costo	Costo Unitario	Costo Total
<b>Costo suministro materia prima (etileno)</b>	Costo variable	0,38	45.623
	Costo Fijo operativo	0,03	3.472
	Costo fijo capacidad	0,07	7.811
<i>Subtotal Costo Etileno</i>		<i>0,47</i>	<i>56.906</i>
<b>Producción de Polietileno LLDPE</b>	Costo variable	0,18	21.962
	Costo Fijo operativo	0,04	4.806
	Costo fijo capacidad	0,12	13.925
<i>Subtotal Costo Polietileno</i>		<i>0,34</i>	<i>40.692</i>
<b>Embolsado y logística Clientes</b>	Costo variable	0,09	10.415
	Costo Fijo operativo	0,03	3.655
	Costo fijo capacidad	0,09	10.302
<i>Subtotal Logística</i>		<i>0,20</i>	<i>24.372</i>
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>1,02</b>	<b>121.970</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 47:** Cálculo de la rentabilidad para el caso base 2

Toneladas Producidas / Vendidas	120.000 Ton.
Costo total producción (1)	\$121.970
Costo total por tonelada	\$1,02
Costo por Capacidad Ociosa (2)	\$5.340
Costo total (1) + (2)	\$127.309
Costo por tonelada Total	\$1,06
Precio venta Tonelada	\$1,75
Ingreso Totales	\$209.433
Utilidad Neta	\$82.124
Utilidad por tonelada	\$0,68
<b>Retorno sobre el activo (ROA)</b>	<b>8,37%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### Alternativa 1: Producción 140.000 Toneladas

Materia Prima Local: 120.000 Toneladas

Materia Prima Importada: 20.000 Toneladas (costo por tonelada: \$0,66 / Tonelada)

Pérdida de producción por falta de materia prima: 0 Toneladas

La primera tabla adjunta muestra un detalle de los costos totales (variables, fijos operativos y fijos de capacidad) para la producción de 120.000 toneladas de etileno con materia prima local y 20.000 toneladas con materia prima importada, denominado opción 1. La segunda y tercera tabla muestran los costos de cada categoría para la producción de polietileno y logística del producto final.

Se puede apreciar la naturaleza del costo y un detalle de cada uno. En las columnas de la derecha se observan el costo por unidad, el costo total y el costo por capacidad ociosa.

**Tabla 48:** Detalle costos de producción de etileno opción 1

				N Act: 100%	0,66038	
				140.000	20.000	
SUMINISTRO MATERIA PRIMA (ETILENO)	VARIABLE	MATERIA PRIMA	ETANO	0	0	
	VARIABLE	COMBUSTIBLE	GAS NATURAL	0	0	
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA ELECTRICA	0	0	
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0	0	
	VARIABLE	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0	0	
	VARIABLE	LOGISTICA RECEPCIÓN	LABOR / SERVICIOS	0	0	
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	LABOR / SERVICIOS	0	0	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	94	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0,00	94	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0,00	66	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	57	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0,00	25	
	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0,00	38	
	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0,01	189	
	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0,01	170	
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0,00	57	
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0,00	94	
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,00	75	
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	94	
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0,00	94	
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	75	
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M.AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	57	
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMEDO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	57	
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	19	
	FIJO CAPACIDAD	AMORTIZACIÓN		0,01	132	
	FIJO CAPACIDAD	SEGUROS		0,01	132	
	FIJO CAPACIDAD	IMPUESTOS		0,00	57	
	<b>Subtotal Costo Suministro Materia Prima</b>				0,11	1.675
					0,77	15.408

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 49:** Detalle costos de producción de polietileno opción 1

	VARIABLE	MATERIA PRIMA	CATALIZADORES	0,04	811
	VARIABLE	MATERIA PRIMA	COMONOMEROS	0,03	547
	VARIABLE	MATERIA PRIMA	NITROGENO	0,01	132
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA	0,05	1.038
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0,01	170
	VARIABLE	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,01	283
	VARIABLE	MATERIALES	MANTENIMIENTO	0,01	113
	VARIABLE	SERVICIOS	MANTENIMIENTO	0,00	94
	VARIABLE	OPERADORES	HORAS EXTRAS	0,00	57
	VARIABLE	LOGISTICA RECEPCIÓN	LABOR / SERVICIOS	0,00	57
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	LABOR / SERVICIOS	0,02	358
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,02	387
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0,01	193
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0,01	130
<b>PRODUCCION</b>	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	80
<b>N</b>	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0,00	25
<b>POLIETILENO</b>	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0,01	145
	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0,03	585
	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0,03	528
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0,01	113
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0,00	75
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,00	94
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	94
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0,00	94
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	75
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	57
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMEDO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	94
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	57
	FIJO CAPACIDAD	AMORTIZACIÓN		0,01	189
	FIJO CAPACIDAD	SEGUROS		0,01	151
	FIJO CAPACIDAD	IMPUESTOS		0,01	113
		<b>Subtotal Producción Polietileno</b>		<b>0,35</b>	<b>6942</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 50:** Detalle costos Logística Producto final caso base 1

	VARIABLE	EMBOLSADO	PRODUCTO FINAL	0,03	660
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	EN PALLETS	0,01	245
	VARIABLE	ALMACENAMIENTO	EN CONTENEDORES	0,01	170
	VARIABLE	LOGISTICA TRANSPORTE	TREN A ABBOT	0,01	132
	VARIABLE	ALMACENAMIENTO FINAL	EN ABBOT	0,01	151
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA	0,02	340
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0,00	38
	VARIABLE	PRODUCTO IMPORTADO		0,00	0
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,01	119
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0,01	205
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0,00	76
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0,01	125
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0,00	25
<b>EMBOLSADO</b>	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0,01	250
<b>Y LOGISTA</b>	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0,01	226
<b>PRODUCTO</b>	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0,02	358
<b>FINAL</b>	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0,01	113
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0,00	75
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,00	94
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	94
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0,00	94
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	75
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	57
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMEDO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	94
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	57
	FIJO OPERATIVO	AMORTIZACIÓN		0,01	113
	FIJO OPERATIVO	SEGUROS		0,01	151
	FIJO OPERATIVO	IMPUESTOS		0,01	113
		<b>Sutotal Logística y Embolsado</b>		<b>0,21</b>	<b>4.252</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 51:** Resumen de costos para la opción 1

Cadena de valor	Tipo de costo	Costo Unitario	Costo Total
<b>Costo suministro materia prima (etileno)</b>	Costo variable	0	0
	Costo Fijo operativo	0,02	Cap ociosa
	Costo fijo capacidad	0,07	Cap ociosa
<i>Subtotal Costo Etileno</i>		<i>0,77</i>	<i>15.408</i>
<b>Producción de Polietileno LLDPE</b>	Costo variable	0,18	3.660
	Costo Fijo operativo	0,05	960
	Costo fijo capacidad	0,12	2.321
<i>Subtotal Costo Polietileno</i>		<i>0,35</i>	<i>6.492</i>
<b>Embolsado y logística Clientes</b>	Costo variable	0,09	1.736
	Costo Fijo operativo	0,04	799
	Costo fijo capacidad	0,09	1.717
<i>Subtotal Logística</i>		<i>0,21</i>	<i>4.252</i>
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>1,33</b>	<b>26.601</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 52:** Cálculo de la rentabilidad para el opción 1

Toneladas Producidas / Vendidas	20.000	140.000 Ton.
Costo total producción (1)	26.601	148.571
Costo total por tonelada	1,33	1,06
Costo por Capacidad Ociosa (2)	1675	1675
Costo total (1) + (2)	28.276	150.246
Costo por tonelada Total	1,41	1,07
Precio venta Tonelada	1,75	1,75
Ingreso Totales	34.906	244.340
Utilidad Neta	6.629	94.093
Utilidad por tonelada	0,33	0,67
<b>Retorno sobre el activo (ROA)</b>	<b>0,68%</b>	<b>9,59%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## Alternativa 2: Producción 134.000 Toneladas

Materia Prima Local: 120.000 Toneladas

Materia Prima Propano: 14.000 Toneladas

Pérdida de producción por falta de materia prima: 6000 Toneladas

La primera tabla adjunta muestra un detalle de los costos totales (variables, fijos operativos y fijos de capacidad) para la producción de 120.000 toneladas de etileno con materia prima local y 14.000 toneladas con propano como materia prima sustituta, denominado opción 2.

La segunda y tercera tabla muestran los costos de cada categoría para la producción de polietileno y logística del producto final. Se puede apreciar la naturaleza del costo y un detalle de cada uno. En las columnas de la derecha se observan el costo por unidad, el costo total y el costo por capacidad ociosa por pérdida de producción de 6.000 toneladas.

**Tabla 53:** Detalle de costos para la producción de etileno para opción 2

				1060	N Act: 95.7%	0,957
					134.000	14.000
SUMINISTRO MATERIA PRIMA (ETILENO)	VARIABLE	MATERIA PRIMA	ETANO	0,85	11.887	
	VARIABLE	COMBUSTIBLE	GAS NATURAL	0,03	396	
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA ELECTRICA	0,02	330	
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0,01	132	
	VARIABLE	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,01	198	
	VARIABLE	LOGISTICA RECEPCIÓN	LABOR / SERVICIOS	0,00	26	
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	LABOR / SERVICIOS	0,00	13	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,02	217	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0,01	132	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0,01	108	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0,01	87	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0,00	17	
	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0,01	78	
	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0,01	132	57
	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0,01	119	51
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0,00	40	17
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0,00	66	28
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,00	53	23
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	66	28
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0,00	66	28
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	53	23
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	40	17
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMEDO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	40	17
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	13	6
	FIJO CAPACIDAD	AMORTIZACIÓN		0,01	92	40
	FIJO CAPACIDAD	SEGUROS		0,01	92	40
	FIJO CAPACIDAD	IMPUESTOS		0,00	40	17
<b>Subtotal Costo Suministro Materia Prima</b>				<b>1,04</b>	<b>14533</b>	<b>391</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 54:** Detalle costos de producción de polietileno opción 2

PRODUCCION POLIETILENO	VARIABLE	MATERIA PRIMA	ETILENO	1,04	14.533	
	VARIABLE	MATERIA PRIMA	CATALIZADORES	0,04	568	
	VARIABLE	MATERIA PRIMA	COMONOMEROS	0,03	383	
	VARIABLE	MATERIA PRIMA	NITROGENO	0,01	92	
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA	0,05	726	
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0,01	119	
	VARIABLE	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,01	198	
	VARIABLE	MATERIALES	MANTENIMIENTO	0,01	79	
	VARIABLE	SERVICIOS	MANTENIMIENTO	0,00	66	
	VARIABLE	OPERADORES	HORAS EXTRAS	0,00	40	
	VARIABLE	LOGISTICA RECEPCIÓN	LABOR / SERVICIOS	0,00	40	
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	LABOR / SERVICIOS	0,02	251	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,02	302	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0,01	151	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0,01	94	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	67	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0,00	17	
	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0,01	113	
	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0,03	409	175
	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0,03	370	158
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0,01	79	34
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0,00	53	23
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,00	66	28
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	66	28
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0,00	66	28
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	53	23
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	40	17
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMEDO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	66	28
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	40	17
	FIJO CAPACIDAD	AMORTIZACIÓN		0,01	132	57
	FIJO CAPACIDAD	SEGUROS		0,01	106	45
	FIJO CAPACIDAD	IMPUESTOS		0,01	79	34
		<b>Subtotal Producción Polietileno</b>		<b>0,35</b>	<b>4931</b>	<b>696</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 55:** Detalle costos Logística Producto final opción 2

EMBOLSADO Y LOGISTA PRODUCTO FINAL	VARIABLE	EMBOLSADO	PRODUCTO FINAL	0,03	462	
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	EN PALLETS	0,01	172	
	VARIABLE	ALMACENAMIENTO	EN CONTENEDORES	0,01	119	
	VARIABLE	LOGISTICA TRANSPORTE	TREN A ABBOT	0,01	92	
	VARIABLE	ALMACENAMIENTO FINAL	EN ABBOT	0,01	106	
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA	0,02	238	
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0,00	26	
	VARIABLE	PRODUCTO IMPORTADO		0,00	0	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,01	88	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0,01	155	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0,00	59	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0,01	98	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0,00	17	
	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0,01	185	
	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0,01	158	68
	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0,02	251	108
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0,01	79	34
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0,00	53	23
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0,00	66	28
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0,00	66	28
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0,00	66	28
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	53	23
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	40	17
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMEDO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	66	28
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0,00	40	17
	FIJO OPERATIVO	AMORTIZACIÓN		0,01	79	34
	FIJO OPERATIVO	SEGUROS		0,01	106	45
	FIJO OPERATIVO	IMPUESTOS		0,01	79	34
		<b>Subtotal Logística y Embolsado</b>		<b>0,22</b>	<b>3.019</b>	<b>515</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 56:** Resumen de costos para la opción 2

Cadena de valor	Tipo de costo	Costo Unitario	Costo Total
<b>Costo suministro materia prima (etileno)</b>	Costo variable	0,93	12.983
	Costo Fijo operativo	0,04	561
	Costo fijo capacidad	0,07	911
<i>Subtotal Costo Etileno</i>		<i>1,04</i>	<i>14.533</i>
<b>Producción de Polietileno LLDPE</b>	Costo variable	0,18	2.562
	Costo Fijo operativo	0,05	745
	Costo fijo capacidad	0,12	1.625
<i>Subtotal Costo Polietileno</i>		<i>0,35</i>	<i>4.931</i>
<b>Embolsado y logística Clientes</b>	Costo variable	0,09	1.215
	Costo Fijo operativo	0,04	602
	Costo fijo capacidad	0,09	1.202
<i>Subtotal Logística</i>		<i>0,22</i>	<i>3.019</i>
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>1,61</b>	<b>22.484</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 57:** Cálculo de la rentabilidad para el opción 2

Toneladas Producidas / Vendidas	14.000	134.000 Ton.
Costo total producción (1)	22.484	144.453
Costo total por tonelada	1,61	1,08
Costo por Capacidad Ociosa (2)	1.602	1.602
Costo total (1) + (2)	24.085	146.055
Costo por tonelada Total	1,72	1,09
Precio venta Tonelada	1,75	1,75
Ingreso Totales	24.434	233.868
Utilidad Neta	348	87.813
Utilidad por tonelada	0,02	0,66
<b>Retorno sobre el activo (ROA)</b>	<b>0,04%</b>	<b>8,95%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### Alternativa 3: Producción 140.000 Toneladas

Materia Prima Local: 120.000 Toneladas

Polietileno (Producto Final) Importado: 20.000 Toneladas

Pérdida de producción por falta de materia prima: 0 Toneladas

La primera tabla adjunta muestra un detalle de los costos totales (variables, fijos operativos y fijos de capacidad) para la producción de 120.000 toneladas de etileno con materia prima local y 20.000 toneladas con producto final, denominado opción 3.

La segunda y tercera tabla muestran los costos de cada categoría para la producción de polietileno y logística del producto final. Se puede apreciar la naturaleza del costo y un detalle de cada uno. En las columnas de la derecha se observan el costo por unidad, el costo total y el costo por capacidad ociosa.

**Tabla 58:** Detalle de costos para la producción de etileno para opción 3

				N Act: 100%		
				140.000		
SUMINISTRO MATERIA PRIMA (ETILENO)	VARIABLE	MATERIA PRIMA	ETANO	0	0	
	VARIABLE	COMBUSTIBLE	GAS NATURAL	0	0	
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA ELECTRICA	0	0	
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0	0	
	VARIABLE	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0	0	
	VARIABLE	LOGISTICA RECEPCIÓN	LABOR / SERVICIOS	0	0	
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	LABOR / SERVICIOS	0	0	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0	0	94
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0	0	94
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0	0	66
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0	0	57
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0	0	25
	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0	0	38
	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0	0	189
	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0	0	170
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0	0	57
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0	0	94
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0	0	75
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0	0	94
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0	0	94
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0	0	75
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0	0	57
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMEDOR	COSTOS FIJOS VARIOS	0	0	57
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0	0	19
	FIJO CAPACIDAD	AMORTIZACIÓN		0	0	132
	FIJO CAPACIDAD	SEGUROS		0	0	132
	FIJO CAPACIDAD	IMPUESTOS		0	0	57
	<b>Subtotal Costo Suministro Materia Prima</b>				<b>0</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 59:** Detalle costos de producción de polietileno opción 3

PRODUCCION POLIETILENO	VARIABLE	MATERIA PRIMA	CATALIZADORES	0	0	
	VARIABLE	MATERIA PRIMA	COMONOMEROS	0	0	
	VARIABLE	MATERIA PRIMA	NITROGENO	0	0	
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA	0	0	
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0	0	
	VARIABLE	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0	0	
	VARIABLE	MATERIALES	MANTENIMIENTO	0	0	
	VARIABLE	SERVICIOS	MANTENIMIENTO	0	0	
	VARIABLE	OPERADORES	HORAS EXTRAS	0	0	
	VARIABLE	LOGISTICA RECEPCIÓN	LABOR / SERVICIOS	0	0	
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	LABOR / SERVICIOS	0	0	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0	0	57
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0	0	85
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0	0	85
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0	0	38
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0	0	2
	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0	0	85
	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0	0	585
	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0	0	528
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0	0	113
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0	0	75
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0	0	94
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0	0	94
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0	0	94
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0	0	75
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0	0	57
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMED	COSTOS FIJOS VARIOS	0	0	94
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0	0	57
	FIJO CAPACIDAD	AMORTIZACIÓN		0	0	189
	FIJO CAPACIDAD	SEGUROS		0	0	151
FIJO CAPACIDAD	IMPUESTOS		0	0	113	
<b>Subtotal Producción Polietileno</b>				<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2672</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 60:** Detalle costos Logística Producto final opción 3

EMBOLSADO Y LOGISTA PRODUCTO FINAL	VARIABLE	EMBOLSADO	PRODUCTO FINAL	0	0		
	VARIABLE	LOGISTICA ENVIO	EN PALLETS	0	0		
	VARIABLE	ALMACENAMIENTO	EN CONTENEDORES	0	0		
	VARIABLE	LOGISTICA TRANSPORTE	TREN A ABBOT	0,01	132		
	VARIABLE	ALMACENAMIENTO FINAL	EN ABBOT	0,01	151		
	VARIABLE	UTILITIES	ENERGIA	0,02	340		
	VARIABLE	UTILITIES	AGUA	0,00	38		
	VARIABLE	PRODUCTO IMPORTADO		1,51	30.189		
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0		189	
	FIJO OPERATIVO	MANTENIMIENTO	LABOR	0		283	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	LABOR - HORAS EXTRAS	0		151	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	MATERIALES/SERVICIOS	0		208	
	FIJO OPERATIVO	OPERACIÓN	OTROS SERVICIOS	0		20	
	FIJO OPERATIVO	OTRAS FUNCIONES	LABOR	0		340	
	FIJO CAPACIDAD	STAFF	SALARIOS / BENEFICIOS	0		226	
	FIJO CAPACIDAD	OPERADORES	SALARIOS / BENEFICIOS	0		358	
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	ENERGIA	0		113	
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	AGUA	0		75	
	FIJO CAPACIDAD	UTILITIES	OTROS SERVICIOS	0		94	
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	MATERIALES/SERVICIOS	0		94	
	FIJO CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	LABOR	0		94	
	FIJO CAPACIDAD	INFORMATICA	COSTOS FIJOS VARIOS	0		75	
	FIJO CAPACIDAD	SEGURIDAD / SALUD / M AMB	COSTOS FIJOS VARIOS	0		57	
	FIJO CAPACIDAD	SERVICIOS TRANSPORTE Y COMED	COSTOS FIJOS VARIOS	0		94	
	FIJO CAPACIDAD	RECARGAS OTROS DEPARTAMENTO	COSTOS FIJOS VARIOS	0		57	
	FIJO OPERATIVO	AMORTIZACIÓN		0		113	
	FIJO OPERATIVO	SEGUROS		0		151	
	FIJO OPERATIVO	IMPUESTOS		0		113	
	<b>Subtotal Logística y Embolsado</b>				<b>1,54</b>	<b>30849</b>	<b>2907</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 61:** Resumen de costos para la opción 3

Cadena de valor	Tipo de costo	Costo Unitario	Costo Total
<b>Costo suministro materia prima (etileno)</b>	Costo variable	0	0
	Costo Fijo operativo	0	0
	Costo fijo capacidad	0	0
<i>Subtotal Costo Etileno</i>		<i>0</i>	<i>0</i>
<b>Producción de Polietileno LLDPE</b>	Costo variable	0	0
	Costo Fijo operativo	0	0
	Costo fijo capacidad	0	0
<i>Subtotal Costo Polietileno</i>		<i>0</i>	<i>0</i>
<b>Embolsado y logística Clientes</b>	Costo variable	1,54	30.189
	Costo Fijo operativo	0	0
	Costo fijo capacidad	0	0
<i>Subtotal Logística</i>		<i>1,54</i>	<i>30.189</i>
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>1,54</b>	<b>30.189</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 62:** Cálculo de la rentabilidad para el opción 3

Toneladas Producidas / Vendidas	20.000	140.000 Ton.
Costo total producción (1)	30.849	152.819
Costo total por tonelada	1,54	1,09
Costo por Capacidad Ociosa (2)	7.254	7.254
Costo total (1) + (2)	38.103	160.073
Costo por tonelada Total	1,91	1,14
Precio venta Tonelada	1,75	1,75
Ingreso Totales	34.906	244.340
Utilidad Neta	-3.197	84.267
Utilidad por tonelada	-0,16	0,60
<b>Retorno sobre el activo (ROA)</b>	<b>-0,33%</b>	<b>8,59%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## **Análisis y discusión de los resultados obtenidos**

La siguiente tabla muestra un resumen de los datos obtenidos con las tres alternativas. Las primeras dos columnas listan los valores obtenidos para el caso base 1, donde la producción no tiene impacto por falta de materia prima, y para el caso base 2, donde la producción se ve impactada en un 15% por falta de etileno. Se puede apreciar como el costo de tonelada es mayor para el caso base 2, y el impacto que tiene la capacidad ociosa al calcular este valor. La utilidad neta disminuye en el caso base 2, tanto en términos nominales como por unidad de producción. Esto se debe principalmente al impacto que tiene la pérdida de producción por la falta de materia prima. Puede verse que el total de costos es menor, pero la rentabilidad es impactada en mayor proporción al no poder producir y vender las 20.000 toneladas.

El retorno de utilidades, expresado en términos porcentuales con respecto al valor del *asset*, cae 2,26% por la pérdida de producción.

La alternativa 1, que cubre la pérdida de producción total del caso base 2 mediante la importación de etileno, tiene un costo por tonelada significativamente mayor, 1,33, cuando se analiza la alternativa en forma individual. Tiene un costo por capacidad ociosa, el cual surge de la estructura fija de etileno. Es interesante notar que el rendimiento final es positivo, lo cual significa que aún en el caso de analizar la alternativa en forma individual, existe una rentabilidad positiva. Al analizar la resultante, es decir la combinación o “suma” del caso base 2 con la alternativa 1, se puede apreciar que el retorno total no alcanza a igualar al caso base 1, sin embargo es mayor que el caso base 2 solo.

La alternativa 2, la cual consta en suplir una parte de la producción perdida con la sustitución de propano en lugar del etano, tiene un costo por tonelada mayor a la alternativa 1. Esto se debe a que el costo del propano, la materia prima para producir etileno, es mayor que el etano. Y no solamente esto tiene impacto en el costo, sino también que el *ratio* de conversión o eficiencia es menor, con la cual se necesita mayor propano para producir iguales cantidades de etileno. Al igual que la alternativa 1, esta opción también tiene un rendimiento positivo, lo que significa que por sí sola, podría ser viable. Aunque en este caso, el valor es cercano a cero, que indica una rentabilidad marginal. Observando los resultados de la alternativa en forma completa, se puede ver que el valor de rentabilidad total, 8,95%, es mayor que el caso base 2, lo que indica que esta alternativa continua siendo factible ante la falta de etileno, aunque no

llega a la rentabilidad de la alternativa 1. La capacidad ociosa en este caso se da por la pérdida de producción total, 6.000 toneladas, en las tres partes de la cadena de valor, esto es: producción de etileno, de polietileno y logística del producto final.

La alternativa 3, que consiste en importar el producto final directamente, tiene una rentabilidad negativa cuando se la analiza en forma individual. Esto significa que por sí sola no sería viable desde el punto de vista económico. En otras palabras, importar 20.000 toneladas de polietileno para vender al precio de mercado, no es rentable. Cuando analizamos la alternativa en forma conjunta, vemos que sí existe una rentabilidad, aunque ésta es la menor de las tres alternativas. La capacidad ociosa es la mayor de todas, ya que tanto la estructura fija de etileno como la de polietileno se transfieren como costo sin generar valor agregado. La rentabilidad total es mayor que el caso base 2, por lo tanto también sigue siendo viable la opción ante la falta de etileno. Se puede concluir que las tres opciones son viables desde el punto de vista de rentabilidad ante la falta de materia prima.

**Tabla 63:** Resultados de las alternativas

ANALISIS BASE PRODUCCIÓN TOTAL	Base 100%	Base 85%	Alt 1	Total 1	Alt 2	Total 2	Alt 3	Total 3
Toneladas Producidas / Vendidas	140.000	120.000	20.000	140.000	14.000	134.000	20.000	140.000
Costo total Producción (1)	140.000	121.970	26.601	148.571	22.484	144.453	30.849	152.819
Costo Total por Tonelada (1)	1,00	1,02	1,33	1,06	1,61	1,08	1,54	1,09
Capacidad ociosa (2)	0	5.340	1.675	1.675	1.602	1.602	7.254	7.254
COSTO TOTAL CASOS (1 + 2)	140.000	127.310	28.276	150.246	24.085	146.055	38.103	160.073
Costo por Tonelada	1,00	1,06	1,41	1,07	1,72	1,09	1,91	1,14
Precio Venta Tonelada	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Ingresos Totales	244.340	209.434	34.906	244.340	24.434	233.868	34.906	244.340
Utilidad Neta	104.340	82.124	6.629	94.093	348	87.813	-3.197	84.267
Utilidad por tonelada	0,75	0,68	0,33	0,67	0,02	0,66	-0,16	0,60
ROA	10,63%	8,37%	0,68%	9,59%	0,04%	8,95%	-0,33%	8,59%

**Fuente:** Elaboración propia

Como resumen de este análisis, se puede concluir que la opción de importar etileno es la más rentable. O expresado de otra manera, es la que menor impacto genera con respecto al caso base de disponibilidad total de materia prima. En segundo lugar se ubica la opción de utilizar propano en reemplazo del etano. La opción de importar el producto final, polietileno, es la menos rentable.

### 3.4. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS MEDIANTE OPCIONES REALES

Para el análisis mediante la teoría de opciones reales, tomamos los datos descriptos en el capítulo anterior, los cuales muestran la pérdida de producción por mes durante el período 2011-2016. Tenemos entonces los siguientes valores:

*Promedio pérdida producción: 19.285 Toneladas (1)*

*Promedio pérdida producción en términos porcentuales: 6,16% (2)*

*Desvío pérdida producción: 2.644 Toneladas (3)*

*Promedio desvío pérdida producción en términos porcentuales: 14,25% (4)*

Se calculan los siguientes coeficientes para la variable producción a los efectos de construir el árbol de decisión para el período de tres años:

$$u \text{ (up)} = (\text{EXP}((\text{desvío}) * \text{SQRT}(1))) = 1,15$$

$$d \text{ (down)} = 1/u = 0,86$$

$$p = (\text{EXP}(r-d) / (u-d)) = 0,64, \text{ donde se define la tasa libre de riesgo con un valor de } 5\%.$$

$$1-p = 0,36$$

Se considera un período de análisis de 3 años, partiendo de  $t=0$  a  $t=3$ .

Por lo tanto, la variación de la producción, en término de proceso binomial, para el período considerado, figura en la tabla 64. En  $t=0$  tenemos el promedio de pérdida de producción. En  $t=1$  tenemos el valor anterior multiplicado por el valor  $u$  y el valor  $d$  calculados a partir del desvío. En  $t=2$  tenemos en primer lugar el valor superior afectado nuevamente por el coeficiente  $u$ . En el segundo caso, valor intermedio, se tiene el valor superior pero en este caso afectado por el coeficiente  $d$ . Por último, en el tercer caso, el valor se obtiene multiplicando el valor inferior de  $t=1$  por el coeficiente  $d$ . En el caso  $t=3$  se procede de la misma manera para los tres casos anteriores, multiplicando por los coeficientes  $u$  y  $d$ .

**Tabla 64:** Valores de producción estimados en el período  $t=0$  a  $t=3$  (Toneladas)

<b>t=0</b>	<b>t=1</b>	<b>t=2</b>	<b>t=3</b>
19.285	22.238	25.643	29.570
	16.724	19.285	22.238
		14.504	16.724
			12.578

**Fuente:** Elaboración Propia

Ahora, tomando como referencia el caso 1, importar etileno para reemplazar la falta de materia prima, como proceso estocástico, tenemos la siguiente variación en términos económicos:

**Tabla 65:** Valores económicos para el período t=0 a t=3

t=0	t=1	t=2	t=3
\$ 6.425.035,71	\$ 7.408.816,42	\$ 8.543.230,44	\$ 9.851.342,27
	\$ 5.571.886,47	\$ 6.425.035,71	\$ 7.408.816,42
		\$ 4.832.022,76	\$ 5.571.886,47
			\$ 4.190.401,96

**Fuente:** Elaboración propia

Estos valores económicos surgen de multiplicar los valores estimados de producción, tabla 64, con la diferencia entre el precio de venta estimado menos el costo de producción. Este valor, de acuerdo a la visto anteriormente es de \$ 333,15.

Podemos observar que la diferencia máxima entre los extremos para el caso 1 es de \$ 5.660.940,31. Esta diferencia es de casi un 50% con respecto al valor máximo.

Se calcula ahora el VAN de acuerdo a Opciones reales para el caso 1. Para esto se toma como punto de partida los valores obtenidos en la tabla anterior para el período t=3. Luego se hace el proceso inverso indicado en la tabla 63. Se llega al valor de t=0 que representa el VAN calculado por opciones reales para el caso 1.

$$V_0 = \left[ \sum_{j(T)=0}^{j(T)=n} (P - C_1) \times Q_{i,j(T)} \frac{j!}{j!(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} \right] e^{-rT}$$

**Tabla 66:** Valuación Opción real caso 1

t=0	t=1	t=2	t=3
\$ 4.910.439,97	\$ 6.172.163,06	\$ 8.543.230,44	\$ 9.851.342,27
	\$ 3.336.997,59	\$ 2.775.503,71	\$ 7.408.816,42
		\$ 4.832.022,76	\$ 5.571.886,47
			\$ 4.190.401,96

**Fuente:** Elaboración propia

Se obtiene un VAN para el caso 1 de **\$ 4.910.439,97**. Como se expresó, este valor se obtiene partiendo de los valores en el período  $t=3$  de acuerdo a la tabla 64y utilizando la fórmula de Opciones reales para conocer el VAN en el período  $t=0$  considerando los posibles escenarios de pérdida de producción de acuerdo a la historia del período 2011-2016.

Calculando el VAN en forma tradicional, asumiendo una tasa de corte de 20% como costo de Capital, una pérdida de producción promedio de 19.285,7 Toneladas por año y una diferencia de 333,15 entre precio de venta y costo de producción, el valor final es:

**Tabla 67:** Cálculo del VAN en forma tradicional para el caso 1

<b>t=0</b>	<b>t=1</b>	<b>t=2</b>	<b>t=3</b>
\$ 13.534.000	\$ 6.425.034	\$ 6.425.034	\$ 6.425.034

**Fuente:** Elaboración propia

Notar la diferencia significativa entre el valor de VAN tradicional y el VAN calculado a partir de la teoría de opciones reales, el cual incluye escenarios más realistas en un período de tres años. En otras palabras, el VAN tradicional es una forma determinística que sobrevalua el caso porque no considera aumentos y descensos de producción y posibles escenarios (faltantes).

Ahora bien, a los efectos de proveer de flexibilidad en la decisión a tomar cada año en caso que la opción 1 no sea viable, se analiza cuál de las restantes es más conveniente, esto es, la producción de polietileno a partir de propano o la importación del producto final. Se calcula el VAN estratégico que da esta flexibilidad de conocer cuál de las dos opciones es la más rentable. Para realizar el cálculo se toman los valores de  $t=3$  de la tabla 63.

A éstos valores de producción se los transforma en valores económicos a partir del precio de venta menos el costo de producción y la capacidad ociosa. Este cálculo se realiza para ambos casos y se indica el valor máximo en la tabla 68.

**Tabla 68:** Opción americana de Caso 2 versus caso 3

<b>t=0</b>	<b>t=1</b>	<b>t=2</b>	<b>t=3</b>
\$ 1.295.967,40	\$ 1.586.017,72	\$ 2.088.855,90	\$ 3.061.757,18
	\$ 771.783,68	\$ 1.149.948,98	\$ 1.586.017,72
		\$ 443.833,12	\$ 771.783,68
			\$ 159.429,52

**Fuente:** Elaboración propia

El valor de VAN obtenido, \$ 1.295.967,4, representa el valor adicional del análisis para conocer en cada año, cuál de las dos opciones o alternativas es la más conveniente. Por lo tanto el VAN total estratégico que provee flexibilidad en las decisiones cada año es de **\$ 6.026.407,3**. Al realizar el análisis comparativo de ambos casos, se puede obtener la definición de cuál de las dos opciones es la más conveniente. Esto se indica en la tabla 68.

**Tabla 69:** Opción americana para ejercitar cada año

<b>t=0</b>	<b>t=1</b>	<b>t=2</b>	<b>t=3</b>
	Caso 2	Caso 2	Caso 3
	Caso 2	Caso 2	Caso 2
		Caso 2	Caso 2
			Caso 2

**Fuente:** Elaboración propia

Se concluye por lo tanto que la opción 2 es la más conveniente en la mayoría de los casos en cada año en el período considerado. El caso 3 solamente aparece como la alternativa más rentable en el caso del período t=3 y cuando en todo el período se dé el mejor escenario de producción.

## CAPÍTULO V

### CONSIDERACIONES FINALES

Las conclusiones del análisis de las alternativas descriptas en el capítulo anterior indican que, tanto la metodología cualitativa, como el análisis de rentabilidad y el análisis por opciones reales, la opción de importar etileno es la más beneficiosa para la compañía desde el punto de vista económico y estratégico. En el primer caso, se analizaron variables que indican la practicidad de cada alternativa, teniendo en cuenta principalmente que puede llevarse a cabo sin grandes inversiones y en el corto plazo. Se vio que importar etileno cumple con estos requerimientos.

El análisis de rentabilidad mostró que, aunque no llegue a alcanzar los valores de rentabilidad del caso con total disponibilidad de materia prima, es la alternativa que menos impacto generará en la rentabilidad. El análisis por opciones reales, el cual trabaja sobre supuestos para un período de tiempo de tres años, indica también que la alternativa de importar etileno es la más conveniente para un período como el indicado.

La conjunción en los resultados, desde tres enfoques diferenciados, permite concluir que la alternativa de importar etileno es la seleccionada. **Esta afirmación permite confirmar la hipótesis planteada por este trabajo.**

Se destaca también la conclusión observada referida a que **la demanda de polietileno continuará creciendo**, por lo que se hace imperioso considerar el punto anterior como solución de corto plazo. Como se ha visto el consumo per cápita se ha incrementado un 300% en la última década y media. La demanda está vinculada con muchas variables. Una de las principales es el crecimiento del PBI de un país y también su crecimiento poblacional.

Por otro lado, la disponibilidad de materia prima, o gas natural en términos más generales, ha declinado a lo largo de los últimos 10 años. Se vio que cualquier alternativa tiene un impacto sobre el caso ideal de disponer de materia prima para la fabricación del etileno. Esta situación ha impactado en la rentabilidad de la compañía.

Se ha descrito que existen claras oportunidades para abordar este problema y solucionarlo, a partir de la explotación del *shale gas*. Pero, como se vio, la disponibilidad concreta de este recurso para ser usado en la industria, **demandará varios años**, ya que requiere de inversiones en el largo plazo, las cuales están atadas a reglas de juego y políticas del país. Por lo tanto, este trabajo, su problemática descrita y los análisis realizados, continuará teniendo vigencia durante el próximo lustro.

Con respecto a las limitaciones de este trabajo, es importante resaltar su característica única como “estudio de caso”, lo que implica que los análisis y conclusiones son propios de este trabajo y no puede transpolarse directamente a otros casos, ya sea de la industria petroquímica como cualquier otro tipo de organización. Existe también una limitación con respecto a período de tiempo en cual se ha desarrollado el trabajo y las condiciones y problemáticas existentes en este período. Muchas de estas condiciones son externas a la organización y seguramente no son permanentes en el tiempo, por lo que es difícil hacer paralelismos con otras investigaciones si no se tienen en cuenta cómo factores internos y externos a la organización varían a lo largo del tiempo.

Para finalizar, futuro trabajos de investigación podrán enfocarse en la rentabilidad de la organización a partir de la nueva provisión del etano proveniente del *shale gas*. Es ampliamente sabido que los costos de extracción del gas mediante técnica de perforación horizontal son, en términos comparativos, significativamente mayores a la extracción del gas convencional. Esta diferencia traerá aparejada una variación en el costo del etano, por lo que será de interés entender cómo será impactada la rentabilidad de la organización cuando pueda disponer de materia prima, pero a un precio más elevado. Podrá plantearse como hipótesis si es económicamente rentable consumir etileno producido locamente a partir del *shale gas*, o importarlo desde otros países.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT):

[www.anmat.com.ar](http://www.anmat.com.ar)

Asociación Industrial Química Bahía Blanca: [www.aiqbb.org.ar](http://www.aiqbb.org.ar)

ASTM: [www.astm.org](http://www.astm.org)

Ayuso Moya, A. & Ripoll Feliú, V. (2005). El estudio de casos como prototipo de la investigación en Contabilidad de Gestión desde una perspectiva cualitativa. *Revista Iberoamericana de Contabilidad de gestión* 5: 131-168.

Barfield, J., Rainborn, C. & Kinney, M. (2005). *Contabilidad de Costos. Tradiciones e innovaciones*. 5ta. Ed. Thomson Ed., México.

Black, F. & Scholes, M. (1973): The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economics* 81: 637-654

Cabero Almenara, J. & Infante Moro, A. (2014). Empleo del método Delphi y su empleo en la investigación en Comunicación y Educación. *EDUTEC Revista Electrónica de Investigación Educativa*. 48: 1-16.

Cámara Argentina de la Industria Plástica (CAIP): [www.caip.org.ar](http://www.caip.org.ar)

Cañete, B., Oteiza, P. , Gigola, C. & Brignole, N. (2012). GASOLINA NATURAL: Un sustituto atractivo para la producción de etileno en Argentina. *Revista PETROQUÍMICA, Petróleo, Gas & Química*. 283: 206-210

Cartier, E. (1994). Elementos del costo industrial. *Documentos y Monografía N° 2*, IAPUCo, Buenos Aires.

Cartier, E. & Osorio, M. (1992). *Teoría General del Costo. Un marco necesario. Evento Científico Contabilidad, Finanzas y Auditoria en el Proceso de Integración Iberoamericana*. Ciudad de La Habana - Cuba – 1992

Centro de Estudios para la producción (CEP): [www.industria.gob.ar/cep](http://www.industria.gob.ar/cep)

Consultora Bloomberg: [www.bloomberg.com](http://www.bloomberg.com)

Consultora IHS: [www.ihs.com](http://www.ihs.com)

Consultora Platts: [www.platts.com.es](http://www.platts.com.es)

Dekker, H. (2002). *Value chain analysis in interfirm relationships: a field study*. Amsterdam Research Center in Accounting (ARCA).

Denzin, N. K. y Y. S. Lincoln. (2012). *The discipline and practice of qualitative research*, en Denzin, N. K. y Y. S. Lincoln. (Eds), *The SAGE Handbook of Qualitative Research*. 4a Ed. SAGE Publications.

Empresa Energía Argentina S.A. (ENARSA): [www.enarsa.com.ar](http://www.enarsa.com.ar)

Empresa Grupo Simpa: [www.gruposimpa.com.ar](http://www.gruposimpa.com.ar)

Empresa MEGA: [www.ciamega.com.ar](http://www.ciamega.com.ar)

Empresa Ravago: [www.ravago.com](http://www.ravago.com)

Empresa *The Dow Chemical Company*: [www.dow.com](http://www.dow.com)

Empresa Transportadora de gas del sur (TGS): [www.tgs.com.ar](http://www.tgs.com.ar)

Empresa Univation: [www.univation.com](http://www.univation.com)

Empresa YPF: [www.ypf.com.ar](http://www.ypf.com.ar)

Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS): <http://www.enargas.gov.ar/>

Entidad técnica Ecoplas: [www.ecoplas.org.ar](http://www.ecoplas.org.ar)

*Food and Drug Administration* (FDA): [www.fda.gov](http://www.fda.gov)

Guerreiro, R. & Yardin, A. (2007). *Hacia una metodología científica en el área de Costos*. XIV Congreso Brasileiro de Costos.

Hansen, D. & Mowen, M. (2003). *Administración de Costos. Contabilidad y Control*. Ed. Internacional Thompson Editores SA, México.

Hernandez, D. (2002). *Opciones Reales: El Manejo de las Inversiones Estratégicas en las Finanzas Corporativas*. Trabajo de Grado de la Licenciatura en Economía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Hernandez-Polito, A., Miller, M. & Hernandez, L. (2013). *El estudio de caso como estrategia, método y objeto de investigación en Administración*. XVIII Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática. México.

Horngreen, C.; Foster, G.; Datar, S. (2002). *Contabilidad de Costos. Un enfoque gerencial*. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana SA, México.

Instituto Argentino de la Energía (IAE): [www.iae.org.ar](http://www.iae.org.ar)

Instituto Argentino del Petróleo y Gas (IAPG): [www.iapg.org.ar](http://www.iapg.org.ar)

Instituto de Estadística y Censo (INDEC): [www.indec.gov.ar](http://www.indec.gov.ar)

Instituto Petroquímico Argentino (IPA): [www.ipa.org.ar](http://www.ipa.org.ar)

International Energy Agency (IEA): [www.iea.com](http://www.iea.com)

Landeta, J. (2002). *El método Delphi: una técnica de previsión para la incertidumbre*. Barcelona: Ariel.

Mallo, C. & Merlo, J. (1995). *Control de gestión y control presupuestario*. Ed. McGraw-Hill, Madrid, España.

Merton, R (1973): *The Theory of Rational Option Pricing*. Bell Journal of Economics and Management Science, 141-183

Milanesi, G. & Vigier, H. (2010). *Arboles de decisiones, Opciones Reales y Enfoque integrado en mercados completos e Incompletos*. XLV Reunión Anual. Asociación argentina de economía Política.

Ministerio de Economía de la Nación: [www.mecon.gov.ar](http://www.mecon.gov.ar)

Ministerio de Industria de la Nación: [www.industria.gob.ar](http://www.industria.gob.ar)

Myers, S (1977): Determinants of Corporate Borrowing. Journal of Financial Economics 5, 2: 147-176

Num, J. (2004). *Análisis de Opciones reales: técnicas y herramientas para la decisión y valoración estratégica de inversiones*. Wiley, NY.

Osorio, O. (1992). *La capacidad de producción y los costos*. 2ª Edición, Ediciones Macchi, Buenos Aires.

Pérez- Carballo Veiga, J. F. (1997). *Control de la Gestión Empresarial*. ESIC Editorial, Madrid.

Piekkari, R. y C. Welch. (2012). *Rethinking the Case Study in International Business and Management Research*. Edward Elgar Pub

*Polyolefin Reaction Engineering*: <http://polyolefins.org/>

Porter, Michael (1985). *Ventaja Competitiva*. ED. CECSA, México.

Puerto de Bahía Blanca: [www.puertobahia blanca.com](http://www.puertobahia blanca.com)

Reguant-Álvarez, M. y Torrado-Fonseca, M. (2016). El método Delphi. REIRE, *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 9 (1), 87-102. DOI: 10.1344/reire2016.9.1916

Shale Gas España: [www.shalegasespana.es](http://www.shalegasespana.es)

Shank, J.K., 1989. *Strategic cost management: new wine, or just new bottles?* Manage. Acc. Res. 1: 47–65.

Shank, J.K., Govindarajan, V., 1992. *Strategic cost management: the value chain perspective*. Manage. Acc. Res. 4: 177–197.

Shank, J.K., Govindarajan, V., 1993. *Strategic Cost Management*. The Free Press, New York.

Smith, J. & Nau, R. (1995). Valuing Risk Projects: Options pricing Theory and Decision Analysis. *Management Science*, Volume 41, Issue 5.

Woodside, A. (2010). *Case Study Research: Theory, Methods and Practice*. 1a Ed. Emerald Group

Yin, R. K. (1994). *Case study research: Design and methods* (2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage Publications.

Yin, R.K. (2008). *Case Study Research: design and methods*. Sage Publications, Londres.

## APÉNDICE I

### GLOSARIO

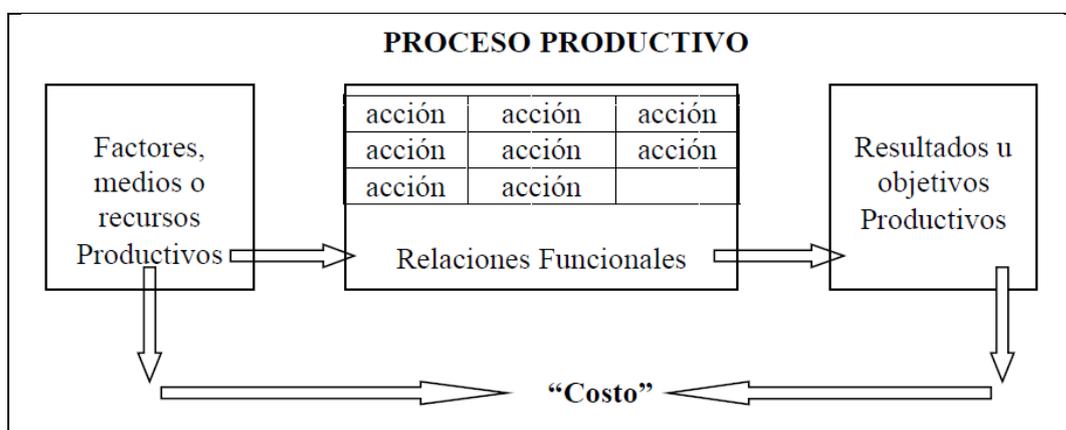
Factores fijos de capacidad o estructura: Son los definidos durante el proyecto e inversión de la unidad productiva. Se definen para satisfacer una demanda proyectada en el largo plazo y coinciden con la vida útil de la inversión. Estos factores fijos deben estar acompañados para su uso integral de mano de obra especializada, energía eléctrica, etc. ya que sino sería un concepto meramente abstracto de concretarse. Con respecto a la demanda, suele ocurrir que al inicio del proyecto la demanda inicial puede ser inferior a la calculada, por lo que inicialmente puede existir una capacidad ociosa. Este tipo de sobredimensionamiento se da por razones tecnológicas, como por ejemplo en la industria siderúrgica donde la definición de la capacidad del horno de colada se hará durante la etapa de inversión y luego difícilmente pueda ampliarse. Por lo que si se prevé un aumento de demanda en el largo plazo, esto debe tenerse en cuenta al momento de hacer la inversión. En este sentido, la tecnología avanza para construir unidades productivas en “módulos” para que estos puedan incorporarse a medida que la demanda realmente lo requiera. De lo anterior, podría pensarse que el sobredimensionamiento para la futura expansión por demanda parece una opción lógica y razonable. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este sobredimensionamiento se traduce en costos fijos estructurales de un bien que no está siendo utilizado, por lo que tiene un impacto directo en la eficiencia de los recursos. Con respecto a los costos, o bien tendrá un impacto en el costo final de producto o en el costo final del proyecto. En el primer caso, puede impactar la rentabilidad si no puede modificarse el precio de venta o si éste puede modificarse, el incremento hará más difícil su competitividad. En el segundo caso, puede impactar las amortizaciones y la vida total del proyecto.

Tiempo de uso de los recursos: El concepto de capacidad máxima consideró de manera implícita que el uso de recursos es ininterrumpido. Considerando esto, multiplicando las horas de un día de producción, por un año calendario, tenemos que dicho tiempo es igual a 8.760 horas de disponibilidad. No caben dudas, que al momento de diseñar un proceso productivo, se tiene en cuenta o se asume el 100% de disponibilidad del tiempo.

Máxima eficiencia productiva: Es el otro factor que determina la capacidad máxima de producción. Según la definición de Osorio, “dados ciertos recursos físicos o factores de producción fijos, se denomina productividad técnica o eficiencia productiva a la producción lograda o lograda por unidad de tiempo, expresada en una unidad representativa dada. Este concepto es válido cualquiera que sea la unidad elegida para medir la capacidad, y refleja la intensidad y la racionalidad en el uso de los factores fijos en términos de producto obtenido por unidad de tiempo”. A diferencia de la capacidad máxima teórica, la eficiencia productiva para el cálculo de la capacidad máxima práctica, no es un concepto ideal, sino que debe ser la máxima alcanzable considerando el mejor uso racional de los factores fijos y variables que son parte del proceso de producción. Esta variable se obtiene a partir de la realidad objetiva en el mejor uso de los distintos recursos que convergen en el proceso de producción, como por ejemplo la eficiencia en la mano de obra, la eficiencia de los equipos en base al mantenimiento preventivo que se ha realizado, la programación de la producción, etc.

Proceso Productivo: De acuerdo al siguiente gráfico, un proceso de producción es un sistema de acciones dinámicamente interrelacionadas que transforman factores (elementos de entrada) en productos (elementos de salida) para incrementar su valor primario.

**Gráfico: Proceso Productivo**



**Fuente:** Cartier & Osorio (1992)

Tenemos entonces tres conceptos:

- 1- los factores o recursos:** Son bienes o servicios económicos que se utilizan para ejecutar acciones que componen el proceso de producción. Ninguna acción puede llevarse a cabo sin el consumo de uno o más factores. Los factores pueden ser

internos o externos, de acuerdo a si los bienes y servicios son adquiridos fuera de la organizaciones o generados por ésta misma.

- 2- las acciones:** Es cualquier actividad o tarea desarrollada dentro del marco de un proceso de producción. Las acciones consumen factores y generan a su vez servicios, los cuales modifican otros recursos para transformarlos total o parcialmente en productos. Las acciones pueden ser inmediatas o mediatas, dependiendo si el servicio que generan afecta directamente al producto final o a uno intermedio.
- 3- los resultados o productos:** En general, todo bien o servicio obtenido de un proceso productivo.

Componentes del costo: En la teoría de los costos de producción el costo puede definirse como la entidad resultante del producto por una cantidad física de empleo de un factor por un precio típicamente no negociado. Describiendo estos dos componentes tenemos que en el caso del componente físico o real, estos corresponden a la porción del factor que ha sido utilizado y que es perfectamente reconocible y medible. Es el factor que ha sido “sacrificado” en el proceso productivo, más allá de si el sacrificio ha sido necesario o no. Esta parte integrará la del costo de producción y el no necesario, no se incorporará al mismo. No necesariamente estos factores deben encontrarse en el producto final; por ejemplo energía eléctrica, materiales indirectos como electrodos para soldadura, catalizadores en procesos químicos, etc. Estos factores pueden considerarse fijos o variables. También, este componente físico es el que presenta mayor coherencia en su determinación ya que puede medirse en unidades reales. Con respecto al componente monetario, éste representa el precio o remuneración de los componentes físicos utilizados en el proceso productivo. Este componente representa la retribución que se efectúa por la parte usada o consumida, homogeniza las distintas unidades de los factores en uno solo (unidad monetaria) y por último permite comparar precios previstos con incurridos para encontrar desvíos y tomar decisiones hacia el futuro.