

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE PETRÓLEO, GAS NATURAL Y PETROQUÍMICA**



**COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN. INTEGRACIÓN DE LA CADENA  
PETROQUÍMICA DE PLÁSTICOS EN EL PERU CON ORIGEN EN LAS  
OLEFINAS A PARTIR DEL GAS NATURAL DE CAMISEA**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
CON MENCIÓN EN INGENIERÍA DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL**

**ELABORADO POR:**

**CESAR AUGUSTO LUJÁN RUIZ**

**ASESOR:**

**Dr. ELEODORO MAYORGA ALBA**

**LIMA – PERU**

**2013**

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mi padre: César Augusto,  
A mi familia, por apoyarme en lograr este proyecto, y porque son una fuente  
permanente de inspiración.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Facultad de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica de la Universidad Nacional de Ingeniería y a sus docentes altamente especializados, por permitir en una primera oportunidad mi formación como ingeniero, y en una segunda oportunidad profundizar mis conocimientos en el campo del petróleo y gas natural a través de la Maestría que viene ofreciendo.

Al Dr. Eleodoro Mayorga Alba por los conocimientos transmitidos y orientación para el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.

A los profesores revisores, MSc Germán Grajeda Reyes y al Dr. Walter Barrutia Feijoo, por las indicaciones y experiencias transmitidas en la elaboración de la presente tesis.

A la profesora MSc Luz Eyzaguirre Gorvenia, Jefa de la Sección de Postgrado y Segunda Especialización, por su persistente trabajo en la consolidación de la Maestría, la cual está dando sus frutos por los distintos trabajos de investigación que se viene presentando para la mejora de la industria de hidrocarburos en el Perú.

Al Decano, MSc Luis Del Castillo Rodríguez incansable estudioso de la industria de hidrocarburos, siempre dispuesto a transmitir sus conocimientos y al intercambio de ideas para la mejora de los trabajos de investigación.

Al Dr. José Corona Armenta de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo en México, por los artículos técnicos enviados y su predisposición para contestar todas mis dudas respecto de la aplicación de la metodología para hallar la capacidad de innovación de las empresas.

## RESUMEN

La presente investigación estudia la petroquímica desde un enfoque de cadena petroquímica con el propósito de identificar los factores más importantes que permiten su integración.

Actualmente, el Perú es un gran importador de poliolefinas, destacando los polietilenos, el polipropileno y el policloruro de vinilo. Este grupo de productos petroquímicos representó en el año 2011 importaciones en valores CIF por 801.8 millones de dólares americanos, con un peso equivalente de 522,672 TM/año. Todos estos productos se destinaron principalmente a la industria de plásticos del país para continuar su transformación.

Por otro lado, en el Perú hay disponibilidad importante de gas natural, específicamente en el área denominada el Gran Camisea (lotes 56, 57, 58 y 88) que permiten pensar en desarrollar una petroquímica de poliolefinas de dimensión mundial. En tal sentido, el Estado Peruano y sus sucesivos gobiernos vienen promulgando Leyes, Reglamentos y posibles lugares para ubicar el complejo petroquímico.

El presente estudio identifica a la competitividad de la industria petroquímica y la innovación de la industria de plástico como factores fundamentales para alcanzar la integración de la cadena petroquímica del plástico.

Respecto de la competitividad, se han registrado 14 factores de competitividad que deben ser aplicados en la industria petroquímica para su éxito y sostenibilidad, cada uno de los cuales están descritos en el presente trabajo. Así mismo, se ha definido el concepto de tasa de integración (TI) como una medida del grado de integración y generación de valor de la cadena petroquímica de un país.

Respecto de la innovación, se aplicó una metodología que calcula un indicador denominado Índice de Innovación Potencial (IIP), el cual mide la capacidad de innovación de las empresas de plástico y permite su comparabilidad entre ellas. Así mismo, resalta sus mejores prácticas de innovación y otras que debe mejorar.

Los aportes de la presente investigación son los 14 factores de competitividad y la tasa de integración (TI) aplicado a la petroquímica, y el Índice de Innovación Potencial aplicado a la industria de plástico. La consideración de estos tres factores ayudará a configurar una cadena petroquímica del plástico integrada.

## ABSTRACT

This research studies the petrochemical as a petrochemical chain in order to identify the most important factors that can support its integration.

Currently, Peru is a major importer of polyolefins, highlighting polyethylenes, polypropylene and polyvinyl chloride. This group of products accounted in 2011 U.S. \$ 801.8 million in CIF value, with an equivalent weight of 522.672 TM / year. All these products are used mainly for the Peruvian's plastics industry, in which continue its transformation as a value added products.

Peru has a very important reservoir's natural gas, which is located in Camisea - Cusco and it has a very high content of ethane (9%). This characteristic suggests developing a petrochemical industry based on ethane to produce polyolefins. For this reason, successive Peruvian Governments have been making laws and regulations to push this industry.

This study identifies the petrochemical industry's competitiveness and plastic industry's innovation as key factors to achieve the plastic's petrochemical chain. In respect of the competitiveness, this study has identified fourteen (14) competitive factors to be applied in the petrochemical industry for its success and sustainability. It also defines the integration rate (TI) as a measure of the degree of integration and value creation of a country's petrochemical chain.

In respect of innovation, this study identified and applied a methodology that calculates an indicator called the Potential Innovation Index (IIP), which measures the innovation capacity of plastic's enterprises, and allows comparability between them. It also highlights the best practices in innovation activities and others that the enterprises must improve.

The contributions of this research are the 14 factors of competitiveness and the integration rate (TI) applied to the petrochemical, and the Potential Innovation Index (IIP) applied to the plastic industry. These three elements help to integrate and support the plastic's petrochemical chain.

## INDICE

	Página
<b>Introducción</b> .....	
<b>CAPITULO I – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	1
1.1 Situación problemática .....	1
1.2 Formulación del problema.....	3
1.3 Justificación de la investigación.....	3
1.3.1 La petroquímica y la industrialización.....	4
1.3.2 La petroquímica y la creación de valor.....	5
1.3.3 La petroquímica y la generación de puestos de trabajo.....	5
1.3.4 La petroquímica y la disponibilidad de materia prima.....	6
1.3.5 La petroquímica y las leyes y reglamentos en Perú.....	10
1.3.6 La petroquímica y las importaciones en el Perú.....	14
1.3.7 La petroquímica y la política arancelaria en Perú.....	17
1.3.8 Relación entre petroquímicos importados y disponibilidad... de gas natural en Perú	21
1.4 Objetivos de la investigación .....	25
1.4.1 Objetivo general.....	25
1.4.2 Objetivos específicos.....	25
1.4.3 Limitaciones de la investigación.....	26
 <b>CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO</b> .....	 27
 <b>2 Antecedentes de la investigación</b> .....	 27
2.1 Factores de competitividad en la industria petroquímica.....	27
2.1.1 Materias primas.....	28
2.1.1.1 Disponibilidad de materias primas.....	29
2.1.1.2 Precios de la materia prima.....	31
2.1.1.3 Efecto shale gas en los precios de la materia prima.....	36
2.1.1.4 Relación precios materias primas y sus derivados.....	43
2.1.1.5 Aseguramiento y contratos de largo plazo.....	46
2.1.2 Las grandes plantas y la economía de escala.....	47
2.1.2.1 Economía de escala y plantas de un solo tren.....	47
2.1.2.2 Tamaños competitivos de plantas petroquímicas.....	53

2.1.3	Localización del complejo petroquímico.....	58
2.1.4	Logística.....	60
2.1.5	Tecnología e innovación.....	61
2.1.5.1	Tecnología.....	61
2.1.5.2	Innovación.....	66
2.1.5.2.1	Modelo empuje de la oferta y demanda.....	66
2.1.5.2.2	Innovación en procesos petroquímicos.....	68
2.1.5.2.3	Tendencias en innovación de procesos y.....	70
	productos	
2.1.6	Estado – Gobierno.....	72
2.1.7	Modelo de integración petroquímico.....	73
2.1.7.1	Modelo petroquímico exportador.....	73
2.1.7.1-A	Trinidad y Tobago.....	74
2.1.7.1-B	Arabia Saudita.....	75
2.1.7.2	Modelo petroquímico doméstico.....	82
2.1.7.2-A	Brasil.....	82
2.1.7.3	Modelo petroquímico intermedio.....	90
2.1.7.3-A	Corea del Sur.....	90
2.1.7.3-B	España.....	91
2.2	Competitividad en la industria de plásticos.....	128
2.2.1	La materia prima constituida por productos petroquímicos...	129
2.2.2	La energía.....	129
2.2.3	La innovación.....	130
2.3	Medición de la innovación en las empresas.....	131
2.3.1	Medición de la innovación.....	131
2.3.2	La encuesta.....	134
2.3.3	Metodología para medir la capacidad de innovación.....	135
2.3.4	El índice de innovación potencial (IIP) y su efecto límite.....	136
2.3.5	Cálculo del índice de innovación incluyendo efecto límite.....	138
<b>3</b>	<b>Marco conceptual.....</b>	<b>139</b>
3.1	La competitividad.....	139
3.1.1	Definiciones.....	139
3.2	La cadena productiva y la cadena petroquímica.....	140

3.3 La innovación.....	142
3.3.1 Definiciones.....	142
3.3.2 Innovatividad o grados de novedad de la innovación.....	144
3.3.2.1 La innovación radical.....	145
3.3.2.2 La innovación “realmente nueva”.....	145
3.3.2.3 La innovación incremental.....	145
3.3.3 Modelos de innovación.....	146
3.3.3.1 Modelo empuje de la oferta.....	146
3.3.3.2 Modelo empuje de la demanda.....	148
3.3.4 Principales tipos de innovación.....	148
3.3.4.1 La innovación de producto.....	149
3.3.4.2 La innovación de proceso.....	149
3.3.4.3 La innovación en comercialización.....	150
3.3.4.4 La innovación de organización.....	150
3.3.5 Difusión de la innovación.....	150
3.3.6 Fuentes para la transferencia de conocimiento y tecnología....	150
en el proceso de innovación.	
3.3.7 Estímulos y barreras a la innovación.....	151
3.3.8 La empresa innovadora.....	154
3.3.9 Clasificación de las industrias manufactureras según.....	154
intensidad tecnológica.	
3.3.10 Las actividades en innovación.....	155
3.4 Las características de la industria petroquímica.....	158
3.4.1 Materias primas para petroquímica.....	158
3.4.2 Clasificación de los productos petroquímicos.....	159
3.4.2.1 Clasificación según el grado de transformación.....	159
3.4.2.2 Clasificación según la creación de valor en una.....	161
cadena petroquímica específica.	
3.4.2.3 Clasificación en productos indiferenciados y.....	163
Diferenciados.	
3.4.3 El polo petroquímico.....	164
3.4.3.1 Beneficios de la economía de escala.....	164
3.4.3.2 Beneficios de la economía de aglomeración.....	164
3.4.3.3 Beneficios de la economía de alcance.....	164

3.4.3.4 Beneficios de la economía de transacción e Integración empresarial.	165
3.4.4 Tecnologías	167
3.4.4.1 Madurez tecnológica de la industria petroquímica	168
3.4.5 Intensivo en energía y capital	170
3.4.5.1 Energía	170
3.4.5.2 capital	173
3.4.6 Ciclos del mercado petroquímico y su periodicidad	175
<b>Hipótesis y variables</b>	179
4.1 Hipótesis general	179
4.2 Identificación de variables	179
4.3 ¿Cómo se medirán las variables?	179
4.4 La matriz de consistencia	180
<b>CAPÍTULO III – RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	181
<b>Primer resultado</b>	181
5.1 Factores de competitividad en la industria petroquímica	181
5.2 Factores de competitividad orientados a la reducción de costos	181
5.2.1 Materia prima	181
5.2.2 Grandes plantas	182
5.2.3 Localización	182
5.2.4 Polo petroquímico	184
5.2.5 Tecnología	186
5.2.6 Plataforma logística e infraestructura	187
5.2.7 Energía y combustible	187
5.2.8 Producción	188
5.3 Factores de competitividad para un crecimiento sostenido	189
5.3.1 Grupo empresarial fuerte o multinacional con tecnología propia	190
5.3.2 Fortaleza financiera	192
5.3.3 La innovación	193

5.3.4	Estado – Gobierno.....	194
5.3.5	Diversificar materias primas para obtener más productos.....	196
5.3.6	Integración del Downstream.....	197
	5.3.6.1 Modelo integración exportador.....	199
	5.3.6.2 Modelo integración intermedio.....	199
	5.3.6.3 Modelo integración doméstico.....	200
5.4	Factores de competitividad en Leyes y Reglamentos en Perú.....	202
5.5	Experiencia de desarrollo de la petroquímica en Perú.....	208
	<b>Segundo resultado</b> .....	210
5.6	Tasa de integración – medición del modelo petroquímico.....	210
5.7	Proyección tamaño plantas y tasa integración del Perú.....	211
	5.7.1 Demanda y oferta mundial plásticos.....	211
	5.7.2 Proyección tamaños plantas competitivos en Perú.....	213
	5.7.3 Tasa de integración hipotética en Perú.....	216
	<b>Tercer resultado</b> .....	218
5.8	Ubicación del complejo petroquímico en Perú.....	218
5.9	Precios de la materia prima etano.....	220
5.10	Importancia de la petroquímica en Perú.....	225
	<b>Cuarto resultado</b> .....	226
5.11	Medición de la capacidad de innovación empresas de plásticos.....	226
	5.11.1 Cálculo del Índice de Innovación Potencial (IIP).....	226
	5.11.2 Identificación de las empresas según visión de futuro.....	230
	5.11.3 Cálculo del Índice de Innovación Potencial y su efecto límite..	232
	5.11.4 Otros resultados de la encuesta.....	235
	<b>CAPÍTULO IV – CONCLUSIONES</b> .....	236
	<b>CAPÍTULO V – RECOMENDACIONES</b> .....	241
	<b>CAPÍTULO VI – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	246

<b>CAPÍTULO VII – ANEXOS.....</b>	<b>257</b>
Anexo 01 – Atributos para medir la capacidad de innovación.....	258
Anexo 02 – El índice de innovación potencial y medición de su efecto.....	259
Anexo 03 – El Árbol petroquímico.....	271
Anexo 04 – La encuesta para medir la capacidad de innovación.....	273
Anexo 05 – Cálculo del índice de innovación y su efecto límite.....	281

## LISTA DE CUADROS

Nº 1.1	Empresas empleos en la industria petroquímica.....	6
Nº 1.2-A	Reservas de gas natural, lotes 56 y 58 – Perú 2010.....	6
Nº 1.2-B	Reservas lotes 56 y 88 – 2010.....	7
Nº 1.3	Reservas de líquidos de gas natural, lotes 56 y 88 – 2010.....	7
Nº 1.4	Composición del gas de Camisea.....	8
Nº 1.5	Declaración reservas comerciales, lotes 57 y 58.....	9
Nº 1.6	Leyes y Reglamentos para la ind. Petroquímica en Perú.....	10
Nº 1.8	Localizaciones del polo petroquímico – Sur del Perú.....	11
Nº 1.9	Código sub-partida nacional productos petroquímicos.....	12
Nº 1.10	Cantidad en peso de productos petroquímicos importados.....	13
Nº 1.11	CIF – MMUS\$ de productos petroquímicos importados.....	13
Nº 1.12	Precio FOB US\$/TM productos pqs importados.....	14
Nº 1.13	Exportación plásticos importados valor FOB MMUS\$.....	14
Nº 1.14	Exportación de propano en M TM/año y valor FOB.....	15
Nº 1.15	Tasa crecimiento % anual periodo 2002-2011 y PIB Perú.....	15
Nº 1.16	Proyección demanda año 2017 y 2027 de polímeros Perú.....	17
Nº 1.17	Resumen dispositivos legales hasta Ad-valorem 0.....	19
Nº 1.18	Ad-valorem para productos pqs. importados en Perú.....	19
Nº 1.19	Importaciones Perú 2011 – países de origen.....	20
Nº 1.20	Capacidades de planta y proyección año 2027.....	21
Nº 1.21	Factores de rendimiento en procesos petroquímicos.....	21
Nº 1.22	Tamaños de planta y requerimiento de materia prima.....	22
Nº 2.1	Factores de competitividad en la industria petroquímica.....	28
Nº 2.2	Capacidad mundial petroquímica instalada.....	30
Nº 2.3	Precios del gas natural en distintas regiones del mundo.....	31
Nº 2.4	Materias primas utilizadas en steam cracking.....	32
Nº 2.5	Cash cost y precios de materias primas.....	34
Nº 2.6	Materias primas y procesos de producción – propileno.....	35
Nº 2.7	Shale gas EE. UU. – composición y reservas.....	37
Nº 2.8-A	Incremento capacidad etileno en EE.UU. a partir del shale gas.	40
Nº 2.8-B	Incremento capacidad propileno, a partir del shale gas.....	41
Nº 2.9	Economía en la fabricación de amoniaco.....	49

Nº 2.10	Capacidad vs. inversión de plantas.....	51
Nº 2.11	Licenciantes de tecnologías y tamaños de planta, etileno.....	54
Nº 2.12	Proyectos petroquímicos en el Medio Oriente.....	54
Nº 2.13	Licenciantes de tecnología – deshidrogenación de propano...	55
Nº 2.14	Licenciantes de tecnología para polietilenos.....	56
Nº 2.15	Licenciantes de tecnología para polipropilenos.....	56
Nº 2.16	Licenciantes de tecnología para PVC.....	57
Nº 2.17	Tamaños de plantas competitivos.....	57
Nº 2.18	Características de los procesos de polietilenos.....	62
Nº 2.19	Características fisicoquímicas de los polietilenos.....	63
Nº 2.20	Características fisicoquímicas de los polipropilenos.....	64
Nº 2.21	Licenciantes y características de los procesos para PP.....	65
Nº 2.22	Petroquímica en Trinidad y Tobago.....	75
Nº 2.23	Capacidad instalada de PQs en Arabia Saudita.....	78
Nº 2.24	Competitividad de la ind. PQ en Arabia Saudita.....	81
Nº 2.25	Regulación estatal en PQ en Brasil.....	84
Nº 2.26	Producción y consumo de resinas en Brasil.....	88
Nº 2.27	Empresas y empleos ind. Plásticos en Brasil.....	89
Nº 2.28	Elementos de salida para medir la innovación.....	131
Nº 2.29	Elementos de entrada para medir la innovación.....	132
Nº 2.30	Trece atributos y respectivas sub-prácticas en innovación.	134
Nº 2.31	Pesos de los atributos del proceso de innovación.....	135
Nº 2.32	Propuesta de modelo matemático para efecto límite.....	137
Nº 3.1	Grados de novedad en la innovación.....	146
Nº 3.2	Fuentes para la transferencia del conocimiento y tecnología.	151
Nº 3.3	factores que motivan las actividades de innovación.....	152
Nº 3.4	Factores que obstaculizan las actividades de innovación...	153
Nº 3.5	Clasificación según intensidad tecnológica.....	155
Nº 3.6	Procesos y productos en la petroquímica básica.....	160
Nº 3.7	Características de producto.....	169
Nº 3.8	Consumo estimado de energía específica.....	172
Nº 3.9	Posibilidades de inversión en petroquímica.....	174
Nº 5.1	Tamaños de planta competitivos.....	183
Nº 5.2	Rendimientos del steam cracking según carga.....	196

Nº 5.3	Competitividad en la industria petroquímica.....	201
Nº 5.4	Factores de competitividad en leyes y reglamentación ....	206
Nº 5.5	Comparativo: competitividad, leyes y reglamentación....	207
Nº 5.6	Plantas PQs instaladas en Perú, actualmente cerrados.....	209
Nº 5.7	Modelo petroquímico y tasa de integración.....	210
Nº 5.8	Demanda global de polímeros, años 2010, 2011, 2012....	211
Nº 5.9-A	Capacidad instalada y demanda principales poliolefinas..	212
Nº 5.9-B	Productos a partir del etileno y propileno, mundial.....	213
Nº 5.10	Escenario 1 – Tamaños plantas competitivos.....	214
Nº 5.11	Escenario 2 – Tamaños plantas competitivos.....	214
Nº 5.12	Tasa de integración hipotético en Perú.....	216
Nº 5.13	Precios en boca de pozo de gas natural Perú.....	223
Nº 5.14	Índice de Innovación Potencial por empresa.....	226
Nº 5.15	Índice de innovación potencial (IIP) para cada empresa...	229
Nº 5.16	Nuevo puntaje objetivo para las empresas.....	230
Nº 5.17	IIP y la visión de futuro de las empresas.....	231
Nº 5.18	La IIP y las empresas y visión de futuro.....	231
Nº 5.19	Cuadro comparativo IIP y IIP <sub>EF</sub> por empresa.....	233
Nº 5.20	Las empresas y sus respectivos índices de innovación....	235
Nº 6.1	Factores para la integración petroquímica.....	238

## LISTA DE FIGURAS

Nº 1.1	Creación de valor en la ind. Petroquímica.....	2
Nº 1.2	La petroquímica y la industrialización.....	4
Nº 1.3	Creación de valor – Perú 2011.....	5
Nº 1.4	Cuenca del Ucayali – Gran Camisea, lotes 56, 57, 58 y 88..	9
Nº 1.5	Demanda de commodities vs PIB mundial.....	16
Nº 1.6	Posible cadena petroquímica de plásticos – Perú.....	25
Nº 2.1	Cash cost en la producción de etileno.....	32
Nº 2.2	Cash cost etileno en distintas regiones del mundo.....	33
Nº 2.3	Regiones de shale gas en Estados Unidos.....	37
Nº 2.4	Incremento de suministro de GN por Shale Gas.....	39
Nº 2.5	Precios spot del GN en Estados Unidos.....	39

Nº 2.6	Correlación de precios, crudo brent vs nafta.....	43
Nº 2.7	Correlación de precios, etano y gas natural.....	44
Nº 2.8	Precios spot, GN, etano, petróleo y líquidos.....	45
Nº 2.9	Precios, etileno vs polietilenos.....	45
Nº 2.10	Precios, propileno vs polipropileno.....	46
Nº 2.11	Plantas de etileno de un solo tren, incremento en el tiempo...	50
Nº 2.12	Costo de inversión por unidad de capacidad.....	52
Nº 2.13	Beneficios de la economía de escala.....	52
Nº 2.14	Tamaños de crackers para producir olefinas.....	53
Nº 2.15	El empuje de la oferta.....	67
Nº 2.16	El empuje de la demanda.....	67
Nº 2.17	La innovación en procesos petroquímicos.....	68
Nº 2.18	Interrelaciones para la innovación de procesos.....	69
Nº 2.19	Objetivos de la innovación en la industria química europea.....	70
Nº 2.20	Porcentaje de pqs básicos y sus derivados en Arabia Saudita.....	78
Nº 2.21	Modelo petroquímico exportador .....	82
Nº 2.22	Ciclo producción polietileno verde.....	87
Nº 2.23	Modelo petroquímico doméstico .....	90
Nº 2.24	Desarrollo petroquímico en Corea del Sur.....	91
Nº 2.25	Empresas del Instituto Nacional Hidrocarburos – España.....	110
Nº 2.26	Creación de Repsol S.A.....	118
Nº 2.27	Modelo petroquímico intermedio.....	127
Nº 2.28	Competitividad de la industria de plásticos.....	128
Nº 2.29	Innovación prácticas y sub-prácticas.....	136
Nº 3.1	La cadena productiva petroquímica.....	142
Nº 3.2	Cadena petroquímica del plástico en Brasil.....	162
Nº 3.3	Polo petroquímico Bahía Blanca – Argentina.....	167
Nº 3.4	Innovación y madurez: ciclo vida tecnológica.....	169
Nº 3.5	Inversiones 2004 – 2010 Arabia Saudita.....	173
Nº 3.6	Ciclo del mercado petroquímico mundial.....	175
Nº 3.7	VARIABLES AFECTADAS SEGÚN CICLO PETROQUÍMICO.....	177
Nº 5.1	Crecimiento de la demanda de PEs y PPs.....	212
Nº 5.2	Perú – Modelo intermedio integración hipotética.....	217
Nº 5.3	Perú – Modelo intermedio integración hipotética.....	217

Nº 5.4	Medio Oriente – precios etano.....	221
Nº 5.5	Instalación steam cracking Estados Unidos.....	222
Nº 5.6	Precios del etano, propano y butano.....	222
Nº 5.7	Gráfico comparativo empresas encuestadas.....	228
Nº A2.1	Procedimiento de cálculo de parámetros.....	262
Nº A2.2	Efecto límite en las curvas.....	263
Nº A2.3	Parámetros para determinar la curva S.....	265
Nº A2.4	Diagrama del condensador cargado.....	267
Nº A2.5	Parámetros para determinar el modelo cargador.....	268
Nº A2.6	Innovación según todas las prácticas.....	270
Nº A3.1	Árbol petroquímico I.....	271
Nº A3.2	Árbol petroquímico II.....	272

## INTRODUCCIÓN

Las razones que motivaron la elección del presente tema de investigación están en lo siguiente: la implementación de la petroquímica permite la industrialización de los países en vías de desarrollo; genera valor económico y puestos de trabajo; la disponibilidad de materia prima tales como el etano y propano a partir del gas natural del área de Camisea ubicado en el Departamento del Cuzco; el interés del Estado Peruano en implementar un complejo petroquímico descentralizado en el Sur del Perú sustentado en leyes y reglamentos que viene promulgando; una industria de plásticos peruana pujante que ha llevado a un incremento sostenido de las importaciones de productos petroquímicos como los polietilenos, polipropilenos y el policloruro de vinilo, entre otros.

Por los motivos antes mencionados, la presente tesis tiene como propósito aportar al proceso de industrialización del gas natural con origen en el gas natural de Camisea investigando sobre la competitividad de la industria petroquímica y la capacidad de innovación de las empresas de plásticos peruanas como factores importantes para la integración de la cadena petroquímica del plástico.

En tal sentido, la estructuración de los antecedentes de la investigación correspondiente al marco del teórico del capítulo II, consistió en la revisión de una gran cantidad de artículos técnicos y libros especializados cuyos títulos más importantes están en la bibliografía, que permitió determinar el estado de arte actual de la competitividad de la industria petroquímica y la medición de la capacidad de innovación de las empresas.

De esta forma se estableció como hipótesis que la integración de la cadena petroquímica de plásticos tiene como factores fundamentales a la competitividad de la industria petroquímica y la medición de la capacidad de innovación de las empresas de plásticos.

En el capítulo III se tienen los resultados de la investigación. El primero corresponde a la identificación específica de los factores de competitividad para la industria petroquímica; el segundo a la tasa de integración como medición de un modelo petroquímico; el tercero a la ubicación del complejo petroquímico en el Perú; y el cuarto a la medición de la capacidad de innovación de un grupo de empresas de plásticos del Perú en base a una encuesta. Finalmente, las conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La industria petroquímica es una plataforma fundamental que transforma materias primas básicas en productos sofisticados, que tienen una aplicación muy diversa y esencial en la vida cotidiana. La transformación de los petroquímicos básicos en esta diversidad de productos se lleva a cabo en plantas de muy diversa índole, dada la multiplicidad de los derivados involucrados. Esta industria es considerada estratégica debido a que contribuye a la industrialización de un país, porque unido a otros sectores industriales conforman eslabones productivos para obtener productos de alto valor agregado.

Con el propósito de industrializar el gas natural y otros hidrocarburos, actualmente en el Perú, se dispone de dos eslabones que se ubican en los extremos de la cadena de valor. En el primer eslabón o extremo inicial disponemos de la materia prima, es decir, el gas natural como reservas probadas [1] y [2] y en menor proporción otros hidrocarburos utilizables, y en el eslabón final algunos sectores industriales con cierto desarrollo, entre los más destacados, las empresas del sector de plásticos que abastecen con sus productos al mercado nacional y extranjero.

El Estado peruano ha promulgado la ley N° 29163 [3] para la promoción y desarrollo de la industria petroquímica y su respectivo Reglamento [4]. En artículo 1° de la Ley indica “Declárese de interés nacional y de necesidad pública el fomento, la promoción y el desarrollo de la industria petroquímica,.....enfaticando el uso de avanzada tecnología y economías de escala, competitivas internacionalmente....”. En el artículo 32 del Reglamento, indica que “el inversionista tendrá la **libre disponibilidad** de los productos obtenidos en la Planta de Industria Petroquímica Básica o Intermedia establecida en el Complejo Petroquímico Descentralizado y podrá exportarlos inafectos de todo tributo, incluyendo aquellos que requieren mención expresa”.

Estos artículos de la Ley y la Reglamentación sugieren que el tamaño final de las plantas petroquímicas y el destino de sus productos están en la decisión del inversionista. Es decir, tiene la libertad de destinar toda la producción al mercado internacional, o compartir el mercado internacional con el mercado nacional.

Según la figura N° 1 y de acuerdo al concepto de creación de valor es preferible producir un derivado petroquímico tal como una poliolefina (1279 US\$/TM precio FOB) a exportar como petróleo (70 US\$/b o 511 US\$/TM) o gas natural (3 US\$/MMBTU o 160 US\$/TM), y aun es mejor, entregar un plástico terminado (3060 US\$/t precio FOB) que una poliolefina. En tal sentido, se muestra que el valor económico se multiplica 6 veces respecto de la materia prima.

**Figura N° 1.1**



Fuente: Poliolefin Consulting [5]

Así mismo, la información que se desprende del cuadro N° 1.10 indica incrementos anuales (TM/año) cada vez mayores de importación de derivados petroquímicos de origen olefínico, el cuadro N° 1.11 presenta respectivamente los egresos anuales en valor CIF (US\$/año) por dichas importaciones de parte de las empresas de plásticos, y el cuadro N° 1.13 indica los ingresos anuales cada vez mayores por la exportación de los plásticos terminados.

**La problemática que se identifica es una ausencia de integración de la cadena de valor de la petroquímica, de manera de incrementar el valor de los hidrocarburos para un mayor desarrollo nacional.**

**El problema específico que se identifica es como apoyar el crecimiento del sector industrial de plásticos para la creación de valor a partir de los hidrocarburos disponibles en el gas natural, específicamente el etano y propano.**

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

**¿Cómo integrar la cadena de valor de la petroquímica con origen en el etano y propano del gas natural procedente del área de Camisea para producir olefinas (etileno y propileno) y poliolefinas (polietilenos y polipropileno), y potenciar el crecimiento del sector industrial de plásticos en el Perú?**

**¿Son las empresas del sector de plásticos del Perú innovadoras, de manera que continuen elaborando productos de valor agregado para abastecer al mercado nacional e internacional, manteniendo una tasa creciente de producción y consumo de derivados petroquímicos de origen olefinico como son los polietilenos y polipropileno?.**

La respuesta a estas preguntas involucra investigar con profundidad cada eslabón de la cadena de valor e inclusive la participación de otras disciplinas profesionales haciendo bastante extenso su estudio.

Por este motivo, la investigación se realizara desde el enfoque de la cadena de valor o cadena petroquímica y limitándose a:

- Identificar los factores que actualmente hacen competitiva a una industria petroquímica, en especial la de origen olefinico (etileno y propileno).
- La innovación en las empresas de plásticos en el Perú, en especial las que consumen poliolefinas (polietilenos y polipropileno).

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

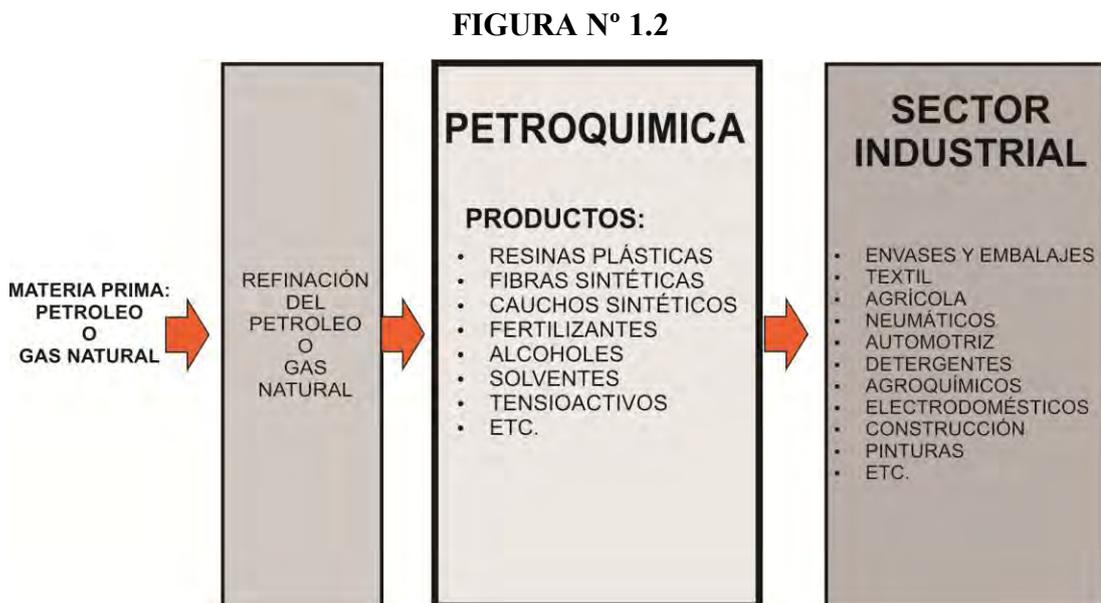
La presente investigación tiene las siguientes características:

- **1.3.1** La industria petroquímica permite la industrialización de los países en vías de desarrollo
- **1.3.2** La petroquímica entrega valor agregado y en especial la industria de plásticos
- **1.3.3** La petroquímica genera puestos de trabajo y en especial la industria de plásticos
- **1.3.4** La disponibilidad de materia prima en el área de Camisea
- **1.3.5** El interés del Estado Peruano en implementar un complejo petroquímico descentralizado en el sur del Perú

- **1.3.6** El incremento sostenido de la importación de productos petroquímicos de origen olefínico (polietilenos y polipropilenos) para la industria de plásticos del Perú.
- **1.3.7** Política arancelaria para los productos petroquímicos de origen olefínico
- **1.3.8** Relación entre la importación de derivados petroquímicos de origen olefínico y la disponibilidad de gas natural.
- **1.3.9** La necesidad de conocer los factores de competitividad e innovación para la construcción de una industria petroquímica estable y duradera.

A continuación se explican dichas características:

**1.3.1 La petroquímica y la industrialización**, Vergara y Brown [6] indican que las resinas plásticas, los elastómeros y los polímeros de ingeniería son excelentes substitutos de los metales en una variedad de aplicaciones, de igual forma la madera y otros materiales de construcción en la industria de la construcción; los polímeros están ampliamente usados como materiales que sustituyen al vidrio, como paneles y partes en el transporte, como componentes en computadoras, la electrónica, el riego, y como material de embalaje en substitución al papel y las fibras naturales. Las fibras sintéticas y los elastómeros han substituido materiales tradicionales con mejor desempeño y precios más baratos. **En una frase, los productos petroquímicos son la materia prima para muchos sectores de la economía y son esenciales en la futura industrialización de los países en desarrollo.** A continuación se tiene la figura N° 1.2.

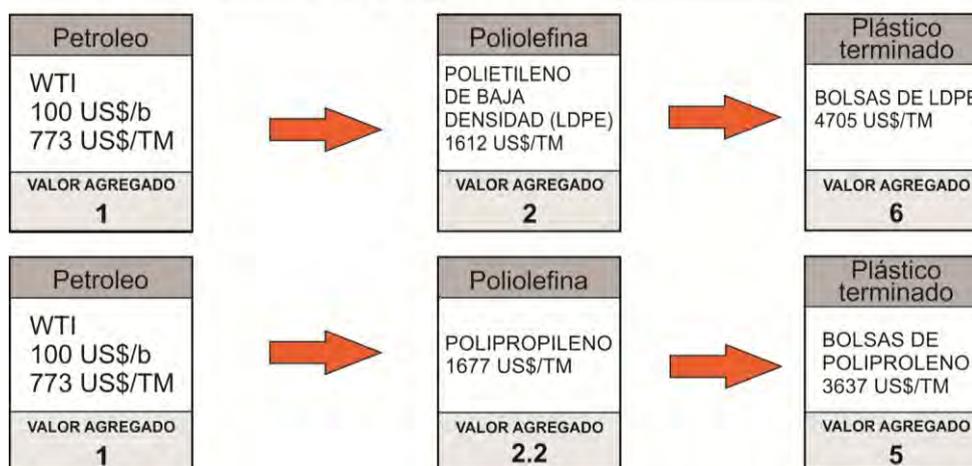


Fuente: Elaboración propia

**1.3.2 La Petroquímica y la creación de valor**, la industria petroquímica está formada por eslabones cuyas unidades forman una cadena de alto valor agregado. Es importante definir en esta investigación que se entenderá por olefinas al etileno y propileno, y poliolefinas a sus polímeros como son los polietilenos y polipropileno. En el caso del Perú, no hay una industria petroquímica pero se tiene a una industria del plástico pujante que transforma las poliolefinas en plásticos terminados. Como ejemplo, se tiene al polietileno de baja densidad importado cuya transformación en bolsas de polietileno agrega 6 veces valor económico y el polipropileno (PP) importado que se transforman en bolsas de PP agregando 5 veces valor económico. La N° 1.3 se muestra que el mayor valor agregado no está en la transformación del petróleo o gas natural en una poliolefina (polietileno o polipropileno) sino en la industria plástica que transforma la poliolefina en un plástico terminado.

**Figura N° 1.3**

**Creación de valor - Perú Año 2011**



Fuente: Sunat-Aduanas [11], elaboración propia

**1.3.3 La petroquímica y la generación de puestos de trabajo**, la industria petroquímica es generadora de puestos de trabajo estables y en especial la industria transformadora de plásticos.

El cuadro N° 1.1 presenta los puestos de trabajo y las empresas en la cadena petroquímica de plásticos, para lo cual se toma como referencia al Brasil y la Argentina para el año 2009. Es importante resaltar que en el caso del Brasil la empresa Braskem tiene 6700 empleos directos (en el mundo) y las industrias de plásticos en el Brasil generan 317800, es decir 47 veces más puestos de trabajo estables. En el caso de la Argentina, se genera casi 5 veces más.

Otro aspecto resaltante es la gran cantidad de empresas que la industria de plásticos genera versus la petroquímica básica, intermedia y final.

CUADRO N° 1.1 EMPRESAS Y EMPLEOS EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA

SECTOR	PQ Básica	PQ Intermedia y final	Industria transformadas de plásticos (ITP)	RELACIÓN EMPLEOS ITP/PQ
<b>BRASIL - AÑO 2009</b>				
N° EMPRESAS	1 (Braskem)		11420	
N° EMPLEADOS	6700 (Braskem en el mundo)		320347 (En Brasil)	≈47
<b>ARGENTINA - AÑO 2009</b>				
N° EMPRESAS	16		2680	
N° EMPLEADOS	6543		32000	≈5

Fuente: [7]+Elaboración propia

**1.3.4 La petroquímica y la disponibilidad de materia prima**, actualmente en el Perú está en desarrollo el Megaproyecto Camisea con la explotación de los lotes 56 y 88 por la empresa PLUSPETROL, a partir del cual se dispone de cantidades apreciables de gas natural con hidrocarburos recuperables como líquidos.

Según el Libro Anual de Reservas de Hidrocarburos [1] publicado el 31 de diciembre del 2010 por el Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Hidrocarburos (MINEM-DGH), y el Informe de la consultora Netherland, Swell & Associates, Inc (NSAI) sobre las reservas de los lotes 56 y 88 [2] publicado el 18 de mayo del 2010, se tienen los cuadros N°1.2 y N°1.3 con las siguientes reservas:

CUADRO N° 1.2-A

Resumen Reservas de Gas Natural Lotes 56 y 88 - Perú Año 2010

Preparado por	Fecha Referencia	RESERVAS			Reservas 2P (probadas + probables)	Reservas 3P - TCF
		Probadas (1P) TCF	Probables TCF	Posibles TCF		
MINEM	31 dic. 2010	10.942	4.764	6.888	15.706	22.6
NSAI	18 may 2010	11.177	4.752	2.670	15.929	18.6

Fuente: [1], [2] + Elaboración propia

TCF = Trillones ( $10^{12}$ ) pies cúbicos americanos

La coincidencia en la información en el cuadro N° 1.2-A indicaría que se dispone aproximadamente de 11 TFC de reservas probadas de gas natural, sustentados en contratos en ejecución de explotación de hidrocarburos. Las reservas probadas más probables que corresponden a una mejor estimación son de casi 16 TCF y se sustentan en contratos en ejecución de exploración y explotación de hidrocarburos.

A continuación se presenta el cuadro N° 1.2-B con las reservas de los lotes 56 y 58 y las reservas de líquidos en el cuadro N° 1.3.

Cuadro N° 1.2-B Reservas Lotes 56 y 88 – Al 31 Dic. 2010

CAMISEA	Reservas probadas TCF	Probadas+Probables TCF
LOTE 56	2.350	3.5820
LOTE 88	8.592	12.1246
<b>TOTAL</b>	<b>10.942</b>	<b>15.706</b>

Fuente: [1] + Elaboración propia

CUADRO N° 1.3

Resumen de Reservas de Líquidos del Gas Natural Lotes 56 y 88 en MMStb - 2010

Preparado por	Fecha de referencia	RESERVAS			Reservas 2P (mejor estimación)	Reservas 3P
		Probadas (1P) MM-bbl	Probables	Posibles		
MINEM	31 dic. 2010	606.12	307.205	424.04	913.325	1337.363
NSAI	18 may 2010	346.2	174.7	90.4	520.9	611.3

Fuente: [1], [2] + Elaboración propia

MMStb= Millones stock tank barrels

El cuadro N° 1.4 presenta la composición del Gas de Camisea (lotes 56 y 88) previa a la extracción de líquidos. Puede observarse el alto contenido de etano (9%) y propano (3.3%), importantes como materias primas para la elaboración de olefinas.

Luis F. Cáceres [9] indica que Camisea es un conjunto de yacimientos de gas natural no asociado y que la relación entre líquidos de gas natural y gas natural es de 55 a 75 barriles por mega pies cúbicos de gas. Esto le da mayor valor al proyecto al

considerarse una reserva de líquidos con posibilidades de producir más de 100 mil barriles diarios.

CUADRO N° 1.4 - COMPOSICIÓN DEL GAS DE CAMISEA

	LOTE 56	LOTE 88			PROMEDIO %
	PAGORENI	SAN MARTÍN	CASHIRIARI		
			VIVIAN	NIA	
COMPONENTES	COMPOSICIÓN (% MOLAR)				
METANO	83.01	80.59	83.89	83.34	<b>82.71</b>
<b>ETANO</b>	9.81	9.8	8.07	8.39	<b>9.02</b>
<b>PROPANO</b>	3.59	3.8	2.95	3	<b>3.34</b>
BUTANO	1.34	1.7	1.26	1.28	<b>1.4</b>
PENTANO Y SUPERIORES (C <sub>5</sub> <sup>+</sup> )	1.31	3.38	2.74	2.99	<b>2.61</b>
NITRÓGENO	0.71	0.55	0.99	0.73	<b>0.73</b>
CO <sub>2</sub>	0.23	0.18	0.1	0.27	<b>0.19</b>
<b>TOTAL</b>	100	100	100	100	<b>100</b>

Fuente: Banco Wiese Sudameris, “Camisea: impacto en el sector energético”[8]

Es importante también destacar que con fecha 27 de enero del 2004 PERUPETRO S.A. suscribió un contrato de licencia para la exploración y explotación de hidrocarburos en el **lote 57**, en la cuenca del Ucayali con la empresa Repsol Exploración Perú sucursal Perú y Burlington Resource Peru Limited, sucursal peruana. El 14 de enero del 2008, Repsol anuncia el hallazgo de 2 TCF de gas natural en el pozo Kintoreni correspondiente al lote 57, indicando que realizarán mayores inversiones para confirmar las reservas anunciadas.

El 12 de julio del 2005 Petrobras Energía Perú S.A. suscribió el contrato de licencia para la exploración y explotación de hidrocarburos en el **lote 58** ubicado en la provincia de La Convención del Departamento del Cuzco. En el periodo 2009 / 2010 se han perforado los pozos en Urubamba y Picha, y en recientes declaraciones (abril 2012) por parte de funcionarios de Petrobras, reportan reservas comerciales de por lo menos 5 TCF. Las perforaciones y evaluaciones de los hallazgos continuarán para confirmar estas reservas.

El cuadro N° 1.5 resume estas declaraciones.

CUADRO N° 1.5

DECLARACIÓN DE RESERVAS COMERCIALES LOTES: 57 Y 58 (\*)

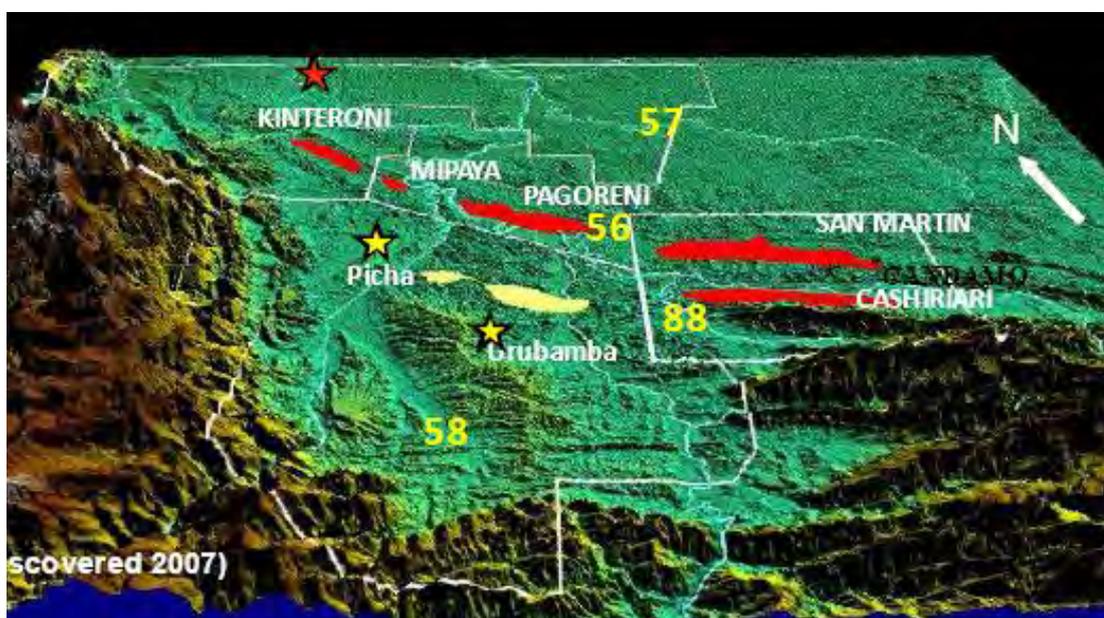
EMPRESA	LOTE	AÑO	DESCUBRIMIENTO	DECLARACIÓN DE RESERVAS COMERCIALES EN TFC
REPSOL	57	2007	Kintoreni	2
PETROBRAS	58	2009/ 2010	Urubamba/Picha	5

(\*) Las reservas comerciales indicadas en este cuadro corresponden a declaraciones de funcionarios de las empresas indicadas en el cuadro, esta información todavía no esta disponible en el Libro de Reservas de la DGH-MINEM.

La unión de los lotes 56 y 88 (concesionado a Pluspetrol), el lote 57 (concesionado a Repsol) y el lote 58 (concesionado a Petrobras) por la cercanía entre ellas han sido denominado El Gran Camisea. Ver figura N° 1.4.

FIGURA N° 1.4

CUENCA DEL UCAYALI - EL GRAN CAMISEA (LOTES: 56, 57, 58 Y 88)



En el II foro sobre Petroquímica en el Perú [10], se expuso sobre la Visión del Potencial Exploratoria del Sur Peruano, correspondiendo al Gran Camisea reservas comercialmente recuperables por más de 18 TCF. Esta información va en la dirección de una disponibilidad de materia prima apreciable para desarrollar un complejo petroquímico.

**1.3.5 La petroquímica y las leyes y reglamentos**, El Estado Peruano, con fecha 31 de diciembre del 2008 aprobó la Ley N° 29163 de Promoción para el Desarrollo de la Industria Petroquímica [3], que propone desarrollar estas actividades a partir de los **componentes del gas natural y sus condensados y de otros hidrocarburos**, propiciando el desarrollo descentralizado.

Esta Ley establece que es función del **Ministerio de Energía y Minas** promover la Petroquímica Básica y es función del **Ministerio de la Producción** promover la Petroquímica Intermedia y Final. La petroquímica intermedia y final está afecta a la Ley N° 28176 que promociona e incentiva este tipo de plantas de manera similar a la inversión en plantas de procesamiento de gas natural, siempre y cuando que se establezca en un **Complejo Petroquímico Descentralizado**, es decir, fuera del Departamento de Lima y la Provincia Constitucional del Callao.

A continuación se presenta el cuadro N° 1.6 con las principales leyes y reglamentos elaborados por el Estado Peruano para desarrollar la industria petroquímica:

CUADRO N° 1.6

LEYES Y REGLAMENTOS PARA LA IND. PETROQUÍMICA EN PERÚ

LEY	FECHA	TÍTULO	OBJETIVO
N° 29163	18 Dic. 2007	Ley de promoción para el desarrollo de la industria petroquímica	Establecer las normas para el desarrollo de la Ind. Petroquímica a partir de los componentes del gas natural, propiciando un <b>desarrollo descentralizado</b> .
Reglamento De la Ley N° 29163	31 Dic. 2008	Reglamento de la Ley N° 29163 (D.S. N° 066-2008-EM)	
N° 29690	23 Mayo 2011	Ley de promoción para el desarrollo de la Ind. Petroquímica basada en el etano y el nodo energético en el sur del Perú.	Declarar de necesidad pública e interés nacional la promoción y desarrollo de la Ind. PQ. basada en el etano contenido en el gas natural y prioriza aquellas que puedan <b>desarrollarse en el sur del Perú</b> .
-	-	Pendiente el Reglamento de la Ley N° 29690	-
N° 29817	20 Dic. 2011	Ley para la construcción y operación del sistema de transporte de hidrocarburos (gas natural, líquidos del GN y derivados) y la creación de un polo petroquímico, con fines de seguridad energética nacional.	Declarar de necesidad pública e interés nacional la construcción y puesta en operación del Sistema de Transporte de Hidrocarburos derivados del gas natural desde los yacimientos ubicados en el sur del país y el desarrollo de un polo PQ basado principalmente en el etano, para <b>promover el desarrollo del sur del país</b> .

La Ley N° 29163 busca el desarrollo de la industria petroquímica propiciando un desarrollo descentralizado, es decir, fuera del Departamento de Lima y la Provincia Constitucional del Callao. La Ley N° 29690 promueve el desarrollo de la industria petroquímica basada en el etano y el nodo energético precisando que debe desarrollarse en el sur del Perú.

El Ministerio de Energía y Minas en atribuciones establecidas en la Ley N° 29163, ha recomendado la localización del Polo Petroquímico en los siguientes lugares:

**CUADRO N° 1.8**  
**LOCALIZACIONES DEL POLO PETROQUÍMICO EN EL SUR DEL PERÚ**

N°	MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS	LUGAR	DEPARTAMENTO
1	R.M. N° 042-2009 MEM-DM	SAN JUAN DE MARCONA – NAZCA	ICA
2	R.M. N° 312-2009 MEM-DM	ZONA I-4 PARACAS PISCO	ICA
3	R.M. N° 443-2009 MEM-DM	LOMAS DE ILO	MOQUEGUA
4	R.M. N° 250-2012 MEM-DM	LOMAS DE TARPUY, ISLAY	AREQUIPA

Fuente: Elaboración propia

**1.3.6 La petroquímica y la importación**, el cuadro N° 1.9 presenta los derivados petroquímicos de origen olefínico, plásticos terminados y petróleo importados, los que han sido identificados según el código de Sub Partida Nacional (SPN) SUNAT – Aduanas [11].

El grupo de productos petroquímicos importados de origen olefínico son:

- Polietileno de densidad inferior a 0.94 (PEBD). Es importante aclarar que a la fecha todavía no hay asignación de código de sub-partida nacional para el LLDPE de densidad inferior a 0.94,
- Polietileno de densidad superior o igual a 0.94 (PEAD),
- Polipropileno (PP),
- Policloruro de vinilo por polimerización en suspensión (PVC-S),

Este grupo de productos se constituyen en los más importados para los procesos de transformación en la industria de plásticos en el Perú.

El grupo de plásticos terminados de origen olefínico y respectivo SPN son: las bolsas de PEBD, láminas y películas de polietileno, sacos de polipropileno, vajillas de mesa o cocina, muebles de plástico, manufacturas de plásticos. Finalmente, se ha considerado el petróleo crudo como uno de los orígenes para la obtención de productos petroquímicos

CUADRO N° 1.9

CÓDIGO SUBPARTIDA NACIONAL DE PRODUCTOS PETROQUÍMICOS  
ORIGEN OLEFÍNICO, PLÁSTICOS TERMINADOS Y PETRÓLEO

N°	IMPORTACIÓN DE PRODUCTOS PETROQUÍMICOS FINALES	ABRV.	CÓDIGO SPN
1	POLIETILENO DE DENSIDAD INFERIOR A 0.94	PEBD	3901100000
2	POLIETILENO DE DENSIDAD SUPERIOR O IGUAL A 0.94	PEAD	3901200000
3	POLIPROPILENO	PP	3902100000
4	POLICLORURO DE VINILO POR POLIMERIZACIÓN EN SUSPENSIÓN	PVC-S	3904102000
<b>PLÁSTICOS TERMINADOS</b>			
5	BOLSAS DE PEBD		3923210000
6	LAMINAS Y PELÍCULAS DE POLIETILENO		3923210000
7	SACOS BIGBAG DE POLIPROPILENO		6305332000
8	VAJILLAS DE MESA O COCINA		3924109000
9	MUEBLES DE PLÁSTICO		9403700000
10	MANUFACTURAS DE PLÁSTICO		3926909090
<b>PETRÓLEO</b>			
11	PETRÓLEO CRUDO		2709000000

Fuente: SUNAT-Aduanas [11]

De acuerdo a los datos presentados en el cuadro N° 1.10 en los últimos años en el Perú hay un incremento importante y sostenido de importaciones de productos petroquímicos de origen olefínico destinados como materia prima a la industria nacional de plásticos.

Los derivados petroquímicos indicados en el cuadro 1.10, en el año 2002 representaron un peso 203,620.0 TM. En el año 2011, 10 años después esta cantidad se había más que duplicado alcanzando un peso total de 522,672.0 TM. lo que demuestra el dinamismo de esta industria.

CUADRO N° 1.10

CANTIDAD EN PESO (TM) PRODUCTOS PETROQUÍMICOS IMPORTADOS

IMPORTACIÓN DERIVADOS PETROQUÍMICOS DE ORIGEN OLEFÍNICO	2002 PESO milesTM	2003 PESO milesTM	2004 PESO milesTM	2005 PESO milesTM	2006 PESO milesTM	2007 PESO milesTM	2008 PESO milesTM	2009 PESO milesTM	2010 PESO milesTM	2011 PESO milesTM
POLIETILENO BAJA DENSIDAD	53.780	50.530	55.900	58.050	65.430	76.320	89.050	82.380	120.730	114.182
POLIETILENO ALTA DENSIDAD	49.790	48.350	57.530	56.420	63.430	76.650	90.140	78.370	101.520	119.340
POLICLORURO DE VINILO POR SUSPENSIÓN	52.160	49.880	54.840	64.810	79.630	87.110	117.540	105.100	133.820	134.820
POLIPROPILENO	47.890	47.500	65.410	65.940	74.850	107.560	125.360	110.570	133.310	154.330
<b>TOTAL MONTO IMPORTADO</b>	<b>203.620</b>	<b>196.260</b>	<b>233.680</b>	<b>245.220</b>	<b>283.340</b>	<b>347.640</b>	<b>422.090</b>	<b>376.420</b>	<b>489.380</b>	<b>522.672</b>

Fuente: SUNAT-Aduanas [11]

Complementariamente, en el cuadro N° 1.11 se distingue un incremento importante anual en valor CIF en millones de dólares americanos por año (MMUS\$/año) por la compra de productos petroquímicos al exterior. En el año 2002 el valor CIF fue MMUS\$ 128.4, en el año 2011, 10 años después esta cantidad se había multiplicado varias veces alcanzando un valor de MMUS\$ 801.8. Esta cantidad de dinero representan los egresos por parte de un grupo de empresas de plásticos, por importación de las materias primas para sus procesos.

CUADRO N° 1.11

CIF - MMUS\$ AMERICANOS PRODUCTOS PETROQUÍMICOS IMPORTADOS

IMPORTACIÓN DERIVADOS PETROQUÍMICOS DE ORIGEN OLEFÍNICO	2002 CIF MMUS\$	2003 CIF MMUS\$	2004 CIF MMUS\$	2005 CIF MMUS\$	2006 CIF MMUS\$	2007 CIF MMUS\$	2008 CIF MMUS\$	2009 CIF MMUS\$	2010 CIF MMUS\$	2011 CIF MMUS\$
POLIETILENO BAJA DENSIDAD	36.20	40.40	60.80	76.40	89.83	111.87	159.38	97.67	189.84	195.68
POLIETILENO ALTA DENSIDAD	31.10	34.90	57.60	69.60	87.40	109.12	152.83	87.81	142.40	185.53
POLICLORURO DE VINILO POR SUSPENSIÓN	31.50	33.60	51.50	68.40	78.00	91.76	142.07	83.73	133.40	149.92
POLIPROPILENO	29.60	35.10	63.80	81.40	100.50	149.00	219.07	121.72	199.47	270.66
<b>TOTAL IMPORTADO</b>	<b>128.40</b>	<b>144.00</b>	<b>233.70</b>	<b>295.80</b>	<b>355.73</b>	<b>461.75</b>	<b>673.35</b>	<b>390.93</b>	<b>665.11</b>	<b>801.79</b>

Fuente: SUNAT-Aduanas [11]

El cuadro N° 1.10 y el cuadro N° 1.11 confirman que la industria de plásticos en el Perú es un gran consumidor de derivados petroquímicos de origen olefínico, manteniendo una tendencia alcista.

En el cuadro N° 1.12 se presenta los precios FOB US\$/TM de los productos petroquímicos de origen olefínico y el petróleo crudo que se importan en el Perú.

Es importante resaltar la relación entre los precios de los productos petroquímicos finales con los precios del petróleo, los cuales están directamente relacionados. Es decir, si el valor del petróleo se incrementa el precio de las resinas aumentará proporcionalmente o viceversa.

CUADRO N° 1.12

PRECIO FOB US\$/TM IMPORTACIÓN PRODUCTOS PETROQUÍMICOS Y  
PETRÓLEO

IMPORTACIÓN DERIVADOS PETROQUÍMICOS OLEFINICOS	2002 FOB US\$/TM	2003 FOB US\$/TM	2004 FOB US\$/TM	2005 FOB US\$/TM	2006 FOB US\$/TM	2007 FOB US\$/TM	2008 FOB US\$/TM	2009 FOB US\$/TM	2010 FOB US\$/TM	2011 FOB US\$/TM
POLIETILENO BAJA DENSIDAD	605	732	1008	1214	1280	1382	1684	1094	1465	1612
POLIETILENO ALTA DENSIDAD	560	654	919	1110	1274	1337	1583	1044	1304	1466
POLICLORURO DE VINILO POR SUSPENSIÓN	552	636	883	979	942	1003	1112	734	899	1017
POLIPROPILENO	568	695	907	1123	1263	1320	1662	1042	1423	1677
CRUDO DE PETRÓLEO	168	194	244	341	400	468	653	421	536	747

Fuente: SUNAT-Aduanas [11] y Elaboración propia

Las empresas que utilizan productos petroquímicos finales para sus procesos de transformación, producen productos de mayor valor agregado tanto para el mercado nacional como el internacional o de exportación. El cuadro N° 1.13 presenta una lista de algunos de estos plásticos terminados que han sido exportados en valor FOB en millones de dólares americanos.

CUADRO N° 1.13

EXPORTACIÓN DE PLÁSTICOS TERMINADOS VALOR FOB MMUS\$

PLÁSTICOS TERMINADOS EXPORTADOS	2005 FOB MMUS\$	2006 FOB MMUS\$	2007 FOB MMUS\$	2008 FOB MMUS\$	2009 FOB MMUS\$	2010 FOB MMUS\$	2011 FOB MMUS\$
BOLSAS DE POLIETILENO	1.6	3.1	3.3	4.9	3.7	4.9	5.2
LAMINAS Y PELÍCULAS DE POLIETILENO	14.9	15.6	15.4	31.1	27.2	39.0	55.5
SACOS DE POLIPROPILENO	4.8	6.0	6.5	7.2	5.5	8.3	8.8
VAJILLAS DE MESA O COCINA	3.8	5.3	8.0	11.2	11.4	15.7	21.0
MUEBLES DE PLÁSTICO	3.5	3.5	4.1	5.6	3.5	5.1	8.1
MANUFACTURA DE PLÁSTICOS	8.7	2.7	2.8	2.6	3.3	3.2	4.7
<b>TOTAL MONTO EXPORTADO</b>	<b>37.3</b>	<b>36.2</b>	<b>40.1</b>	<b>62.6</b>	<b>54.6</b>	<b>76.2</b>	<b>103.3</b>

Fuente: SUNAT-Aduanas [11] y Elaboración propia

Puede verificarse que en términos generales hay un incremento importante de los montos en dinero exportados de plásticos terminados.

Del cuadro N° 1.13 y para el año 2005, las empresas de plásticos peruanas exportaron algunos plásticos terminados de origen olefinico por valor de MMUS\$ 37.3. En el año 2011 las ventas al mercado externo se incrementaron hasta alcanzar el MMUS\$ 103.3, manteniendo un crecimiento realmente importante. Las exportaciones tuvieron como principal destino los países de la Comunidad Andina.

El propano es una excelente materia prima para transformarlo a propileno mediante el proceso de deshidrogenación catalítica. El cuadro N° 1.14 muestra que el Perú es un exportador de propano, logrando en el año 2010 exportar más de 256,000 TM/año obteniendo ingresos FOB por valor de 158.1 MMUS\$.

CUADRO N° 1.14

EXPORTACIÓN DE PROPANO EN MILES TM/AÑO Y VALOR FOB MMUS\$

MATERIA PRIMA EXPORTADA	2005 FOB MMUS\$	2006 FOB MMUS\$	2007 FOB MMUS\$	2008 FOB MMUS\$	2009 FOB MMUS\$	2010 FOB MMUS\$	2011 FOB MMUS\$
<b>PROPANO</b>	61.4	22.5	0.1	7.3	98.2	158.1	137.9
SPN 2711120000	2005 miles TM	2006 miles TM	2007 miles TM	2008 miles TM	2009 miles TM	2010 miles TM	2011 miles TM
<b>PROPANO</b>	135.6	41.7	0.1	20.8	204.1	256.1	156.3

Fuente: SUNAT-Aduanas [11] y Elaboración propia

El cuadro N° 1.15 presenta la tasa de crecimiento porcentual anual en el periodo 2002 al 2011 para el polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad, PVC en suspensión y el polipropileno, comparado con el Producto Bruto Interno (PBI) anual del Perú. De los datos presentados en el cuadro puede verificarse que hay una relación directa entre el crecimiento del PBI y el crecimiento o demanda de los productos petroquímicos. Es decir, si el valor del PBI se incrementa el consumo de las resinas aumentará y viceversa.

CUADRO N° 1.15

TASA DE CRECIMIENTO % ANUAL PERIODO 2002-2011 VS. PBI PERÚ

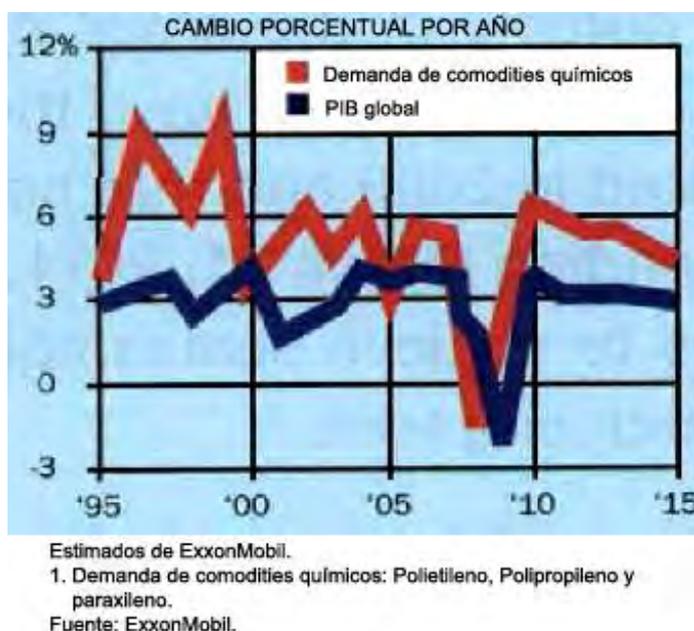
AÑO	Polietileno baja densidad		Polietileno alta densidad		PVC-Suspensión		Polipropileno		PERU PIB %
	PESO miles TM	TASA Crecimiento %	PESO miles TM	TASA Crecimiento %	PESO miles TM	TASA Crecimiento %	PESO miles TM	TASA Crecimiento %	
2002	53.78	15.2	49.79	21.6	52.16	15.3	47.89	30.8	5
2003	50.53	-6.0	48.35	-2.9	49.88	-4.4	47.5	-0.8	4
2004	55.9	10.6	57.53	19.0	54.84	9.9	65.41	37.7	5.1
2005	58.05	3.8	56.42	-1.9	64.81	18.2	65.94	0.8	6.7
2006	65.43	12.7	63.43	12.4	79.63	22.9	74.85	13.5	7.6
2007	76.32	16.6	76.65	20.8	87.11	9.4	107.56	43.7	8.7
2008	89.05	16.7	90.14	17.6	117.54	34.9	125.36	16.5	9.7
2009	82.38	-7.5	78.37	-13.1	105.1	-10.6	110.57	-11.8	0.9
2010	120.73	46.6	101.52	29.5	133.82	27.3	133.31	20.6	8.8
2011	114.182	-5.4	119.34	17.6	134.82	0.7	154.33	15.8	7.8
<b>TASA CRECIMIENTO PROMEDIO %</b>		<b>10.3</b>		<b>12.1</b>		<b>12.4</b>		<b>16.7</b>	<b>6</b>

Fuente: SUNAT-Aduanas [11] y Elaboración propia

Es importante resaltar que en el periodo 2002 al 2011 (10 años) la tasa de crecimiento promedio del PBI fue del 6%, mientras que el de los productos petroquímicos importados de origen olefínico en promedio para ese mismo periodo de tiempo fue del orden del 12%.

En términos generales se considera que la tasa de crecimiento mundial de los productos petroquímicos está por encima del PIB mundial. Como referencia se tiene que la demanda global de polietileno, polipropileno y p-xileno (producción de PET) creció cerca del 5% por año, mientras que el PIB (GDP) global en el orden del 3%. Se pronostica un similar crecimiento en los siguientes años, según se muestra en la figura N° 1.5.

FIGURA N° 1.5  
 DEMANDA DE COMODITIES (POLIETILENOS, POLIPROPILENO, P-XILENO) VS PIB MUNDIAL



Los datos del cuadro N° 1.15 confirman esta tendencia, al mostrar que en un periodo de 10 años el crecimiento en promedio de la demanda de estos productos petroquímicos en el Perú fue el doble de su PBI.

Considerando los próximos 15 años correspondientes al periodo 2012 al 2027, se efectuara para el Perú una proyección conservadora de demanda de los productos

petroquímicos anteriormente mencionados. Se indica que es conservadora porque el crecimiento de los productos petroquímicos como se ha mencionado anteriormente esta por encima del PBI y en la proyección de esta demanda se considera un crecimiento en promedio del PBI de Perú del 6%. Se toma como referencia las importaciones al año 2011 indicados en el cuadro N° 1.10 y los años a proyectar son el 2017 (posible inicio de las operaciones de la planta petroquímica en el Perú) y el año 2027 (correspondiente al 10° año de producción de la planta petroquímica).

CUADRO N° 1.16  
PROYECCIÓN DE DEMANDA AÑOS 2017 Y 2027 DE POLÍMEROS DE  
ORIGEN OLEFÍNICO EN EL PERÚ

POLÍMEROS DE ORIGEN OLEFÍNICO	AÑO 2017 miles TM	AÑO 2027 miles TM
	INICIO PRODUCCIÓN DE PLÁNTA PETROQUÍMICA PERU	AÑO 10 DE PRODUCCIÓN DE PLANTA PETROQUÍMICA PERÚ
POLIETILENO < 0.94	161.969	290.062
POLIETILENO ≥ 0.94	169.286	303.165
PVC-SUSPENSIÓN	191.245	342.49
POLIPROPILENO	218.92	392.052
<b>TOTAL (miles TM)</b>	<b>741.42</b>	<b>1327.769</b>

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la proyección de demanda indican la importación de cantidades cada vez más importantes de este tipo de poliolefinas en el Perú.

### 1.3.7 Política arancelaria para los productos petroquímicos olefinicos en Perú

Un arancel es el impuesto o gravamen que se aplica principalmente a los bienes importados. El impuestos pueden ser un "ad valorem" (al valor) entendido como un porcentaje del valor de los bienes, o "específicos" como una cantidad determinada por unidad de peso o volumen.

En el párrafo anterior se menciona que los aranceles sólo se aplican a los bienes importados, lo cual no ocurre en el caso del Impuestos General a las Ventas (IGV) ni

del Impuesto Selectivo al Consumo (ISC) que se aplican indistintamente a bienes nacionales o importados. Por lo tanto, el nivel de un arancel puede tener un sesgo “protector”, lo que depende de la magnitud de dicho arancel, pues su aplicación eleva los precios de los productos importados respecto de los bienes sustitutos producidos en el país. Además del sesgo “protector” hacia la producción nacional, el arancel también suele tener objetivos recaudatorios del Tesoro o de estimulación del empleo.

Desde un punto de vista de eficiencia económica, la reducción de aranceles promueve mejoras en la competencia internacional de los productos producidos en el país y en la productividad de las empresas, así como, permite una mayor satisfacción del consumidor. Por el contrario, elevar aranceles, separa a las economías de la competencia internacional, beneficiando sólo a algunos sectores y grupos en términos de ingresos y empleo, a costa de la eficiencia en la asignación de recursos productivos.

Por este motivo, un diseño útil de política, y en particular para un país sin poder de influencia sobre los precios internacionales (economía pequeña) es la de reducir aranceles y con ello el efecto de distorsión en la eficiencia de asignación de recursos, pues dicha asignación se dará más por criterios de mercado que por la creación de ventajas artificiales.

En el caso del Perú, se ha seguido el enfoque descrito en el párrafo anterior, es decir, tener pocos niveles arancelarios y reducirlos gradualmente, en muchos casos hasta nivel cero.

A continuación se presenta el cuadro resumen N° 1.17 con los dispositivos legales más importantes dados en el Perú para reducir gradualmente los aranceles.

Las consecuencias de la aplicación de los dispositivos legales indicados en el cuadro N° 1.17, han sido las rebajas arancelarias de muchas sub-partidas nacionales hasta 0% ad valorem. En el caso de la importación de productos petroquímicos de origen olefínico estas se han reducido hasta nivel cero (0) tal como se presenta en el cuadro N° 1.18.

CUADRO N° 1.17

RESUMEN DE DISPOSITIVOS LEGALES HASTA AD VALOREM 0%

N°	DISPOSITIVO LEGAL	PROPÓSITO
1	D.S. N° 047-2002-EF	Modifica la tasa de los derechos arancelarios de 1560 sub-partidas nacionales, rebajándolas del 12% y 20% al <b>7% ad valorem CIF.</b>
2	D.S. N° 135-2002-EF D.S. N° 144-2002-EF	Modifica la tasa de los derechos arancelarios de 178 sub-partidas nacionales correspondiente a maquinarias y equipos nuevos, rebajándola a <b>4% ad valorem CIF.</b>
3	D.S. N° 192-2005-EF	Modifica la tasa de derechos arancelarios de 25 sub-partidas nacionales correspondiente a hidrocarburos, <b>rebajándola a 0% ad valorem CIF</b>
4	D.S. N° 211-2006-EF	Modifica la tasa de los derechos arancelarios de 2894 sub-partidas nacionales, correspondientes insumos, bienes de capital, y partes y piezas industriales, <b>rebajándola a 0% ad valorem CIF.</b>

Fuente: SUNAT-Aduanas [11] + Elaboración propia

CUADRO N° 1.18

AD VALOREM PARA PRODUCTOS PETROQUÍMICOS DE ORIGEN  
OLEFÍNICO IMPORTADOS EN EL PERÚ

N°	PARTIDA ARANCELARIA	PETROQUÍMICO OLEFÍNICO	AD VALOREM
1	3901100000	Polietileno de densidad inferior a 0.94	0 %
2	3901200000	Polietileno de densidad superior o igual a 0.94	0 %
3	3902100000	Polipropileno	0 %
4	3904102000	PVC obtenido por suspensión	0 %

Fuente: SUNAT-Aduanas [11] + Elaboración propia

El cuadro N° 1.19 muestra los productos petroquímicos de origen olefinico (polietilenos, polipropileno y PVC) importados en el periodo 2011, relacionando el país de origen de importación y el porcentaje (%) según el producto.

CUADRO N° 1.19  
 PRODUCTOS PETROQUÍMICOS DE ORIGEN OLEFÍNICO  
 IMPORTACIONES PERÚ 2011 – PAÍSES DE ORIGEN EN %

	PE < 0.94		PE ≥ 0.94		PP		PVC Suspensión	
	PAÍS	%	PAÍS	%	PAÍS	%	PAÍS	%
1	USA	39	USA	52	USA	22	USA	87
2	Qatar	12	Corea	15	Colombia	19	México	10
3	Brasil	10	Brasil	10	Brasil	19	Colombia	1
4	Corea	6	Tailandia	7	Corea	11	Corea	1
5	Tailandia	6	Taiwan	5	Chile	9	China	1
6	A. Saudita	5	A. Saudita	4	A. Saudita	9	-	
7	México	4	China	1	India	5	-	
8	España	3	Bélgica	1	Taiwan	3	-	
9	EUA	3	India	1	Tailandia	1	-	
10	Argentina	2	Malasia	1	España	1	-	
11	Otros	10	Otros	3	Otros	1	-	
	Total	100 %	Total	100 %	Total	100 %	Total	100 %

Fuente: SUNAT-Aduanas [11] + Elaboración propia

Los cuadros N° 1.18 y N° 1.19 indican que los productos petroquímicos de origen olefínico que se importan al Perú provienen de varios países, y estos productos ingresan con un ad valorem cero (0). Según el cuadro N° 1.19 los países más importantes en el Continente Americano son: Estados Unidos, Colombia, México, Chile, Brasil; en el Medio Oriente: Qatar, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos (EUA); de Asia: Corea, China, Taiwan, Tailandia.

Esta información es importante porque la industria petroquímica que se instale en el Perú deberá ser lo suficientemente competitiva para competir en precio y calidad con los productos petroquímicos que actualmente se importan en el país y que provienen de otras partes del mundo, según lo mostrado en el cuadro N° 1.19.

**1.3.8 Relación entre la importación de derivados petroquímicos de origen olefínico y la disponibilidad de gas natural en el Perú.** El objetivo de este apartado es determinar por medio de un balance de materia bastante general el requerimiento de gas natural en TCF para abastecer un Complejo Petroquímico en Perú. Para este propósito se considera lo siguiente: condiciones estándares de presión y temperatura, un factor de producción de 335 días/año, la composición promedio del gas natural del cuadro N° 1.14, la proyección de demanda del cuadro N° 1.16 en el 10° año de producción y los factores de rendimiento indicados en el cuadro N° 1.21.

CUADRO N° 1.20

CAPACIDAD DE PLANTA EN TM/AÑO EN BASE A LA PROYECCIÓN DE DEMANDA DEL AÑO 2027 (10° AÑO DE PRODUCCIÓN)

POLÍMERO DE ORIGEN OLEFÍNICO	AÑO 2027 miles TM	CAPACIDAD DE PLANTA TM/AÑO
	AÑO 10 DE PRODUCCIÓN DE PLANTA PQ EN PERÚ (Ver cuadro N° 1.1.6)	
POLIETILENO < 0.94	290.062	300,000.0
POLIETILENO ≥ 0.94	303.165	310,000.0
PVC-SUSPENSIÓN	342.49	350,000.0
POLIPROPILENO	392.052	400,000.0

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presenta los rendimientos de los procesos petroquímicos involucrados.

CUADRO N° 1.21

FACTORES DE RENDIMIENTO DE PROCESOS PETROQUÍMICOS

TOTAL ETANO TM	NOMBRE PROCESO	TOTAL ETILENO TM	REQUERIMIENTO ETILENO GRADO POLÍMERO TM	NOMBRE PROCESO	PRODUCCIÓN 1 TM
3.225	Steam Cracking	2.58	1.05	Polimerización	PEBD
			1.05	Polimerización	PEAD
			0.48	Polimerización	PVC
TOTAL PROPANO TM	NOMBRE PROCESO	TOTAL PROPILENO	REQUERIMIENTO PROPILENO GRADO POLÍMERO TM	NOMBRE PROCESO	PRODUCCIÓN 1 TM
1.236	Deshidrogenación catalítica	1.03	1.03	Polimerización	PP

Fuente: [12]+Elaboración propia

Los factores de rendimiento indicados en el cuadro N° 1.21 corresponden a valores promedio después de analizar varios licenciantes de tecnología. Sin embargo, cada licenciante de tecnología tiene un valor específico como rendimiento de su proceso.

Los procesos petroquímicos [12] considerados son: la polimerización de etileno a polietilenos y PVC, la polimerización del propileno a polipropileno, el steam cracking para transformar el etano en etileno, la deshidrogenación catalítica (proceso OLEFLEX de UOP) para transformar el propano en propileno.

El cuadro N° 1.22 presenta la capacidad de planta en TM/año tomando como referencia lo desarrollado en el cuadro N° 1.20. En aplicación a los factores de rendimiento se obtienen las cantidades de etileno, propileno, así como, del etano y propano. Para cubrir las capacidades de planta, en total se requiere procesar aproximadamente 1 millón de TM/año de etano y 0.51 millones de TM/año de propano, esto implica procesar aproximadamente un mínimo de 1000 millones de pies cúbicos por día (1000 MMPCD), que en 10 años de producción del complejo petroquímico significa procesar aproximadamente 3.35 TCF.

CUADRO N° 1.22

TAMAÑOS DE PLANTA Y REQUERIMIENTO DE MATERIA PRIMA

PRODUCTO	TAMAÑO PLANTA TM/AÑO	Requerimiento ETILENO TM/AÑO	TOTAL ETILENO TM/AÑO	TOTAL ETANO TM/AÑO	VOLUMEN MMPCD	10 AÑOS PRODUCCIÓN TCF
PEBD	300000	315000	798000	1'000,000	1000	3.35
PEAD	310000	315000				
PVC	350000	168000				
PRODUCTO	TAMAÑO PLANTA TM/AÑO	Requerimiento PROPILENO TM/AÑO	TOTAL PROPILENO TM/AÑO	TOTAL PROPANO TM/AÑO		
PP	400000	412000	412000	510,000		

Fuente: Elaboración propia

El requerimiento de materia prima para mantener una producción de 10 años en un Complejo Petroquímico de las características indicadas en el cuadro N° 1.22 es de 3.53 TCF, si este valor se compara con la disponibilidad de reservas del lote 56 y lote 88 que con una mejor estimación es de 16 TCF sumadas a las reservas declaradas de los lotes 57 y lote 58, se puede establecer como aproximación inicial, que hay suficiente disponibilidad de gas natural para desarrollar el Complejo Petroquímico en el Perú.

**1.3.9 La petroquímica, la competitividad e innovación**, es importante resaltar que el Perú ha tenido una experiencia de desarrollo petroquímico que por diversas razones no tuvo éxito, en el apartado 5.3 se explicará esta experiencia.

Este antecedente también justifica investigar sobre los factores de competitividad que hacen exitosa a una industria petroquímica. La identificación de estos factores permitirá comparar lo actualmente avanzado en petroquímica en Perú.

Los cuadros N° 1.10 y 1.15 demuestran que las empresas de plásticos en el Perú son muy dinámicas y presentan un crecimiento permanente. Esta situación hace necesaria la elaboración de un indicador para medir la capacidad de innovación de las empresas de plásticos que ayuden a identificar que actividades o factores alientan u obstaculizan la innovación en este sector industrial.

Algunos de los ítems anteriormente desarrollados tales como:

- El gas natural de los lotes 88 y 56 con reservas probadas y probables de aproximadamente 16 TCF; las declaraciones de reservas comerciales en los lotes adyacentes como el 57 y 58 (este grupo de lotes se ha denominado el Gran Camisea); indican una disponibilidad de cantidades apreciables de gas natural. Si esto se compara con los resultados del cuadro N° 1.22 se verifica que habría cantidad suficiente para desarrollar una industria petroquímica.
- Una creciente importación de derivados petroquímicos de origen olefínico (polietilenos, polipropileno y PVC) por parte del sector industrial de plásticos, que se manifiesta en cuantiosos egresos en valor CIF, que cuantificados al año 2011 representaron 801.8 MMUS\$.
- La política arancelaria que se ha implementado en el Perú, mediante el cual los productos petroquímicos de origen olefínico que actualmente se importan en el país tienen un ad valorem de cero (0). Esto significa que la industria petroquímica que se instale en el país deberá ser lo suficientemente competitiva

para competir en calidad y precios con los petroquímicos importados de otras partes del mundo.

- El desarrollo actual de una capacidad productiva de las empresas de plásticos del Perú que les permite abastecer el mercado interno e inclusive exportar productos de mayor valor agregado, que en el caso de la exportación de productos terminados de origen olefínico representó en el año 2011 la cantidad de 103.3 MMUS\$, según cuadro N° 1.13.
- La promulgación de Leyes y Reglamentos por parte del Estado Peruano para promocionar el desarrollo de la industria petroquímica en el sur del Perú.

Todo lo anteriormente mencionado hace conveniente estudiar sobre que aportes pueden realizarse para conformar una cadena petroquímica del plástico en el Perú. Esta cadena tendría como primer eslabón a las empresas que suministran y transportan la materia prima, un eslabón intermedio con las empresas que desarrollarían la industria petroquímica y un eslabón final en la industria transformadora de plásticos para obtener productos de mayor valor agregado.

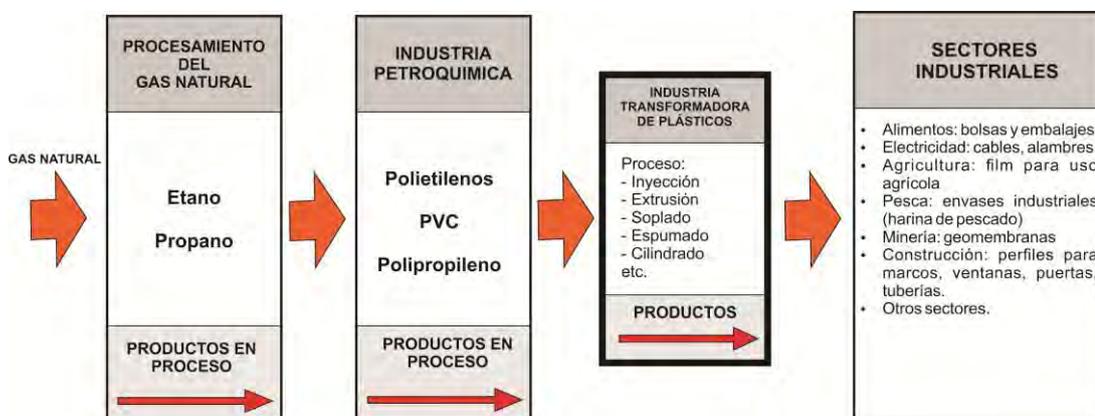
El propósito es industrializar el gas natural, ahorrar dinero por la sustitución de importaciones de productos petroquímicos, abastecer el mercado interno e internacional con productos de mayor valor agregado, y la generación de puestos de trabajos en el país.

## 1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.4.1 Objetivo general

Incrementar el valor agregado de los hidrocarburos con origen en el etano y propano procedentes del área denominada el Gran Camisea mediante la identificación de factores que ayuden a integrar la cadena petroquímica del plástico en el Perú.

FIGURA N° 1.6  
POSIBLE CADENA PETROQUÍMICA DE PLÁSTICOS EN EL PERÚ,  
CON ORIGEN EN EL GAS NATURAL



Fuente: Elaboración propia

### 1.4.2 Objetivos específicos

La integración de la cadena petroquímica del plástico está relacionada principalmente con la competitividad de la industria petroquímica y la capacidad de innovación de las empresas de plásticos.

Por estos motivos se tienen los siguientes objetivos específicos:

**1.4.2.1** Identificar los factores que actualmente hacen competitiva la industria petroquímica y en especial las que tienen origen en el etano y propano, dado que esta es determinante en la integración de la cadena petroquímica del plástico. Seguidamente, comparar estos factores con lo establecido en la Ley y Reglamentación Nacional para promocionar el desarrollo de la industria petroquímica en el Perú, y finalmente considerar estos factores de competitividad como referencia en el proceso de implementación de la petroquímica en el país.

**1.4.2.2** Medir la capacidad de innovación de las empresas de plásticos en el Perú mediante la elaboración de un indicador para determinar si las empresas de este sector industrial son innovadoras en sus procesos de transformación y productos obtenidos. Este indicador permitirá comparar la capacidad de innovación entre las empresas de plástico e identificar que actividades o factores alientan u obstaculizan el proceso de innovación en este sector industrial.

### **1.4.3 Limitaciones de la presente investigación**

El presente trabajo no abordará los siguientes aspectos:

- Además de la competitividad de la industria petroquímica y la capacidad de innovación de las empresas de plásticos, existen otros factores que ayudan a integrar la cadena petroquímica del plástico, los cuales no serán abordados debido a que harían muy extensa la presente investigación. Algunos de ellos son la competitividad de la industria de plásticos y la forma como se relacionan con otros sectores industriales a quienes suministran sus productos.
- La competitividad e innovación para el proceso de separación y transporte de la materia prima etano y propano.
- La viabilidad del proyecto petroquímico respecto al estudio de mercado, viabilidad técnica, elección de procesos, viabilidad económica, financiamiento y medio ambiente.
- La competitividad e innovación de la petroquímica con origen en el metano, aunque muchos de los conceptos desarrollados en el presente trabajo pueden ser aplicados a esta cadena petroquímica.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se desarrollan los antecedentes de la investigación y el marco conceptual.

#### **2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

En este apartado se identificarán investigaciones y antecedentes en general para determinar actualmente que factores se viene considerando para hacer competitiva la industria petroquímica, y como se mide la innovación y su aplicación en la industria de plásticos.

Los temas a desarrollar son los siguientes:

- **2.1** Factores de competitividad en la industria petroquímica
- **2.2** Competitividad en la industria de plásticos
- **2.3** Medición de la innovación en las empresas

#### **2.1 FACTORES DE COMPETITIVIDAD EN PETROQUÍMICA**

Al respecto, Luburic [13] menciona 13 factores a considerar para la competitividad en plantas petroquímicas nuevas o en operación. En el cuadro N° 3.1 se presenta un resumen de las mismas.

Los siguientes factores de competitividad son considerados de importancia para la industria petroquímica, los cuales serán explicados:

- 2.1.1** Materias primas,
- 2.1.2** Grandes plantas y economía de escala,
- 2.1.3** Localización,
- 2.1.4** Logística,
- 2.1.5** Tecnología e innovación,
- 2.1.6** Estado-Gobierno,
- 2.1.7** Los modelos de integración petroquímica

**CUADRO N° 2.1**  
**FACTORES DE COMPETITIVIDAD EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA**

<b>N°</b>	<b>FACTORES DE COMPETITIVIDAD</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
1	<b>GOBIERNO</b>	El gobierno debe desarrollar acciones que influyeren en las decisiones de inversión de las firmas petroquímicas, debido a la contribución que esta industria tiene en la economía local. Nuevas relaciones gobierno e industria deben de formarse, con el propósito de asegurar que el país se constituye en un lugar atractivo y competitivo para el desarrollo de la industria petroquímica.
2	<b>CLUSTERS</b>	El agrupamiento en un lugar geográfico definido de distintas empresas petroquímicas, de instituciones de investigación y capacitación, Organismos que prestan capital de riesgo, otros elementos claves esenciales que faciliten los enlaces y asociaciones para mantener la competitividad de la industria.
3	<b>COSTOS Y CURVA DE OFERTA</b>	La evaluación de los costos de producción y la curva de oferta son elementos que permiten realizar decisiones importantes y estratégicas sobre la rentabilidad del negocio. Los costos están asociados con implementar plantas de gran capacidad. La oferta con el flujo comercial y el comportamiento de los precios de mercado.
4	<b>CAPACIDAD</b>	La planificación de una nueva planta petroquímica implica elegir la materia prima, la capacidad de planta, la gama de productos a producir, el nivel de integración y la tecnología a ser usada. Una planta de gran capacidad ofrece la oportunidad de minimizar los costos fijos. La elección de los productos a producirse es vital para la rentabilidad global del proyecto.
5	<b>INTEGRACIÓN</b>	La manera como se integran la materia prima-producto ofrece la oportunidad de: optimizar las inversiones, mejorar la capacidad de operación, la seguridad, óptima utilización de la energía y otras ventajas económicas. La integración reduce los costos en servicios y energía que representan entre el 15% al 20% de los costos variables en el complejo petroquímico.
6	<b>ACOPLAMIENTO AL MERCADO</b>	El mercado petroquímico se caracteriza por la ciclicidad en los márgenes de ganancia. Es importante predecir en el ciclo de mercado las tendencias de demanda y oferta global, para iniciar las operaciones cuando empieza la tendencia de crecimiento en el mercado, logrando así los mejores beneficios.
7	<b>FORTALEZA FINANCIERA</b>	Los proyectos petroquímicos son intensivos en capital y requieren grandes capitales para su implementación. El financiamiento es crucial y tiene un rol determinante en la rentabilidad del proyecto.
8	<b>SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA</b>	Emplear la última y mejor tecnología. Esto mejora la eficiencia de costos y los productos producidos cumplen con las expectativas del consumidor.
9	<b>ALTO RATE DE PRODUCCIÓN</b>	Es esencial que el funcionamiento de la planta petroquímica sea de un alto nivel de uso (alto % de la capacidad instalada). Dependerá de la habilidad para colocar en los mercados los productos y mantener un nivel de producción alto.
10	<b>MATERIA PRIMA</b>	Uso de materia prima a bajo costo para obtener productos petroquímicos básicos, lo que permitirá ventaja de costos en los mercados internacional y local.
11	<b>COSTO UNITARIOS</b>	Protegerse de la ciclicidad en los precios de la materia prima mediante contratos de largo plazo. Dado que esta ciclicidad afecta el costo unitario del producto
12	<b>CATALIZADORES Y QUÍMICOS</b>	Constituye el segundo costo más importante, por lo que es necesario su adecuada administración y minimización. Estos productos son producidos por un grupo pequeño de empresas en el mercado mundial. En el caso del catalizador es vendido principalmente por el licenciente de la tecnología.
13	<b>ENERGÍA Y COMBUSTIBLE</b>	Contabiliza entre el 7% a 10% del precio de venta. Debe buscarse suministros fiables para mantener o reducir este tipo de costos.

Fuente (13)

### 2.1.1 MATERIAS PRIMAS

Se analizarán los siguientes aspectos: la disponibilidad de las materias primas, los precios, el efecto shale gas en los precios de la materia prima, la relación precios de materias primas y sus derivados, y el aseguramiento y los contratos de largo plazo de las materias primas.

### **2.1.1.1 Disponibilidad de las materias primas**

La inmensa mayoría de las plantas químicas en el mundo utilizan como materia prima cortes de hidrocarburos gaseosos o líquidos, contenidos en el petróleo o gas natural.

Una estrategia típica de la industria del petróleo es la integración vertical. Esta estrategia esta en el origen de su desarrollo cuando el primer gran magnate de la industria petrolera J. D. Rockefeller a través de su empresa Standard Oil Company, era dueña de pozos petroleros, del transporte del petróleo por una red de oleoductos, y la refinación y distribución de productos petrolíferos. Hacia 1880 la Standard Oil había logrado controlar el 90% de la producción de petróleo refinado en los Estados Unidos.

La petroquímica también aplica la estrategia de la integración vertical, la cual se reforzó a partir de los años 1970 principalmente a causa del aumento del precio de los hidrocarburos.

Por este motivo, algunas firmas petroquímicas buscaron integrarse hacia atrás para asegurarse el abastecimiento de materias primas. Es el caso de la empresa petrolera ExxonMobil (la empresa más grande del mundo 2011) que hace de la petroquímica parte de su negocio, y tiene una integración del tipo upstream porque esta altamente integrada con los crackers (para la producción de olefinas y aromáticos) y las refinerías de petróleo, debido a su ventaja derivada de la disponibilidad de petróleo y gas natural.

Otras firmas petroquímicas profundizaron su avance hacia la diversificación en la producción de productos petroquímicos y los segmentos de química fina y especialidades. Es el caso de la empresa alemana BASF (empresa petroquímica con los mayores ingresos en el 2010), la cual tiene una estrategia de integración del tipo downstream produciendo una amplia variedad de productos petroquímicos, comercializándolos en todo el mundo.

Estos movimientos se dieron debido a que la disponibilidad y el precio de la materia prima se habían convertido en un factor clave para la competencia en el sector.

Pacheco [14] menciona que la volatilidad de los precios del petróleo y las previsiones de insuficiencia de las materias primas parece imprimir cambios profundos en el escenario global e indican una nueva racionalidad en la que el dinamismo futuro de la industria estará atravesado por el acceso a los mercados y el control de las materias primas. Hay evidencias recurrentes de que los movimientos de integración y desintegración vertical han sido ampliamente motivados por la disponibilidad o por las restricciones de acceso a las materias primas por parte de los productores.

A continuación se presenta el cuadro N° 3.2 que refuerza la afirmación anterior,

**CUADRO N° 2.2**  
**CAPACIDAD MUNDIAL PETROQUÍMICA INSTALADA**

	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>
<b>América del Norte</b>	38%	34%	30%	25%
<b>Europa</b>	42%	37%	27%	26%
<b>América Latina</b>	2%	4%	4%	5%
<b>Medio Oriente / Africa</b>	2%	4%	6%	10%
<b>Asia</b>	16%	21%	32%	34%
<b>Capacidad mundial (millones TM/a)</b>	<b>450</b>	<b>650</b>	<b>1050</b>	<b>1500</b>

Fuente (15)

Los datos del cuadro N° 2.2 indican lo siguiente:

- La capacidad mundial petroquímica crece a un ritmo promedio del 4% a 5% anual.
- Hay un decrecimiento de la capacidad instalada en América del Norte y Europa, esto indicaría que hay un movimiento de desintegración vertical debido a la falta de materia prima. Sin embargo, en el caso de los Estados Unidos esto podría cambiar debido a la revolución del shale gas que será tratado en el apartado 2.1.1.3.
- Las instalaciones de las nuevas plantas se están desplazando hacia el Medio Oriente y Asia. El Medio Oriente es la región con mayores reservas probadas de petróleo y gas natural y por lo tanto de mayor disponibilidad de esta materia prima, y al Asia donde está la mayor población y demanda de productos petroquímicos. Esto indicaría que los movimientos de integración vertical se están desplazando a las áreas del mundo de mayor disponibilidad de materia prima o demanda de productos petroquímicos.

### 2.1.1.2 Precios de la materia prima

La materia prima es el componente más importante del costo total de producción, puede contabilizar [15] más del 50% de este costo. Debido a que el precio de la materia prima es altamente dependiente del precio del petróleo o del gas natural, este puede afectar seriamente los márgenes de ganancia.

#### 2.1.1.2-A El gas natural o gas natural seco

El cuadro N° 3.3 muestra que en Arabia Saudita, Trinidad y Tobago, el Medio Oriente (Egipto, Irán, Kuwait, Qatar, UEA, Oman, no incluye Arabia Saudita) y el Norte de África (Argelia, Libia) corresponden a los países o las regiones del mundo con bajos precio del gas natural. Mientras que en Europa Occidental están los precios más altos.

A continuación se indican los precios del gas natural seco en distintas partes del mundo.

CUADRO N° 2.3 PRECIOS DEL GAS NATURAL EN DISTINTOS PAÍSES O REGIONES DEL MUNDO

	PAISES / REGIONES	PRECIO US\$/MMBTU
1	Arabia Saudita	0.75
2	Trinidad y Tobago	1
3	Medio Oriente	0.7 – 1.2
4	Norte de África	1 - 2
5	Venezuela	1.5
6	Rusia	2 - 3
7	Norte América	3 - 4
8	China	3.5 - 4
9	India	4
10	México	5
11	Brasil	6
12	Europa Occidental	10

Fuente (16)

#### 2.1.1.2.-B Nafta petroquímica y etano para obtener etileno

La nafta petroquímica con origen en el petróleo y el etano con origen en el gas natural representan las materias primas más utilizadas en la Petroquímica. En el año 2010, casi el 54% de las plantas que producen etileno utilizaban nafta petroquímica y un 28% restante de plantas dependían del etano. El cuadro N° 2.4 presenta la distribución de materias primas para la producción de etileno:

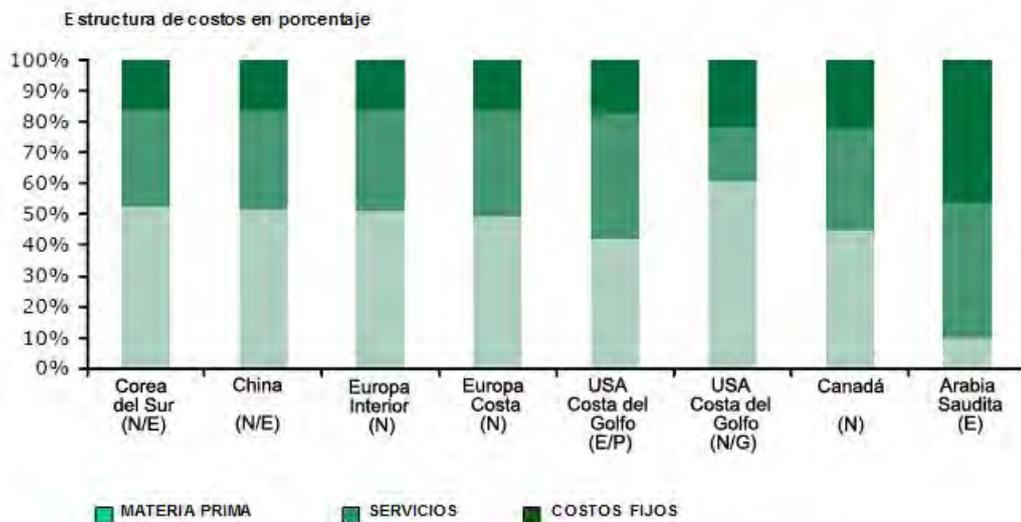
CUADRO N° 2.4  
MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LAS PLANTAS DE STEAM  
CRACKING EN LA PRODUCCIÓN DE ETILENO

MATERIA PRIMA	PORCENTAJE
Nafta Petroquímica	54%
Etano	28%
Propano	9 %
Otros (butano, gasoil, otros)	9 %
TOTAL	100%

Fuente: (17)

El cash cost representa al costo variable (materia prima+químicos+servicios) más el costo fijo (mano de obra+mantenimiento+servicios generales). La figura N° 2.1 muestra el cash cost desglosado que incluye por separado a la materia prima, los servicios y los costos fijos para la producción de etileno a partir de materias primas tales como la nafta, el etano y el etano/propano.

FIGURA N° 2.1  
CASH COST PORCENTUAL EN LA PRODUCCIÓN DE ETILENO  
(N: Nafta, E: Etano, P: Propano)



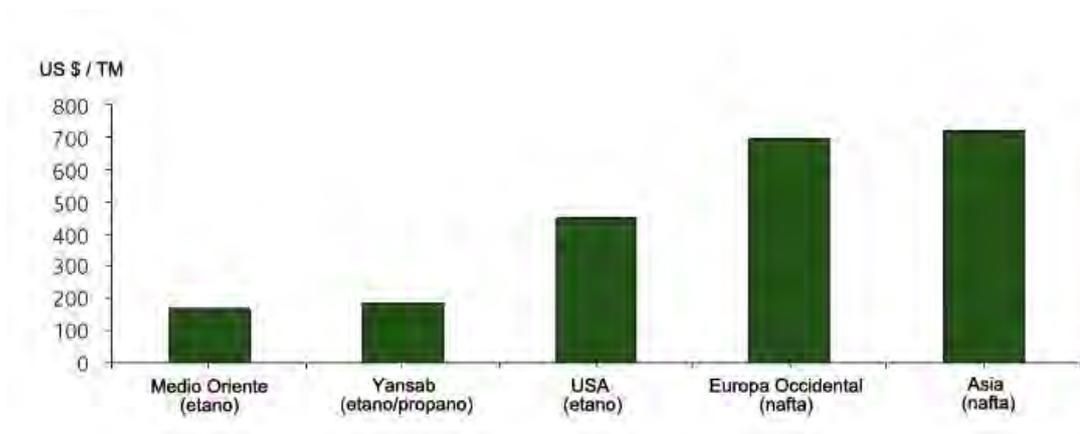
Fuente: (18)

Los aspectos relevantes de la figura N° 2.1 son los siguientes:

- La suma de los costos de la materia prima más los servicios representan la mayor proporción del cash cost en la producción del etileno.
- Corea del Sur, China y Europa Occidental procesan principalmente la nafta petroquímica como materia prima en la producción de etileno, cuyo costo representa más del 50% del cash cost.
- Las plantas de steam cracking ubicadas en la costa del golfo que procesan Etano/Propano, los costos de esta materia prima están en el orden del 40% del cash cost
- En caso específico de Arabia Saudita que utiliza como materia prima el etano, este costo representa menos del 10% del cash cost.

A continuación se presentan para el año 2009 el cash cost del etileno en las principales regiones del mundo donde se produce este producto.

FIGURA N° 2.2  
CASH COST DEL ETILENO EN DIFERENTES REGIONES DEL MUNDO



Fuente (19)

Puede apreciarse que el cash cost del etileno que utiliza como materia prima nafta petroquímica y que corresponde a producciones de Europa Occidental y Asia es mayor que el cash cost de las regiones o países que utilizan como materia prima el etano. La región del Medio Oriente que utiliza al etano en la producción de etileno tiene el menor cash cost.

El cuadro N° 2.5 relaciona el cash cost del etileno con el precio de la materia prima, en este caso, el costo de la nafta petroquímica es mayor que la del etano. Así mismo, resalta otra vez la importancia del costo de la materia prima en el costo de producción, siendo Arabia Saudita el país con menor cash cost debido al bajo costo del etano que está en el orden de 0.75 US\$/MMBTU o 37 US\$/TM.

CUADRO N° 2.5 - CASH COST DEL ETANO Y PRECIOS DE MATERIAS PRIMAS EN EL MUNDO

ITEMS	UNIDADES	PAÍSES Y REGIONES DEL MUNDO			
		ARABIA SAUDITA	ESTADOS UNIDOS	EUROPA OCCIDENTAL	ASIA
<b>Cash Cost</b>	US\$/TM	190	420	650	700
<b>Mat. prima:</b>	US\$/MMbtu	0.75	4	-	-
<b>Etano</b>	US\$/TM	37	197.3	-	-
<b>Mat.prima:</b>	US\$/TM	-	-	325	350
<b>Nafta PQ</b>					

Fuente: (19) + elaboración propia

Sin embargo, respecto a nuevos proyectos petroquímicos en el Medio Oriente incluida Arabia Saudita, la era de una materia prima extremadamente barata esta llegando a su fin. Los precios se incrementarán [20] para ubicarse en el rango de 1.5 US\$/MMbtu a 2 US\$/MMbtu.

#### 2.1.1.2-C Propano para obtener propileno

El etileno es la olefina más importante por su demanda y la gran variedad de productos que se pueden realizar a partir de este. Sigue en importancia el propileno siendo el polipropileno su derivado más relevante (67% del propileno producido se utiliza en la producción de polipropileno).

El propileno como materia prima para petroquímica puede comercializarse de dos formas, la primera como grado químico para lo cual el propileno debe tener una pureza mínima de 92% en peso, y la segunda grado polímero para lo cual debe tener una pureza mínima del 99.5 % en peso.

Las materias primas y procesos utilizados en la producción de propileno se resumen en el cuadro N° 2.6

CUADRO N° 2.6  
MATERIAS PRIMAS Y PROCESOS EN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE  
PROPILENO

MATERIA PRIMA	PROCESO	PRODUCTO	PRODUCCIÓN MUNDIAL PROCENTAJE
Nafta petroquímica (principal materia prima)	STEAM CRACKING	Propileno	57 %
Propano, butano (en menor proporción)			
Gas oil de vacío	Craqueo Catalítico Fluido (FCC) de Refinería	Propileno	30%
Propano	<b>Deshidrogenación catalítica (PHD)</b>	Propileno	13 %
Etileno + butileno (olefinas)	Metathesis		
Metano	Metanol a olefinas (MTO)		

Fuente (21) + Elaboración propia

Europa Occidental y Asia Pacífico obtienen el propileno principalmente de los crackers de nafta petroquímica, mientras que en Estados Unidos más del 50% del propileno se obtiene del FCC de refinería.

Los productores del Medio Oriente tienen una producción de propileno relativamente pequeña comparado con su presencia en el mercado del etileno, esto debido al predominio del etano en sus crackers. Sin embargo esta situación estaría cambiando debido a la fuerte inversión en plantas de deshidrogenación catalítica de propano (PDH) para la producción de propileno, la utilización de mezclas de materias primas (etano-propano) en el steam cracking y el proceso de metathesis.

En el apartado 2.1.1.4 se analiza la relación entre los precios de las materias primas y sus derivados

Las figuras N° 2.1 y N° 2.2, y el cuadro N° 2.5 llevan a la conclusión que el precio de la materia prima para petroquímica por la incidencia en el costo total de producción es un factor importante a considerar en la decisión final de construir nuevas plantas de producción de etileno.

### **2.1.1.3 El efecto del shale gas en los precios de la materia prima**

El shale o esquistos son rocas sedimentarias de grano muy fino compuestas por arcilla, lodo y limos, las cuales son ricas en materia orgánica. Los esquistos se caracteriza por su alta impermeabilidad (cantidad de poros muy baja, lo cual evita el desplazamiento de los fluidos que los contiene).

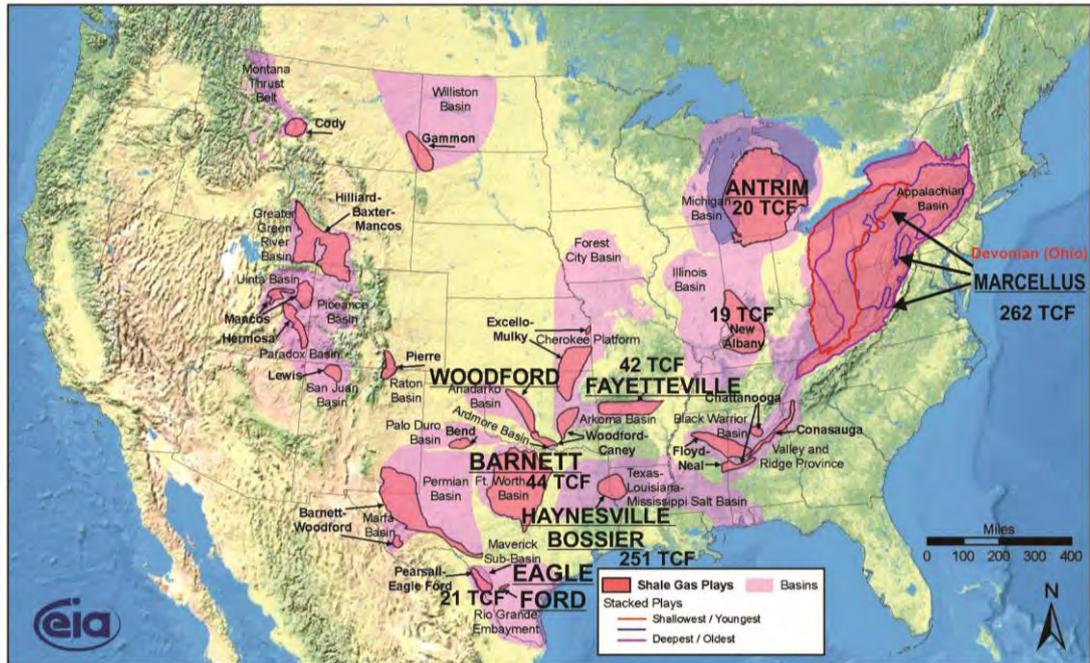
La puesta en valor del shale gas en los Estados Unidos [22] a partir de 1999 se debe a una combinación adecuada de tres tecnologías existentes:

- El fracturamiento hidráulico (fracking o hydrofracking) de la roca que permite incrementar la porosidad e impermeabilidad de las rocas para la extracción de los hidrocarburos, tecnología que data de los años 1940s. En este caso agua con arena de granulometría especial y químicos adecuados son utilizados a presiones en el orden de los 5000 psi para fracturar la roca.
- La perforación horizontal usada en la industria del petróleo en los 1970s, pero mejorada en los 1990s.
- La exploración sísmica en 3D que permite una mejor visualización de los estratos de las rocas, tecnología mejorada a partir de los 2000's.

Las áreas de explotación de shale gas son Barnett, Haynesville y Fayetteville en el sur, Marcellus, New Albany en el Este y Antrim en el medio este de los Estados Unidos. En la figura N° 3.3 se ubican estas áreas de explotación.

FIGURA N° 2.3

REGIONES DE SHALE GAS EN LOS ESTADOS UNIDOS



Fuente: Energy Information Administration (EIA), mayo 2009 + Elab. propia

El cuadro N° 2.7 presenta las composiciones promedio del shale gas en las áreas de explotación de Estados Unidos y las reservas técnicamente recuperables (Technically Recoverable Resource - TRR) del OGIP (Original Gas In Place) y son las siguientes:

CUADRO N° 2.7

COMPOSICIÓN PROMEDIO Y RESERVAS EN TCF TECNICAMENTE RECUPERABLES DEL SHALE GAS EN LOS ESTADOS UNIDOS

ÁREAS	COMPOSICIÓN PROMEDIO SHALE GAS					TRR de OGIP TCF
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
<b>BARNETT</b>	<b>84.4</b>	<b>8.1</b>	<b>2.6</b>	<b>1.3</b>	<b>3.5</b>	<b>44.0</b>
<b>MARCELLUS</b>	<b>81.7</b>	<b>14</b>	<b>3.5</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>262.0</b>
<b>FAYETTEVILLE</b>	97.3	1	0	1	0.7	41.6
<b>NEW ALBANY</b>	90.0	1.1	1.1	7.8	-	19.2
<b>ANTRIM</b>	77.5	4.0	0.9	3.3	14.2	20.0
<b>HAYNESVILLE</b>	95	0.1	0	4.8	0.1	251.0
<b>EAGLE FORD</b>	Se reporta rico en etano e hidrocarburos líquidos					21.0
<b>TOTAL</b>						<b>≈ 660</b>

Fuentes: (23), (24), Elaboración propia

Es importante indicar que el OGIP se refiere al volumen total de gas contenido en el reservorio antes de la producción. Utilizando la tecnología actual y sin considerar costos, precios y otras inversiones, la proporción o parte del OGIP que puede ser técnicamente producida se le llama reservas técnicamente recuperables (Technically Recoverable Resource - TRR).

La información del cuadro N° 2.7 respecto a la composición indican que los campos de shale gas Barnett y Marcellus disponen de suficiente cantidad de líquidos de gas natural para ser recuperados mediante los procesos de separación adecuados. En el año 2010, del campo Barnett se recuperó 325,000 barriles/día de líquidos de gas natural y del campo Marcellus 402,000 barriles/día respectivamente. Las áreas de Fayetteville, New Albany, Antrim y Haynesville, son considerados reservorios del tipo gas seco, de los cuales no se puede recuperar líquidos. El cuadro N° 3.6 no ha considerado el área EAGLE FORD ubicado en Texas, debido a la falta de información. Sin embargo, es comparable [24] en tamaño y composición a los campos Barnett y Marcellus.

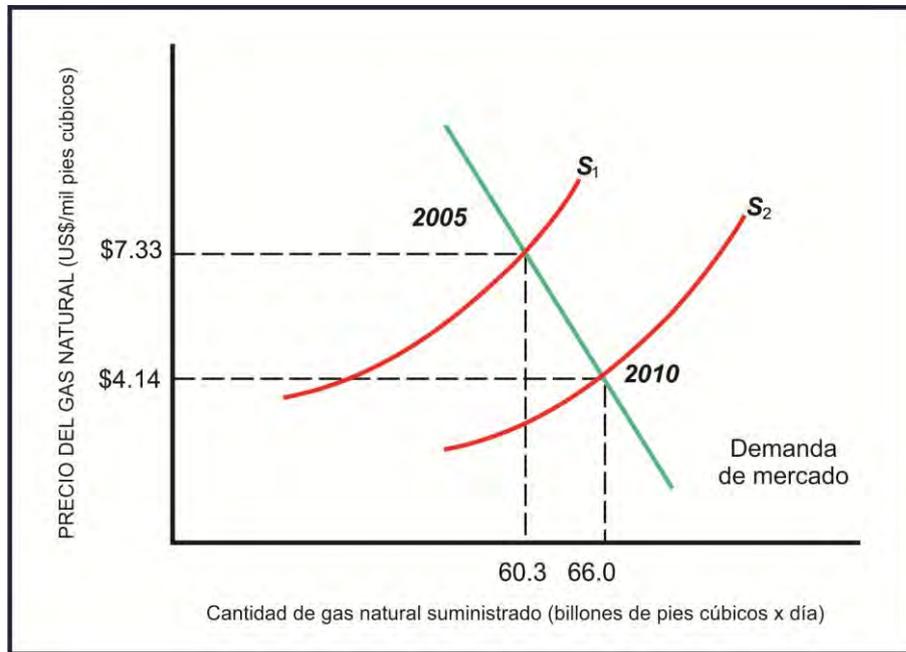
Ridley [22] menciona que las grandes reservas y puesta en valor de los campos de shale gas tiene impactos presentes y futuros tales como:

- **Cambios en los precios del gas natural.** El Henry Hub reportó una evolución del precio del gas natural de 13.28 US\$/MMbtu (julio 2008) a 1.85 US\$/MMbtu (19 abril 2012).

Precisamente la figura N° 2.4 ilustra como las nuevas tecnologías aplicadas en poner en valor el shale gas expanden la demanda y hace que disminuyan los precios. En este caso, en el año 2005 y en promedio el precio del gas natural fue de 7.33 US\$/MMbtu con una demanda por día de 60.3 billones de pies cúbicos, en el año 2010 en promedio la demanda fue de 66 billones de pies cúbicos a un precio de 4,14 US\$/MMbtu.

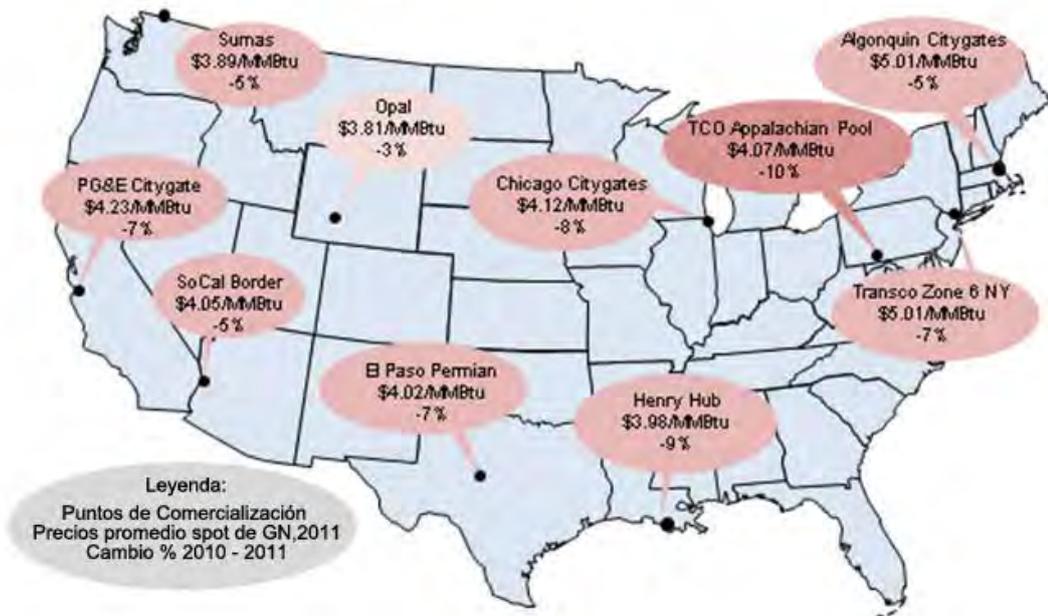
La figura N° 2.5 hace mención a varios lugares de los Estados Unidos donde se tiene precios spot del gas natural, en todos ellos se reporta para el año 2011 un disminución de los precios del gas natural. En el caso específico del Henry Hub hay una caída del precio en el orden del 11% posicionándose en promedio en 4 US\$/MM btu en el año 2011. En el apartado 3.1.1.4 se analizará la relación entre los precios de las materias primas y sus derivados petroquímicos.

FIGURA N° 2.4  
 INCREMENTO DEL SUMINISTRO DEL GAS NATURAL A UN COSTO  
 MUCHO MENOR POR LA LLEGADA DEL SHALE GAS



Fuente: EIA

FIGURA N° 2.5  
 PRECIOS SPOT DEL GAS NATURAL EN DISTINTOS LUGARES DE LOS  
 ESTADOS UNIDOS EN EL AÑO 2011



- **Abundancia de materia prima para petroquímica.** Las áreas de shale gas tales como Marcellus, Barnett, e Eagle Ford contienen grandes cantidades de metano y etano, y líquidos de gas natural, materias primas para la industria petroquímica.

Esta superabundancia y bajos precios vienen estimulando que grandes empresas químicas como Shell, Chevron Phillips, Dow Chemical, Lyondel Bessel, Bayer MaterialScience, entre otros, regresen del Golfo Pérsico a la Costa del Golfo a invertir en plantas petroquímicas.

En el caso de la producción de fertilizantes con origen en el metano se evitará en un futuro cecano riesgos o crisis en el abastecimiento de este producto, el cual es importante en la alimentación mundial.

El cuadro N° 2.8-A presenta a las empresas interesadas por invertir en nuevas capacidades de etileno a partir del etano del shale gas con un incremento total para el año 2017 de 7.6 MM TM/año.

CUADRO N° 2.8-A  
INCREMENTO CAPACIDAD ETILENO EN USA A PARTIR DEL SHALE GAS

EMPRESA	LUGAR	CAPACIDAD M TM/AÑO	INICIO PRODUCCIÓN
<b>Dow Chemical</b>	Freeport, Texas	<b>1,906</b>	2017
<b>Ineos</b>	Lake Charles, La.	<b>1,361</b>	2018
<b>CP Chem</b>	Baytown, Tex.	<b>1,134</b>	2017
<b>Shell Chemical</b>	Pennsylvania	<b>907</b>	2017
<b>Formosa Plastic</b>	Point Comfort, Tex.	<b>799</b>	2015
<b>LyondellBasell</b>	Texas & Illinois	<b>658</b>	2014
<b>Dow Chemical</b>	Hanhville. La.	<b>363</b>	2013
<b>Williams</b>	Lake Charles, La.	<b>272</b>	2013
<b>Westlake Chemical</b>	Lake Charles, La.	<b>104</b>	2012
<b>Ineos</b>	Chocolate Bayou, Tex.	<b>104</b>	2013
<b>TOTAL</b>		<b>7,608</b>	

Fuente: (25), (26), (27) + Elaboración propia

El cuadro N° 2.8-B presenta a las empresas interesadas por invertir en nuevas capacidades de propileno a partir del propano del shale gas mediante el proceso PHD, con un incremento total para el año 2016 de 2.18 MM TM/año.

CUADRO N° 2.8-B

INCREMENTO CAPACIDAD DE PROPILENO EN USA A PARTIR DEL  
PROPANO DEL SHALE GAS MEDIANTE EL PROCESO DE  
DESHIDROGENACIÓN CATALÍTICA DEL PROPANO

EMPRESA	LUGAR	CAPACIDAD M TM/AÑO	INICIO PRODUCCIÓN
Dow Chemical	Freeport, Texas	750	2015
Formosa Plastic	Point Comfort, Texas	600	2016
Enterprise Products Partners	Texas	750	2014
<b>TOTAL</b>		<b>2100</b>	

Fuente: (25), (26), (27) + Elaboración propia

- **Efecto en el comercio mundial y estabilidad en los precios del gas natural.** Estados Unidos se convertirá en exportador de Gas Natural Licuado en el año 2016, y exportador de gas natural a partir del 2021. De esta manera, el shale gas reducirá la volatilidad en los precios del gas natural, entregando estabilidad y bajos precios en los próximos 25 años.
- **Beneficios medioambientales.** Se conoce que la relación átomos de carbón/átomos de hidrógeno en la madera es de 10:1, en el carbón 2:1, en el petróleo en promedio de 1:2, y en el gas natural de 1:4. En Estados Unidos debido a la abundancia del shale gas se intensificará el uso del metano en la generación eléctrica y como combustible en los vehículos.  
Dada la alta relación de los átomos de hidrógeno sobre los de carbono del metano respecto de otros combustibles, esto permitirá reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y entrar a un proceso de decarbonización para la mejora del medio ambiente.

Respecto del etano, este es difícil de transportar, por lo que un exceso en el suministro de esta materia prima hace poco probable su exportación. Por consiguiente, es razonable asumir que será consumido domésticamente en el sector petroquímico para producir etileno.

La American Chemistry Council (ACC) [28] indica que un hipotético pero realista incremento del 25% en el suministro de etano (con origen en el shale gas) en la industria petroquímica de Estados Unidos, generará los siguientes impactos:

- 16200 millones de US\$ en inversiones de plantas petroquímicas
- 4400 millones de US\$ anuales en ingresos por impuestos (44 billones US\$ en 10 años)
- 17000 nuevos trabajos muy especializados en la industria química
- 395000 trabajos adicionales relacionados a la industria química
- Los costos de la materia prima en la Costa del Golfo de los Estados Unidos la posicionará como la segunda región más competitiva, detrás del Medio Oriente.

En resumen, la disponibilidad de grandes cantidades de metano, etano y los líquidos del gas natural, todos ellos con origen en el shale gas, a precios bajos y estables y no dependientes en el tiempo de la volatilidad de los precios del petróleo, incrementará significativamente capacidad de la industria petroquímica de los Estados Unidos.

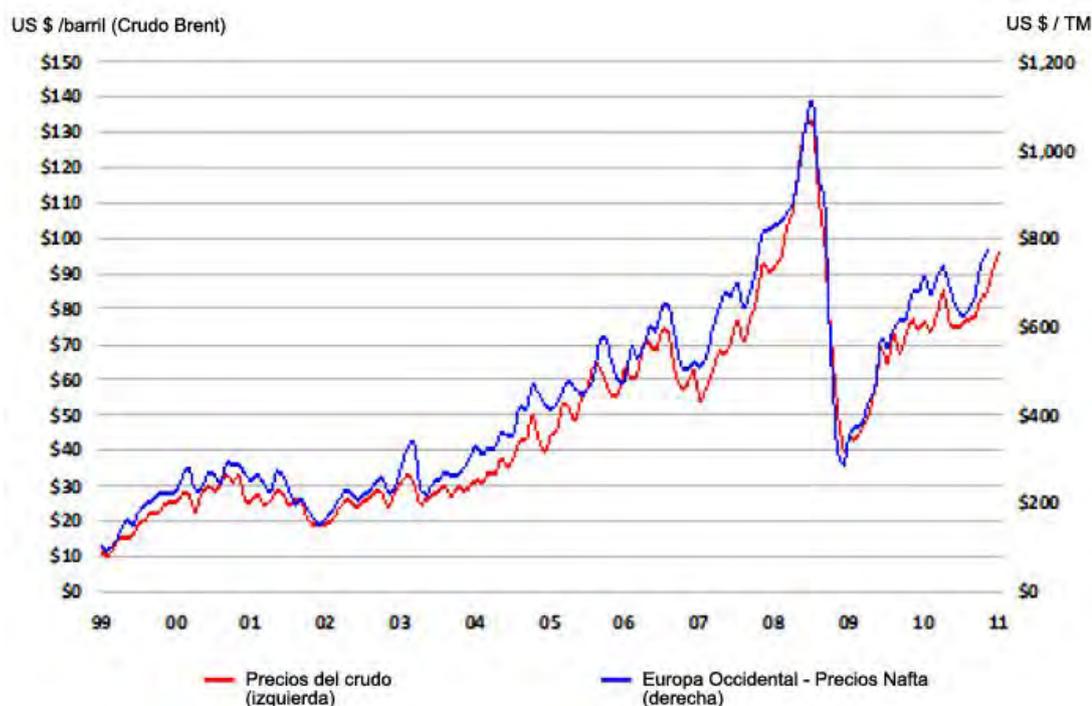
Así mismo, traerá grandes inversiones privadas, oportunidades de más puestos de trabajos estables, y el aumento de la competitividad de la industria química e industrias afines en los Estados Unidos de América.

#### 2.1.1.4 Relación precios de las materias primas y precios de sus derivados

En general la industria petroquímica utiliza como materias primas: la nafta con origen en el petróleo; y el metano, etano y líquidos de gas natural con origen en el gas natural. La competitividad de esta industria es altamente dependiente de los precios del petróleo y del gas natural, y por lo tanto de los precios competitivos de estas materias primas.

La nafta petroquímica, el gas oil y otros destilados ligeros están altamente relacionados a los precios del petróleo, el cual es un commodity cuyos precios dependen del suministro y demanda globales. Por ejemplo, el precio de la nafta petroquímica en Europa Occidental esta altamente correlacionado con el precio del crudo Brent como se muestra en la figura 2.6. El resultado es que los precios de la nafta tienden a estar en paralelo con los precios del petróleo.

FIGURA N° 2.6  
FUERTE CORRELACIÓN ENTRE EL PRECIO DEL CRUDO BRENT Y LOS  
PRECIOS DE LA NAFTA EN EUROPA OCCIDENTAL

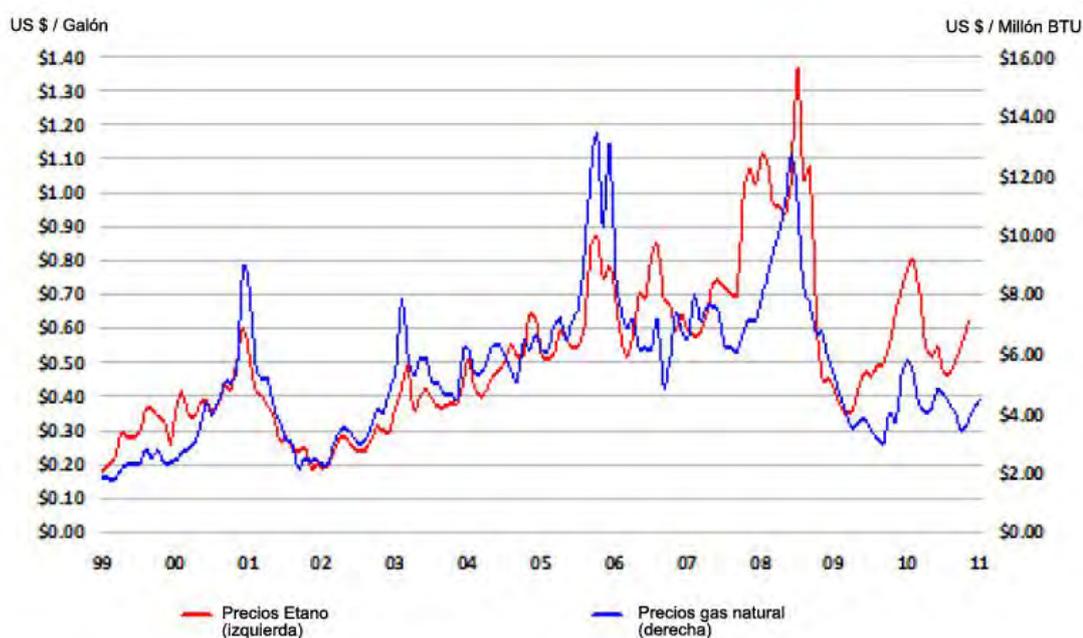


Fuente: EIA, Chemical Week Associates, Haver Analytics

Por otro lado, los mercados del gas natural todavía se caracterizan por ser regionales. En el caso de los Estados Unidos el precio de etano está correlacionado con los precios del gas natural y específicamente con los precios del Henry Hub, tal como se muestra en la figura 2.7. El resultado es que los precios del etano tienden a estar en paralelo con los precios del gas natural.

FIGURA N° 2.7

FUERTE CORRELACIÓN ENTRE EL PRECIO DEL ETANO Y EL PRECIO DEL GAS NATURAL EN LOS ESTADOS UNIDOS



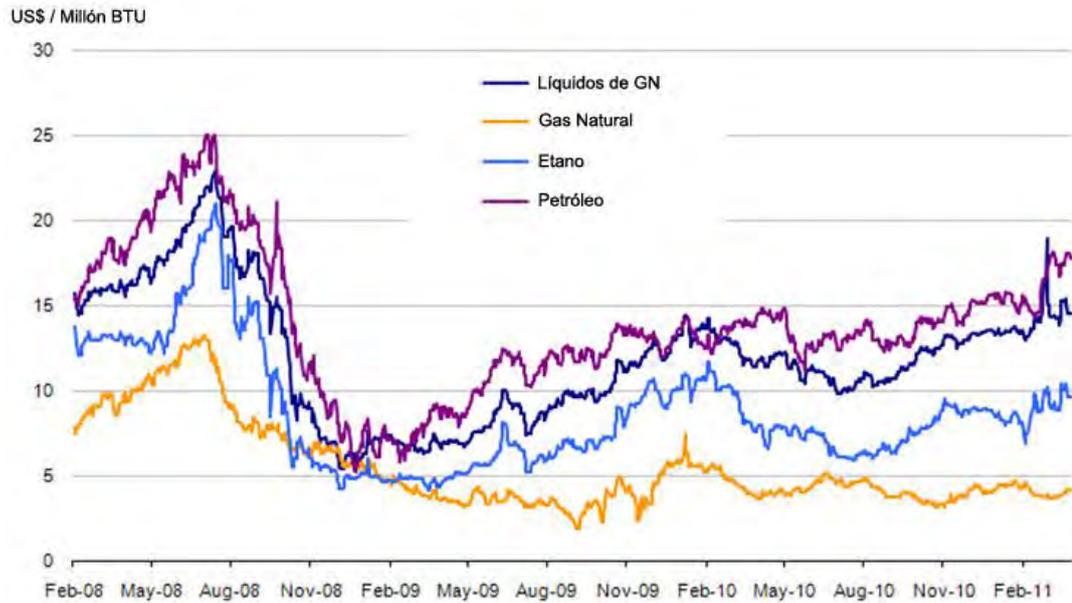
Fuente: EIA, Chemical Week Associates, Haver Analytics

Respecto a los dos gráficos anteriores, queda establecido que los costos de las materias primas (y su relativa competitividad) como el etano y nafta para el cracking dependerá de los costos del gas natural y del petróleo respectivamente.

La figura N° 2.8 ilustra que desde el año 2009 los precios del etano se han mantenido bastante cerca de los precios del gas natural. En contraste con los precios de los líquidos del gas natural, los cuales están más unidos al precio del petróleo. Por lo que se deduce que los precios del propano seguirán la tendencia de los precios del petróleo.

FIGURA N° 2.8

PRECIOS SPOT COMPARATIVOS ENTRE EL GAS NATURAL, EL ETANO, EL PETRÓLEO Y LOS LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL (NGLs) EN LOS ESTADOS UNIDOS

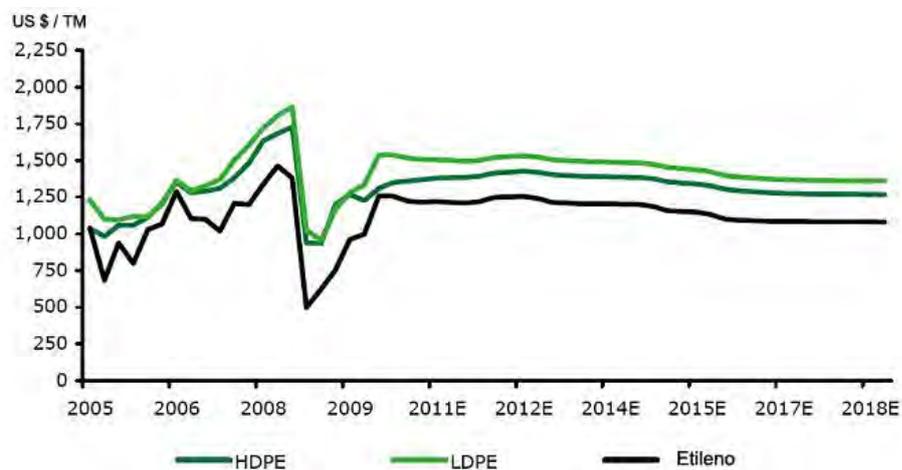


Fuente: U.S. Energy Information Administration, base on data from Bloomberg

La figura N° 2.9 presenta los precios históricos y su pronóstico hasta el año 2018 del etileno y del polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE). Las curvas de precio del HDPE y LDPE presentan una fuerte correlación con el precio del etileno, siguiendo una tendencia paralela.

FIGURA N° 2.9

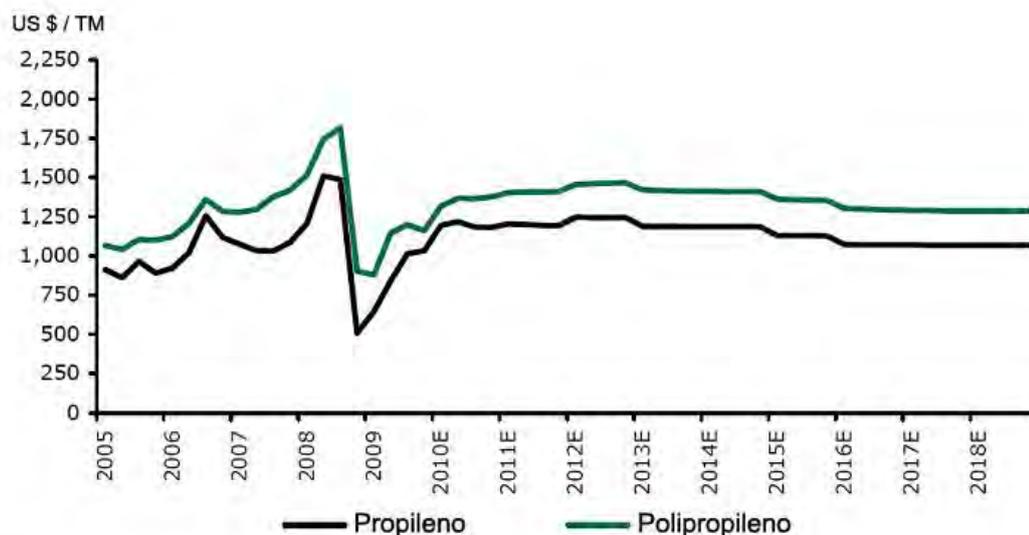
PRECIOS DE LOS POLIETILENOS VS ETILENO (HISTÓRICO Y PRONÓSTICO)



Fuente: Bloomberg, NCBC estimates

La figura N° 2.10 presenta los precios históricos y su pronóstico hasta el año 2018 del propileno y del polipropileno (PP). La curva de precio del PP presenta una fuerte correlación con el precio del propileno, siguiendo una tendencia paralela.

FIGURA N° 2.10  
PRECIOS DEL POLIPROPILENO VS PROPILENO (HISTÓRICO Y PRONÓSTICO)



Fuente: Bloomberg, NCBC estimates

Las figuras N° 2.6, N° 2.7, N° 2.8, N° 2.9 y N° 2.10 confirman que en la industria petroquímica hay una fuerte relación entre los precios de las materias primas (petróleo, gas natural, nafta, etano, propano), los productos petroquímicos básicos (etileno, propileno) y sus derivados finales (LDPE, HDPE, PP).

#### 2.1.1.5 Aseguramiento de la materia prima y contratos de largo plazo

En la industria petroquímica predominan los contratos de largo plazo con el propósito de entregar estabilidad en las relaciones entre productores y consumidores en los mercados nacionales y entre exportadores e importadores en el comercio internacional.

El trabajo de UNIDO [29] explica sobre las ventajas de los contratos de largo plazo sobre las operaciones SPOT o mercado abierto, tales como:

- La garantía de acceso a mercados y de provisión de materias primas,
- Mantenimiento de altas tasas de operación de la capacidad instalada,
- Mejores condiciones para el planeamiento estratégico,
- Cobertura de riesgos en mercados donde los precios SPOT son volátiles, etc.
- Ventajas en términos tecnológicos, pues permiten un mejor conocimiento de la calidad, confiabilidad y características de los productos intercambiados, facilitando su procesamiento posterior.

### **2.1.2 LAS GRANDES PLANTAS Y LA ECONOMÍA DE ESCALA**

Se explicará el concepto de economía de escala, las plantas de un solo tren, y tamaños competitivos de plantas petroquímicas.

#### **2.1.2.1 Economía de escala y plantas de un solo tren**

En la primera mitad de la década de los años 60's el tamaño de las nuevas plantas petroquímicas empezó a incrementarse en forma notable. En este periodo de tiempo la producción de químicos y plásticos creció rápidamente por lo que las empresas contemplaron la posibilidad de construir plantas cada vez más grandes.

Al inicio, el incremento de capacidad de producción no requería de ningún descubrimiento en particular en el diseño de los equipos. Lo que se hacía era construir dos plantas idénticas de igual capacidad que sumados se obtenía la capacidad de planta deseada. Estas plantas eran fabricadas sobre la base de tecnología conocida y plantas similares instaladas en otras partes del mundo.

En este mismo periodo de tiempo un grupo de firmas envueltas en el diseño de plantas petroquímicas empezaron a trabajar en el concepto de grandes plantas de un solo tren. Este concepto es conocido en el idioma inglés como **large single-train plants**, que consiste en producir un producto final por medio de un solo grupo o tren de equipos. La materia prima fluye continuamente por cada uno de ellos transformándose en un producto final. La construcción de este tipo de plantas no es sencilla, en todos los casos implica romper los límites tecnológicos por medio de nuevos descubrimiento y mejora en la eficiencia del proceso.

Spitz [30] indica que este esfuerzo de las empresas se sustentaba en el hecho que si era posible incrementar el tamaño de cada una de las piezas de los equipos al doble o al triple de su tamaño previo, se lograba lo siguiente:

- El costo fijo de producir cada tonelada de producto se reducía substancialmente.
- Los nuevos diseños conducían a menores costos de inversión de planta por unidad de capacidad.

Bajo este concepto los tamaños de planta fueron incrementándose, los ingenieros fueron mejorando sus conocimientos del proceso, los materiales y del diseño mecánico logrando construir plantas de un solo tren, evitando así la necesidad de instalar equipos duplicados en paralelo.

En este marco, parte de la competitividad de la industria petroquímica se sustentaba en lograr costos de producción lo más bajo posible a través de la implementación de plantas de cada vez mayor tamaño.

Varias empresas Licenciantes y Contratistas de origen Americano, Europeo y Japonés, estuvieron involucradas en este esfuerzo. En el caso de plantas de amoniaco: ICI, M.W. Kellogg, Chemico, C.F. Braun, Bechtel, Foster-Wheeler, Haldor Topsoe, Stamicarbon, Uhde, Snamprogetti y Toyo Engineering. En el caso de las plantas de Steam Cracking para la producción de olefinas: M.W. Kellogg, Stone & Webster, Esso Chemical, Union Carbide, Dow.

Además de las plantas de producción de Amoniaco y Steam Cracking, otras plantas como la de Cloruro de Vinilo, Estireno, Metanol se acercaron a producciones del orden de 400000 TM/año producidas en un solo tren de fabricación.

Con el propósito de entender los principios envueltos, se explica brevemente el costo variable y el costo fijo, componentes que conforman el costo de producción. El costo variable se relacionada directamente con la tasa de producción y se mide de forma proporcional a la producción real de las unidades productivas. Este costo incluye la

materia prima, los servicios auxiliares (tales como electricidad, agua, combustible, etc), los costos de químicos tales como catalizador, solventes, etc.

El costo fijo es independiente de la capacidad de producción o la cantidad efectiva de producto producido. Es decir, este costo se mantiene prácticamente constante sea el nivel de producción. Este costo incluye la mano de obra, el mantenimiento, los seguros, los gastos generales, entre otros.

A continuación se presenta la estructura de costos para la manufactura de amoniaco, en la cual se comparan plantas de alta capacidad instalados a mediados de los años 60 y plantas de baja capacidad instalados a mediados de los años 50.

CUADRO N° 2.9 - ECONOMÍA EN LA FABRICACIÓN DE AMONIACO

	Mediados 1960	Mediados 1950
<b>TAMAÑO DE PLANTA</b>	1000 tons/día	333 tons/día
<b>INVERSIÓN</b>	US\$ 12.7x10 <sup>6</sup>	5.9x10 <sup>6</sup>
<b>COSTO OPERATIVO</b>	US\$/día	US\$/día
<b>Materia Prima</b>		
Nafta 0.6 US\$/MMBtu	12.816	4.176
<b>Servicios</b>		
Combustible US\$ 0.6/MMBtu	6.926	1.714
Energía US\$ 0.011/kWh	53	2.428
Agua enfriamiento US\$ 0.02/1000 gal	1.112	242
Agua de caldera US\$ 0.25/1000 gal	166	58
Vapor exportación US\$ 0.60/1000 lb.	Equilibrio	-(115)
<b>Catalizador y químicos</b>	580	150
Mano de obra US\$ 2/M.H. 5 personas/turno	240	240
Mantenimiento (% anual)	1085 (3%)	674 (4%)
Costo indirecto (16%/anual)	6000	2875
<b>TOTAL COSTO OPERATIVO</b>	<b>US\$ 28.978</b>	<b>US\$ 12.352</b>
<b>COSTO POR TONELADA DE AMONIACO</b>	<b>US\$ 28.97</b>	<b>US\$ 37.06</b>

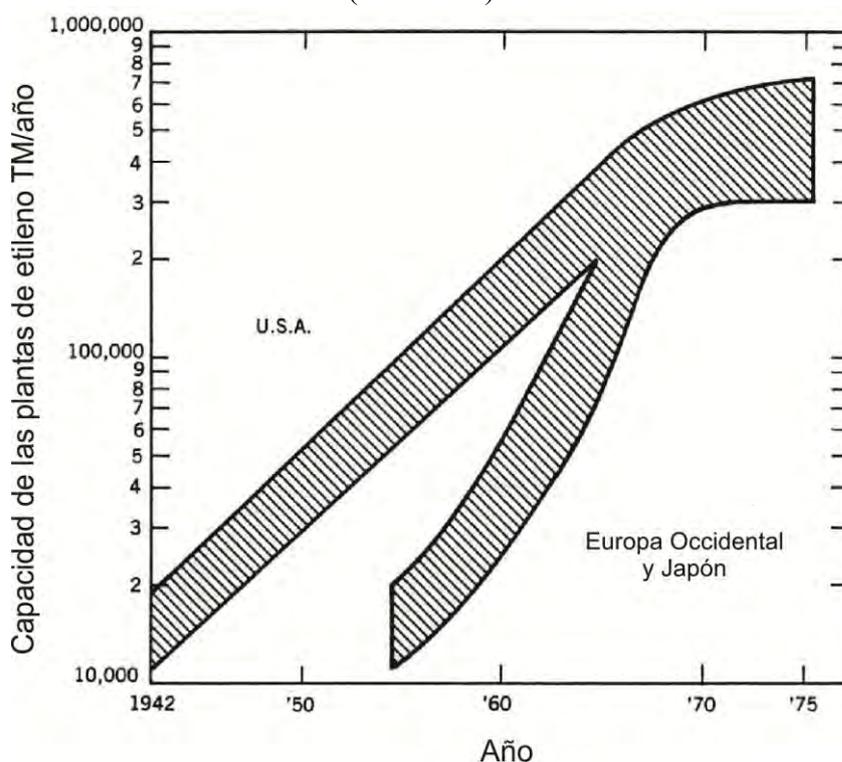
Fuente: Kellogg (31)

El cuadro N° 2.9 muestra que con la planta de mayor tamaño (1000 TM/día) versus la de menor tamaño (333 TM/día) se logra una reducción del 22% en el costo de producción.

De esta forma se estaba tomando conciencia sobre la economía de la producción y esto afortunadamente coincidió con un mejor conocimiento de los productores para incrementar el tamaño de los equipos. Así se fue creando la atmosfera para realmente construir grandes plantas de un solo tren para muchos productos petroquímicos.

En la figura 2.11 se presenta tamaños de planta de un solo tren de etileno instalados en Estados Unidos, Japón y Europa Occidental. El gráfico indica que a mediados de los años 60 los constructores de las plantas de steam cracking para producir olefinas y específicamente el etileno, conocían de las ventajas de construir plantas de cada vez mayor tamaño, logrando para mediados de los años 70 plantas que eran capaces de producir hasta 700,000 TM/año de etileno.

FIGURA N° 2.11  
PLANTAS DE ETILENO DE UN SOLO TREN: INCREMENTO DE LA CAPACIDAD (TM/AÑO) EN EL TIEMPO



Fuente: World Congress of the Societe de la Chimie Industrielle (32)

Respecto al escalamiento desde plantas de menor tamaño a plantas de mayor tamaño o escalamiento de equipos en la industria química, se aplica una relación empírica denominada el “factor de las seis décimas (six-tenth factor) o factor de Williams” divulgada en 1947 por R. Williams Jr (33). La expresión es:

$$\left( \frac{\text{Inversión.1}}{\text{Inversión.2}} \right) = \left( \frac{\text{Tamaño.1}}{\text{Tamaño.2}} \right)^{0.6}$$

Esta relación nos indica que si el tamaño o capacidad de planta se incrementa la inversión también, pero afectado por el exponente o factor de escalamiento con un valor promedio de 0.6. En el caso de las plantas petroquímicas el exponente se ubica entre 0.6 y 0.8, según la complejidad de la planta.

Si una planta que produce 100000 toneladas métricas por año de un producto “A” cuesta US\$  $10 \times 10^6$ , una planta que produce el mismo producto “A” del doble de capacidad, es decir, de 200000 toneladas métricas por año (con el mismo diseño y duplicando el tamaño de cada una de los equipos)  $[(200/100)^{0.6} \times 10^6 \text{ US\$}]$  aproximadamente costará US\$  $15 \times 10^6$ . Si la planta triplica su capacidad a 300000 toneladas métricas por año, el costo de la inversión será US\$  $19.33 \times 10^6$ .

Así mismo, si se divide el costo de inversión entre la capacidad anual, se obtiene un costo de inversión por unidad de capacidad cada vez menor, tal como se muestra en el cuadro N° 2.10.

CUADRO N° 2.10  
CAPACIDAD VS. INVERSIÓN DE PLANTAS

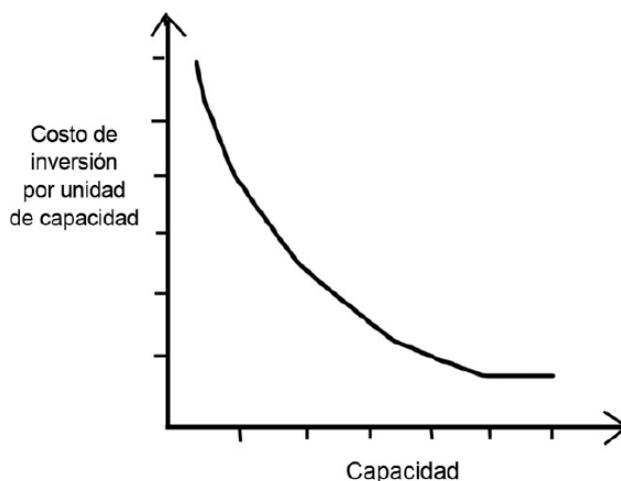
CAPACIDAD TM/AÑO	COSTO INVERSIÓN US\$	RELACIÓN COSTO DE INVERSIÓN POR UNIDAD DE CAPACIDAD US\$/(TM/AÑO)
100000	$10 \times 10^6$	100
200000	$15.5 \times 10^6$	75.5
300000	$19.33 \times 10^6$	64.43

Fuente: Elaboración propia

Los resultados presentados en la tabla N° 2.10 muestran que una planta del doble de capacidad o tamaño bajo las condiciones indicadas en el párrafo anterior no cuesta el doble de la inversión inicial si no mucho menos, asimismo, la relación costo de inversión por unidad de capacidad tiende a disminuir.

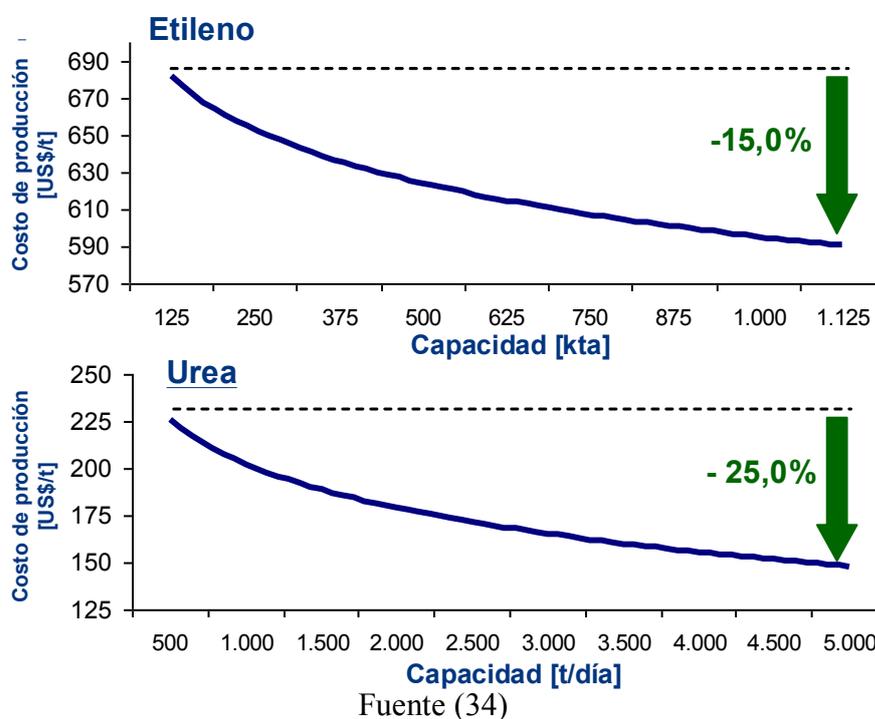
En la figura N° 2.12 se puede observar gráficamente el tipo de relación que en la práctica existe entre el costo de inversión por unidad de capacidad y la capacidad de los proyectos de inversión, es decir, los efectos de la economía de escala.

FIGURA N° 2.12 - COMPORTAMIENTO DEL COSTO DE INVERSIÓN POR UNIDAD DE CAPACIDAD VERSUS CAPACIDAD



Los beneficios de la economía de escala puede verse en la figura N° 2.13 donde se grafica para el etileno y la urea, la capacidad versus el costo de producción. A medida que la capacidad se incrementa disminuye el costo de producción, es decir hay un comportamiento decreciente de los costos en función de la capacidad de producción, hasta un límite, que se conoce como economías de escala.

FIGURA N° 2.13 - BENEFICIOS DE LA ECONOMÍA DE ESCALA



En conclusión, se debe instalar la mayor capacidad que se acerque al mínimo costo, teniendo presente la demanda disponible, y se debe utilizar un alto porcentaje de la capacidad instalada para aprovechar la disminución de los costos unitarios.

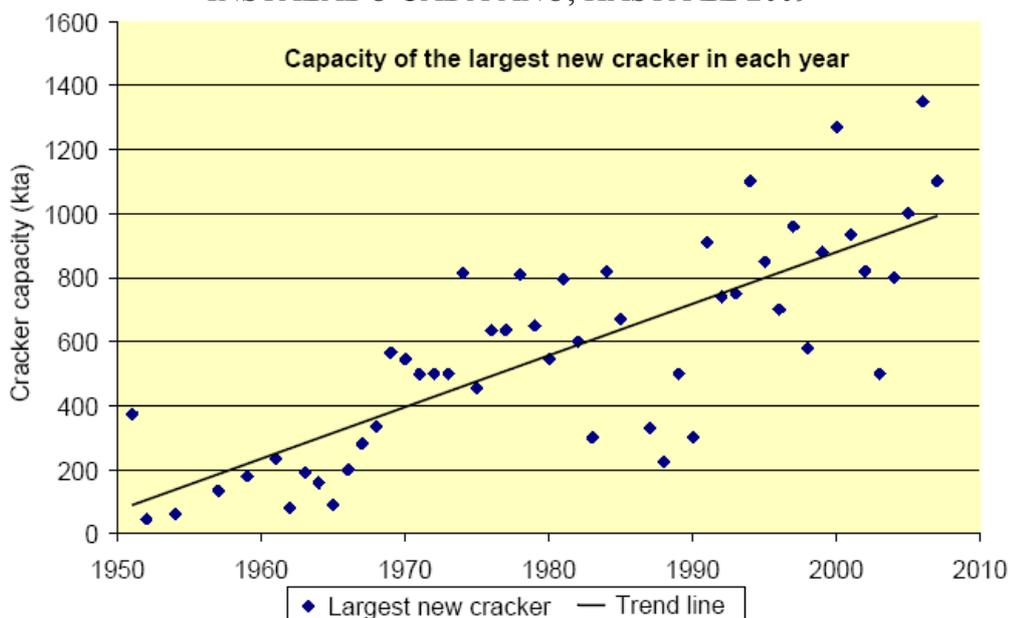
Castro y Portuondo [35] establecen que lograr el aprovechamiento óptimo de las economías de escala en futuras inversiones o proyectos industriales nuevos, es necesario no solo tener en cuenta el tamaño óptimo sino también haber determinado la zona de localización óptima para la economía del país en el territorio nacional, para poder minimizar los gastos de transporte de las materias primas e insumos y los de distribución de los productos, así como tener en cuenta otros factores políticos, sociales y los estratégicos.

### 2.1.2.2 Tamaños competitivos de plantas petroquímicas

Las plantas denominadas “world-scale” o de escala mundial son plantas de gran capacidad o tamaño de un solo tren, instaladas con el propósito de maximizar las economías de escala. Este tipo de instalación de escala competitiva requiere montos de inversión elevados que sólo las grandes compañías con know-how operativo pueden acometer.

A continuación se presenta la figura 2.14, en la cual se indica la capacidad de los crackers para la producción de olefinas y el incremento de su tamaño en el tiempo hasta el año 2009, alcanzando tamaños de 1.4 MM TM/año.

FIGURA N° 2.14  
TAMAÑOS DE CRACKERS PARA LA PRODUCCIÓN DE OLEFINAS  
INSTALADO CADA AÑO, HASTA EL 2009



Fuente: (36)

El cuadro N° 2.11 muestra a los licenciantes de tecnología más importantes en la producción de etileno a partir de etano. Así mismo, los tamaños de planta de steam cracking que actualmente se vienen construyendo en el mundo.

**CUADRO N° 2.11**  
**LICENCIANTES DE TECNOLOGÍA Y TAMAÑOS DE PLANTAS**  
**COMPETITIVOS PARA PRODUCIR ETILENO**

<b>N°</b>	<b>LICENCIANTE DE TECNOLOGÍA</b>	<b>TAMAÑO MM TM/año</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>
1	LINDE AG	1.5	Etano
2	LUMMUS TECHNOLOGY	1.4	Etano
3	TECHNIP	1.3	Etano
4	THE SHAW GROUP (Stone & Webster)	1.5	Etano

Fuente: (37)

El cuadro N° 2.12 presenta proyectos petroquímicos culminados, o en ejecución en el Medio Oriente, para la producción de etileno y propileno.

**CUADRO N° 2.12**  
**PROYECTOS PETROQUÍMICOS EN EL MEDIO ORIENTE PARA LA**  
**PRODUCCIÓN DE ETILENO Y PROPILENO**

<b>PAIS</b>	<b>PROYECTO</b>	<b>INICIO DE OPERACIÓN</b>	<b>ETILENO MM TM/año</b>	<b>PROPILENO MM TM/año</b>
Arabia Saudita	PetroRabigh	2009	1.3	0.6
Arabia Saudita	Sadara Chemical Co.	2016	1.2	0.4
Irán	Persian Gulf Co.	2014	1.3	1
Qatar	Ras Laffan Olefin Complex, Exxon	2015	1.6	-
UAE	Borouge 2 Petrochemical Co.	2011	1.4	-
Kuwait	Equate Petrochemical Co.	2010	0.8	-

Fuente: (38)

Los cuadros N° 2.11 y N° 2.12 indican que los tamaños de planta de steam cracking de un solo tren competitivos para la producción de etileno, están en el orden de 1.2 MM TM/año a 1.6 MM TM/año.

Respecto de la producción de propileno, la información del cuadro N° 3.6 indica que el 87% de propileno obtenido es un subproducto que corresponde a los procesos de steam cracking sobre todo a partir de nafta (57%), y FCC de refinería (30 %).

La tecnología de la deshidrogenación catalítica del propano (PDH) permite obtener como único producto al propileno. Esta tecnología junto a las tecnologías MTO y metathesis se estima representen al cabo de 5 años el 30% del suministro de propileno. El cuadro N° 2.13 presenta a los dos únicos licenciantes de DHC.

CUADRO N° 2.13

LICENCIANTES DE TECNOLOGÍA DE DESHIDROGENACIÓN CATALÍTICA DEL PROPANO (PDH) Y TAMAÑOS DE PLANTA COMPETITIVO

N°	LICENCIANTE DE TECNOLOGÍA	NOMBRE PROCESO	MATERIA PRIMA	TAMAÑO MM TM/año	N° PLANTAS INSTALADAS
1	LUMMUS TECHNOLOGY	CATOFIN	Propano	0.455	2
2	UOP LLC	OLEFLEX	Propano	0.45	8

Fuente: (37)

Estas tecnologías han comenzado a instalar sobre todo en el Medio Oriente. Los tamaños de planta competitivos para estas tecnologías están en el orden de las 450,000 TM/año.

El cuadro N° 2.14 presenta a los licenciantes de tecnología más importantes en la producción de los tres tipos de polietilenos de mayor comercialización en el mundo, LDPE, HDPE y LLDPE. Los tamaños de plantas competitivos que se vienen instalando en el mundo en la producción de estos polietilenos están en el orden de las 450,000 TM/año hasta las 600,000 TM/año.

El cuadro N° 2.15 presenta a los licenciantes de tecnología más importantes en la producción de polipropileno. Los tamaños de plantas competitivos que se vienen instalando en el mundo están en el orden de 450,000 TM/año hasta los 650,000 TM/año.

CUADRO N° 2.14

LICENCIANTES DE TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE  
POLIETILENO Y TAMAÑOS DE PLANTA COMPETITIVO EN TM/AÑO

N°	LICENCIANTE DE TECNOLOGIA	TAMAÑO DE PLANTA EN TM/AÑO Y NOMBRE DE PROCESO		
		LDPE	HDPE	LLDPE
1	BOREALIS	350,000 (reactor tubular)		
2	INEOS TECHNOLOGY	-	600,000 (Innovene S)	-
		-	450,000 (Innovene S)	450,000 (Innovene G)
3	NOVA	-	350,000 (Sclairtech)	350,000 (Sclairtech)
4	UNIVATION TECNOLOGY	-	-	450,000 (Unipol)
5	EXXON MOBIL CHEMICAL TECNOLOGY	425000 (r. tubular)	-	-
6	LYONDELLBASELL	450,000 Lupotech T	600,000 (Spherilene)	600,000 (Spherilene)
		125,000 Lupotech A	400,000 (Hostalen)	-

Fuente: (37)

CUADRO N° 2.15

LICENCIANTES DE TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE  
POLIPROPILENO Y TAMAÑOS DE PLANTA COMPETITIVO EN TM/AÑO

N°	LICENCIANTE TECNOLOGÍA	NOMBRE DEL PROCESO	TAMAÑO PLANTA TM/año
1	BOREALIS A/S	BORSTAR	400,000
2	DOW CHEMICAL	UNIPOL PP	650,000
3	INEOS TECHNOLOGY	INNOVENE PP	450,000
4	LUMMUS TECNOLOGY	NOVOLEN	450,000
5	LYONDELL BASSELL	METOCENE PP	220,000
		SPHERIPOL	550,000

Fuente: (37)

Respecto del PVC, el 80% de la producción mundial se produce por el proceso de suspensión, que es en la forma en que se importa en el Perú. A continuación en el cuadro N° 2.16 se muestran los licenciantes de tecnologías de PVC y tamaños de planta competitivos, recientemente instalados, que están en el orden de 350,000 Tm/año a 460,000 TM/año.

**CUADRO N° 2.16**  
**LICENCIANTES DE TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE PVC Y**  
**TAMAÑOS DE PLANTA COMPETITIVO EN TM/AÑO**

N°	LICENCIANTE DE TECNOLOGÍA	PROCESO	TAMAÑO DE PLANTA TM/año
1	VINNOLIT	SUSPENSIÓN	300,000
2	EUROPEAN VINYL CORP (EVC)	SUSPENSIÓN	320,000
3	OXY VINYL	SUSPENSIÓN	460,000

Fuente: (12)+Elaboración propia

**CUADRO N° 2.17**  
**RESUMEN – TAMAÑOS DE PLANTA COMPETITIVOS**

MATERIA PRIMA	PRODUCTO	PROCESO	TAMAÑO PLANTA COMPETITIVO MM TM/AÑO
ETANO	ETILENO	Steam Cracking	1.2 – 1.6
PROPANO	PROPILENO	Deshidrogenación	0.45
ETILENO	LDPE	Polimerización	0.35 – 0.45
	HDPE	Polimerización	0.35 – 0.60
	LLDPE	Polimerización	0.35 – 0.65
ETILENO	PVC	Polimerización por Suspensión	0.32 – 0.46
ETILENO	BUTENO	Dimerización	0.03 – 0.04
PROPILENO	PP	Polimerización	0.40 – 0.65

Fuente: Elaboración propia

En base al cuadro N° 2.11, cuadro N° 2.12, cuadro N° 2.13, cuadro N° 2.14, cuadro N° 2.15 y cuadro N° 2.16, se ha elaborado el cuadro N° 2.17, el cual es un resumen de los tamaños competitivos de planta respecto al steam cracking para obtener etileno, la deshidrogenación catalítica para obtener propileno y la obtención de LDPE, HDPE, LLDPE, PVC y PP.

### 2.1.3 LOCALIZACIÓN DEL COMPLEJO PETROQUÍMICO

Castro y Portuondo [35] mencionan que es importante aprovechar las economías de escala en proyectos industriales nuevos con un tamaño de planta óptimo, pero también es importante su localización. Determinar la zona de localización óptima permite minimizar los gastos de transporte de las materias primas e insumos y los de distribución de los productos, generando beneficios económicos para el proyecto y el país.

Es sabido que hay varios factores que se consideran para la localización:

- Técnicos,
- Económicos,
- Políticos y sociales,
- Estratégicos (según el tipo de industria)

Todos estos factores influyen en mayor o menor medida en la ubicación de la futura planta industrial en un territorio nacional. Los efectos de la elección de una zona son de primer orden por la importancia que tienen para el desarrollo económico y social, así como territorial, a mediano y largo plazo.

Entre los **factores técnicos de localización** se tienen:

- Las fuentes de materias, la distancia y medio de transporte al lugar donde se construirá la planta industrial,
- Los mercados y la proximidad a los centros de consumo o de distribución, así como los tiempos de embarque,

- La disponibilidad de combustibles, agua, energía, mano de obra, comunicaciones, etc.
- La geografía de la zona propuesta, tales como topografía y estructura del suelo, para medir el efecto sobre el costo de construcción y creación de infraestructura; tamaño, valor del terreno y posibilidades de futuras expansiones; clima o condiciones meteorológicas; profundidad de aguas de la zona marítima; protección contra inundaciones e incendios.

Entre los **factores económicos de localización** se tienen:

- Política tributaria (impuestos nacionales, locales a la propiedad y renta), política industrial, políticas a las inversiones extranjeras, restricciones legales.

Entre los **factores políticos sociales de localización** se tienen:

- La no dependencia exclusiva de actividades como la agricultura, ganadería y la pesca, actividades sujetas a tremendas fluctuaciones y que según sus características de desarrollo (grado de integración) en la zona pueden ser causa de la pobreza. Una actividad industrial como la petroquímica puede incrementar de forma real el nivel de vida de la población.
- Favorecer zonas insuficientemente desarrolladas, con el fin de compensar la lógica tendencia de la iniciativa privada de acudir con sus instalaciones a las cercanías de los centros de consumo. El propósito es que las diferencias entre las regiones desarrolladas y menos desarrolladas tiendan atenuarse en vez de acentuarse.
- Desarrollo industrial proporcional y equilibrado en todo el territorio nacional, con el objetivo de desconcentrar la producción en pocos lugares del país.
- La actitud hacia el proyecto industrial por parte de las Autoridades Locales así como de la Comunidad.

Un criterio para la selección de un lugar es la combinación óptima de los beneficios de la economía de escala con los factores de localización antes mencionados (técnicos, económicos, políticos y sociales), de manera que se logre un costo total mínimo ( $C_{\text{TOTAL-MÍNIMO}}$ ) para acceder a un mercado de consumo:

$$\text{COSTO}_{\text{TOTAL-MÍNIMO}} = \text{COSTO}_{\text{PRODUCCIÓN}} + \text{COSTO}_{\text{TRANSPORTE-MATERIA-PRIMA}} + \text{COSTO}_{\text{TRANSPORTE-PRODUCTO}}$$

Este costo total mínimo ( $\text{COSTO}_{\text{TOTAL-MÍNIMO}}$ ) resulta de sumar el costo de producción ( $C_p$ ), el costo de transporte de materias primas e insumos ( $C_{\text{TMP}}$ ), y el costo de transporte y distribución de productos ( $C_{\text{TP}}$ ).

#### **2.1.4 LOGISTICA**

La logística [39] es una disciplina que se encarga de la administración de los materiales y la información asociada, desde los proveedores hasta los clientes, garantizando la entrega de los productos en las cantidades pactadas, con las especificaciones acordadas, en los tiempos establecidos y al menor costo.

Conn [40] indica que la competitividad de la industria petroquímica no solo es la materia prima y las condiciones de mercado, la logística juega un rol importante para mantenerse en la industria.

Entonces la eficiencia logística es vista como un elemento que proporciona una ventaja competitiva importante, algunas empresas inclusive consideran que la información de sus actividades logísticas es materia de confidencialidad comercial.

En el caso de los productos petroquímicos está relacionado además con el transporte y el manejo seguro, y cumpliendo con las regulaciones respectivas. La industria petroquímica almacena y mueve una diversidad muy grande de productos de muy distintos tipos (sólidos, líquidos y gaseosos) desde el lugar en que se producen hasta el lugar en que se consumen. Así mismo, muchas empresas petroquímicas comercializadoras de commodities prestan bastante atención a sus sistemas logísticos y de distribución para que sus productos lleguen a destino con bajos costos de entrega.

Milmo [41] menciona que en Europa en promedio el costo logístico para el sector químico europeo puede representar entre un 30% a un 60% de los costos de producción y comparativamente es un 30% a 50% mas alto que en USA.

Dada esta situación el sector petroquímico europeo en su totalidad está dando bastante prioridad a la disminución de sus costos e incremento de la eficiencia en logística. De igual manera, en el caso de Arabia Saudita [42] sus costos logísticos representan alrededor del 30% de sus precios de exportación.

El polo petroquímico debe de incluir una plataforma logística, entendida como un área definida y especializada que cuenta con la infraestructura y los servicios necesarios, dentro del cual se desarrollan las actividades relativas al transporte, empaque y distribución de los productos petroquímicos tanto para el territorio nacional como internacional.

Como se ha mencionado anteriormente la industria petroquímica debido al tamaño de sus plantas produce grandes volúmenes de productos, generando por lo tanto excedentes exportables. Así, una plataforma logística competitiva significa costos logísticos adecuados para contribuir de forma positiva al éxito comercial.

## **2.1.5 TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**

### **2.1.5.1 TECNOLOGÍA**

La tecnología entrega ventajas en costos y energía. Respecto a los tres tipos de polietilenos, los más importantes son el LDPE, HDPE y LLDPE. El cuadro N° 2.14 será complementado con los aspectos técnicos más relevantes de sus procesos, según el licenciante de tecnología. Los cuadros N° 2.18 y N° 2.19, resaltan estos aspectos.

CUADRO N° 2.18

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES PROCESOS INDUSTRIALES  
PARA LA OBTENCIÓN DE POLIETILENOS

N°	EMPRESA LICENCIANTE TECNOLOGÍA	NOMBRE PROCESO	PROD.	TIPO DE PROCESO	CATALIZADOR	COMENTARIOS DEL PROCESO
1	LYONDELL BASELL	LUPOTECH-T	LDPE	Reactor tubular	Peróxidos orgánicos como iniciador	Opera a 2000-3000 bar
		HOSTALEN	HDPE	Slurry (Suspensión)	Ziegler-Natta (Z-N)	Dos reactores en serie o paralelo. Distribución molecular: unimodal y bimodal
		SPHERILENE	HDPE	Fase gas	Z-N	Distribución molecular: unimodal y bimodal
			LLDPE	Fase gas	Z-N	Copolimero 1-buteno o 1-hexeno
		LUPOTECH-G	HDPE	Fase gas	Z-N	Utiliza como co-catalizador alcoóxido - alquilaluminio
2	BOREALIS	BORSTAR	HDPE, LLDPE	Fase gas	Z-N	Unimodal y bimodal
3	INNEOS	INNOVENE S	HDPE	Slurry	Z-N	Unimodal o bimodal
		INNOVENE G	LLDPE	Fase gas	Z-N	Comonomero 1-buteno o 1-hexeno
4	NOVA	SCLAIRTECH	HDPE, LLDPE	Solución	Z-N, basado en componentes de titanio y vanadio	Proceso SWING produce varios tipos de PE en un solo tren. Copolimero 1.buteno, 1-octeno
5	UNIVATION TECHNOLOGY	UNIPOL	HDPE, LLDPE	Fase gas	Z-N soportado en Cr o catalizador metalloceno	Produce también PE bimodal
6	ExxonMobil	-	LDPE	Reactor tubular o autoclave	Iniciadores: peróxidos orgánicos	Autoclave: 1600 bar Tubular: 2800 bar

Fuente: (43) + Elaboración propia

El cuadro N° 2.18 presenta los licenciantes de tecnología para obtener los tres tipos de polietilenos. En el caso del LDPE, es un homopolímero cuyos procesos no utilizan catalizador, operan a altas presiones y puede ser reactor autoclave o reactor tubular según el licenciane de tecnología.

Respecto de las tecnologías para obtener HDPE, utiliza catalizadores del tipo Ziegler y Natta, y son procesos que operan a presiones y temperaturas moderadas. La polimerización puede efectuarse en suspensión, solución o fase gas.

El LLDPE utiliza catalizadores del tipo Ziegler y Natta y son procesos que operan a presiones y temperaturas moderadas. A efectos de alcanzar una baja densidad utilizan un comonomero puede ser 1-buteno, 1-hexeno o 1-octeno según el licenciante de tecnología hasta un máximo de 10% en peso. La polimerización puede efectuarse en un reactor por solución o en fase gas.

El cuadro N° 2.19 muestra los 3 tipos de polietilenos y sus principales características físicas, químicas y de proceso de polimerización en los reactores.

**CUADRO N° 2.19**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y DE POLIMERIZACIÓN DE LOS POLIETILENOS**

PE	ESTRUCT. QUÍMICA	CATALIZ	PRESIÓN	CONTENIDO DE MONÓMERO	DENSIDAD gr/cm <sup>3</sup>	PESO MOLECULAR	PROCESO POLIMERIZ
LDPE	Ramificado	No (Iniciador)	Alta	Homopolímero	Baja 0.910 – 0.925 Max. 60% – 75% cristalinidad	100000 – 300000 gr/molgr Unimodal	-Autoclave -Tubular
HDPE	Lineal	Si	Moderado	Homopolímero	Alta 0.941 – 0.970 Min. 60% – 75% cristalinidad	200000 – 400000 gr/molgr Unimodal o Bimodal	-Suspensión -Solución -Fase gas
LLDPE	Lineal con ramificación lateral corta	Si	Moderado	Etileno + Comonomero: 1-buteno, 1-hexeno, 1-octeno. Hasta 10% en peso co-mon	Baja 0.915 – 0.935 ↑comonomero ↓ρ	200000 – 400000 gr/molgr Unimodal o bimodal	-Solución -Fase gas

Fuente: Elaboración propia

El cuadro N° 2.20 indica los tres tipos de polipropilenos, y las principales características físicas, químicas y de proceso de polimerización en los reactores.

**CUADRO N° 2.20**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y PROCESO DE**  
**POLIMERIZACIÓN DE LOS POLIPROPILENOS**

TIPO DE POLIPROPILENO	CONTENIDO DE MONÓMERO	ESTRUCTURA QUÍMICA	PROCESO DE POLIMER.	PROPIEDADES
HOMOPOLIMEO	PROPILENO	ISOTÁCTICO	MASA o FASE GAS	- RESISTENTE A LA TEMP. -TRANSPARENCIA MODERADA - QUEBRADIZO AL IMPACTO
RANDOM	PROPILENO+ COMONÓMERO: ETILENO, o 1-BUTENO, PENTENO, 1-HEXENO Hasta 7% Máximo	ISOTÁCTICO	MASA o FASE GAS	-TRANSPARENTE -LIMITADA RESISTENCIA AL IMPACTO
IMPACTO	PROPILENO+ COMONÓMERO: ETILENO, Hasta un 20%	ISOTÁCTICO	FASE GAS	-RESISTENTE AL IMPACTO AUN A BAJA TEMPERATURA

Fuente: Elaboración propia

El cuadro N° 2.21 presenta las tecnologías para obtener los tres tipos de polipropilenos: Homopolímero, random y de impacto. La polimerización del polipropileno homopolímero o polipropileno random se realizan en el primer reactor, mientras que el polipropileno de impacto se termina de elaborar (agregando etileno) en el segundo reactor.

Prácticamente en todos los licenciantes de tecnología resalta el proceso de polimerización en fase gas para obtener estos polipropilenos.

CUADRO N° 2.21

LICENCIANTES DE TECNOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES PROCESOS INDUSTRIALES PARA LA OBTENCIÓN DE POLIPROPILENOS HOMOPOLÍMERO, RANDOM E IMPACTO

N°	LICENCIANTE	NOMBRE DEL PROCESO	TIPO DE PP	PROCESO DE POLIM.	CATALIZ.	COMENTARIOS AL PROCESO
1	BOREALIS A/S	BORSTAR	Homopol.	Fase gas	Z-N	-Reactores en serie - 1° reactor (PP homopolímero y PP random), y 2° reactor (PP impacto)
			Random			
			Impacto	Fase gas		
2	Dow-Chemical &Univation Technologies	UNIPOL PP	Homopol.	Fase gas, lecho fluidizado	Z-N catalizador superactivo, soportado en Cloruro de Magnesio	- Reactores en serie - 1° reactor (PP-h, PP-r), 2° reactor (PP-i)
			Random			
			Impacto	Fase gas		
3	INEOS TECHNOLOGY	Innovene PP	Homopol.	Fase gas, flujo pistón	Z-N Catalizador superactivo	-Reactores en serie, los reactor horizontal agitado.
			Random			
			Impacto			
4	LUMMUS TECHNOLOGY	NOVOLEN	Homopol.	Fase gas	Z-N o catalizador metalloceno	-Reactores en serie agitados
			Random			
			Impacto	Fase gas		
5	LYONDELL BASSEL	SPHERIPOL	Homopol.	Masa	Z-N superactivo	-Masa-reactor loop con propileno líquido. -PP de forma esférica
			Random			
			Impacto	Fase gas		
		SPHERIZONE	Homopol.	Fase gas	Z-N superactivo	- 1° reactor fase gas, con dos zonas de reacción. -PP forma esférica
			Random			
			Impacto	Fase gas		

Fuente: (43) + Elaboración propia

### 2.1.5.2 INNOVACIÓN

La petroquímica es considerada una de las industrias con más rápido crecimiento tecnológico y con la generación de altos beneficios económicos. A efectos de entender su relación con la innovación se tratarán los siguientes aspectos:

- Modelo de empuje de la oferta y empuje de la demanda
- La innovación en los procesos petroquímicos
- Tendencias en la innovación de procesos y productos petroquímicos

#### 2.1.5.2.1 Modelo de empuje de la oferta y empuje de la demanda

La tendencia innovadora en la industria petroquímica se manifestó inicialmente en las actividades de innovación surgidas de inventores solitarios (Baekeland - bakelita) y de empresas pioneras (I.G. Farben-Alemania y DuPont-USA). Estos desarrollos innovadores se dieron en las primeras décadas del siglo XX hasta los años 1950s.

Los polímeros forman parte de los productos petroquímicos y entre los principales polímeros descubiertos en el periodo de tiempo indicado en el párrafo anterior se tiene: la bakelita (primer polímero sintético), policloruro de vinilo (PVC), el poliestireno (PS), nylon 66, polietileno (LDPE), tetrafluoroetileno (teflón), neopreno, entre otros. Estos productos se caracterizaron porque desde el momento en que fueron descubiertos hasta que alcanzan su comercialización hay un periodo de tiempo apreciable. Por ejemplo, el PVC fue elaborado por Fritz Klatte en 1912 pero el polímero no fue comercializado hasta 1931.

Desde fines de los años 1950s hasta principios de los años 1970s, dos importantes polímeros ingresaron para su comercialización el polietileno de alta densidad (HDPE) y el polipropileno (PP). Otras innovaciones de producto fueron la introducción de copolímeros, mezclas de polímeros con otros materiales y estructuras expandibles.

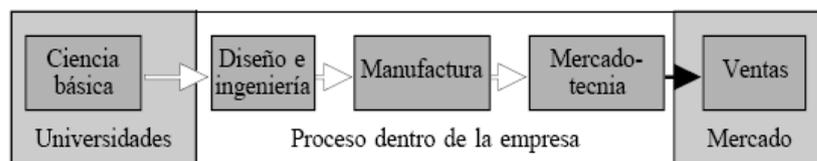
Walsh [44] examina los datos de patentes y producción en plásticos en los años 1930s a 1950s y verifica el ingreso de productos innovadores que cumplen con el modelo de innovación de Schumpeter y sugiere que el mecanismo de innovación en este periodo de tiempo corresponde al **empuje de la oferta**.

Así mismo, analiza la dinámica de patentes para el periodo 1960 hasta principios de los años 1970s que se caracteriza porque las innovaciones están en los nuevos procesos, los métodos de fabricación y los usos finales. Estas características cumplen con el modelo de Schmookler y sugiere que el mecanismo de innovación corresponde al **empuje de la demanda**.

Walsh sugiere también que los modelos de innovación **empuje de la oferta** y **empuje de la demanda** varía con el ciclo de vida de la industria.

El modelo de innovación empuje de la oferta se inicia en las ciencias básicas, y genera diseños de nuevos productos y nuevos procesos petroquímicos. Ver figura N° 2.15.

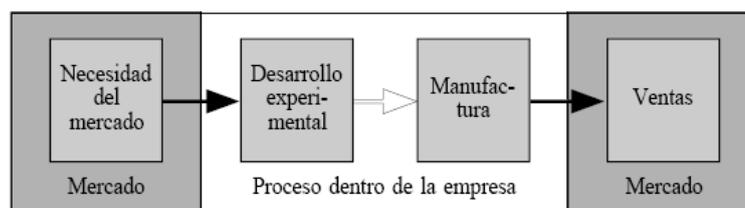
**El empuje de la oferta (primera generación)**



Fuente: (45)

El modelo de innovación empuje de la demanda genera cambios en los productos hacia su estandarización y la mejora u optimización de los procesos petroquímicos en respuesta a las necesidades del mercado. Ver figura N° 2.16.

**El empuje de la demanda (segunda generación)**



Fuente: (45)

La OECD [46] ha reportado que 46 de los 50 productos químicos de mayor volumen comercializados en 1976, permanecen dentro de los 50 productos químicos de mayor comercialización en 1993. Esta información indica la condición que la petroquímica es tecnológicamente madura, por lo que la innovación se estaría dando en los procesos petroquímicos y en menor proporción en los productos, todo esto guiado por el empuje de la demanda.

### 2.1.5.2.2 Innovación en los procesos petroquímicos

En la industria petroquímica existen dos grupos de innovadores:

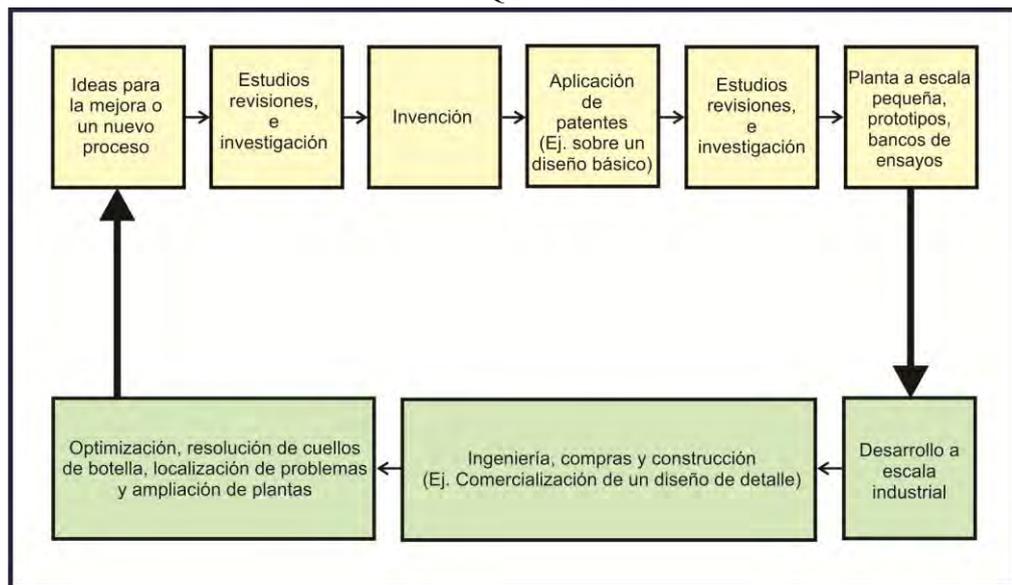
- Las empresas licenciantes de tecnologías y
- Las empresas productoras

Las **firmas licenciantes de tecnologías** son propietarias de patentes tecnológicas o propietarias de procesos. Estas empresas pueden usar sus tecnologías en el caso que también sean productores o transferir estas tecnologías o procesos a otras empresas a través de contratos-licencia. Las empresas licenciantes realizan Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), pero también ingeniería, suministro de materiales y equipos, y construcción.

Los **productores de petroquímicos** deciden utilizar procesos mejorados o nuevos procesos, y respecto a las licencias pueden ser de sus propios departamentos de ingeniería o de licenciantes externos.

A continuación se presenta un procedimiento simplificado para la innovación en procesos petroquímicos. Ver figura N° 2.17.

FIGURA N° 2.17  
PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO PARA LA INNOVACIÓN DE PROCESOS  
PETROQUÍMICOS

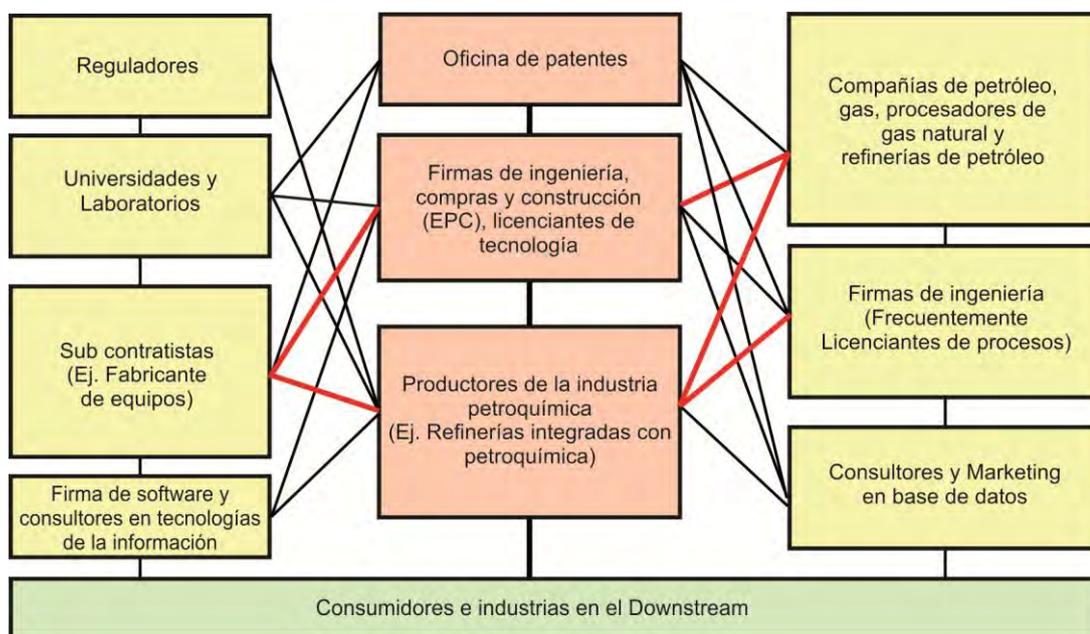


Fuente: (47)

En referencia a la gráfica se indica que **las firmas licenciantes** están muy involucrados en innovar en la ingeniería, los equipos y la construcción. Mientras **los productores** en actividades de innovación para resolver cuellos de botella, optimización del proceso, modernización o ampliación de la planta.

A continuación en la figura N° 2.18 se tiene a las empresas licenciantes de tecnología y las empresas productoras de productos petroquímicos y sus relaciones con otros grupos en el proceso de innovación. Las líneas rojas indican una mayor importancia entre dos grupos de innovadores.

FIGURA N° 2.18  
LOS INNOVADORES Y LAS INTERRELACIONES PARA LA INNOVACIÓN EN PROCESOS PETROQUÍMICOS



Fuente: (47)

El Manual de Oslo [48] distingue dos tipos de innovación en procesos:

- La mejora de un proceso existente y,
- El desarrollo de un nuevo proceso

Stobaugh [49] establece que **las actividades de innovación para la mejora de un proceso petroquímico** incluyen significativos progresos en los equipos, diferentes configuraciones de ingeniería (ejemplo, condiciones de reacción) y las operaciones

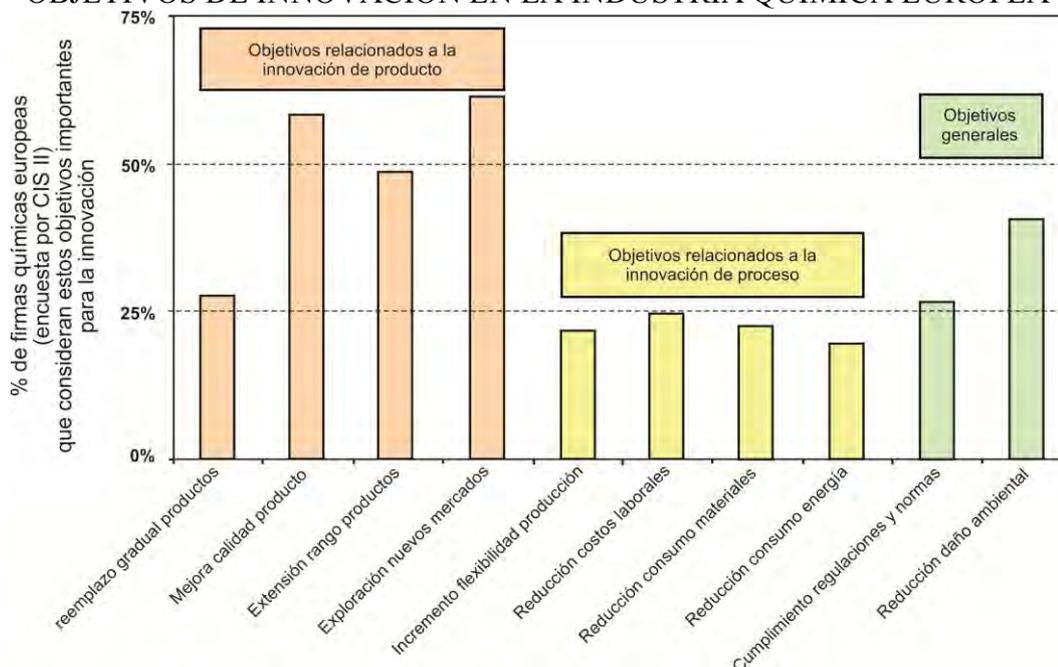
unitarias, considerando las mismas materias primas y la aplicación de similares principios de ingeniería. Así mismo, Ren [47] indica que la mejora de un proceso existente involucraría mejorar la eficiencia energética hasta un 5%.

Respecto a **la innovación en nuevos procesos**, Stobaugh [49] hace referencia a innovaciones radicales de nuevos equipos (nuevos reactores y catalizadores), configuraciones fundamentalmente distintas de ingeniería y de las operaciones unitarias, considerando que la materia prima puede ser la misma, similar o completamente nueva. Así mismo, Ren [47] indica que considerando la misma materia prima los ahorros en energía podrían llegar hasta un 20%.

### 2.1.5.2.3 Tendencia en la innovación de procesos y producto

Como referencia, a continuación se presenta la figura N° 2.19 con los resultados de la encuesta de innovación en la Comunidad Europea [50] (European Community Innovation Survey II – CIS II) aplicado a las empresas químicas europeas donde muestran cuales son sus objetivos más importantes para la innovación de producto y de proceso.

FIGURA N° 2.19  
OBJETIVOS DE INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA QUÍMICA EUROPEA



Fuente (50)

Respecto a la **innovación de procesos** hay casi una igualdad en los objetivos a alcanzar, orientándose al cumplimiento de las regulaciones y estándares, incremento en la flexibilidad de la producción, reducción de los costos laborales, reducción del consumo de materias primas y similares, reducción del consumo de energía y como objetivo general pero no prioritario la reducción de los daños al medio ambiente.

Respecto a la **innovación de producto** el interés principal está en explorar nuevos mercados, mejorar la calidad del producto y expandir el rango de productos, y en menor proporción el reemplazo gradual de productos.

En el caso de la Petroquímica Europea, en los últimos años la Investigación, Desarrollo e Innovación se orienta hacia un incremento de la cadena de valor para obtener productos que involucran mayor tecnología y sofisticación, y particularmente hacia aquellos productos que ayudan a la reducción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). De esta forma, es menos dependiente la competencia con los commodities de bajo costo proveniente del Medio Oriente.

En tal sentido, Crotty [51] menciona algunos de ellos: materiales sofisticados de poco peso que mantengan la comida en buen estado y que en su transporte se reduzca la contaminación ambiental; tuberías de bajo peso por unidad de longitud capaces de transportar fluidos a alta presión; plásticos de ingeniería y composites para fabricar las hojas para las turbinas de viento y las celdas de los paneles solares; ingredientes para la industria farmacéutica; incrementar la reciclabilidad de los plásticos; nuevos materiales aislantes aplicados a residencias e industrias que hagan eficiente el consumo de la energía, entre otros.

Finalmente, Svarzman [52] cuantifica en el sector hidrocarburos la inversión en I+D, indicando que se encuentra por debajo del 1% de sus ventas anuales. Así mismo, a nivel global y considerando las principales 1000 empresas transnacionales, el sector **química y energía** solo representa el 7% de las inversiones en I+D.

### 2.1.6 ESTADO - GOBIERNO

Es importante subrayar que la industria petroquímica actual se desarrolla en un contexto de bastante competencia, con ciclos cuyos periodos duran entre 8 a 10 años en los cuales pueden registrarse resultados económicos fuertemente negativos, muchas veces con relativamente cortos márgenes de rentabilidad, con el requerimiento de grandes inversiones en el largo plazo para mantener activa esta industria.

Por este motivo, el Estado a través de sus gobiernos debe generar las políticas de desarrollo adecuados para su implementación y competitividad en el tiempo.

Chudnovsky [53] describe los siguientes elementos a considerar por parte del Estado:

- Desarrollar un esquema de interacciones entre el gobierno y el sector privado, que provea un marco de estabilidad y predictibilidad en las políticas de Estado.
- Promoción de las inversiones en proyectos petroquímicos y creación de oportunidades de negocio a partir del establecimiento de ambientes basados en el buen gobierno y la confianza, respetando el interés mutuo de los inversionistas y autoridades.
- Definir políticas públicas que apoyen la implementación, el desarrollo y consolidación de la cadena de valor petroquímica con reglas de asignación claras para todos los participantes.
- Elaboración y aplicación de la regulación ambiental y de seguridad, y la promoción de la adopción de criterios más avanzados en materia de gestión ambiental para reducir las externalidades en lo que hace a la contaminación.
- Protección de la industria frente a la competencia desleal
- Política comercial respecto de las barreras arancelarias y competitividad cambiaria para la exportación.

### **2.1.7 MODELOS DE INTEGRACIÓN PETROQUÍMICO**

Los conceptos hasta ahora tratados como: materia prima, grandes plantas, localización, logística, tecnología, entre otros, están orientados a reducir los costos de los factores que determinan el precio del producto petroquímico, con el propósito que compitan con los precios de los productos de otros países dentro de un contexto global.

Los modelos de integración petroquímica no están directamente relacionados con la reducción de costos, sino con el valor agregado y uso que se puede dar a los productos petroquímicos.

Los modelos de integración petroquímica que se van a desarrollar son los siguientes:

- 2.1.7.1**      Modelo exportador,
- 2.1.7.2**      Modelo doméstico y
- 2.1.7.3**      Modelo intermedio

La explicación de estos modelos se sustentará en el desarrollo petroquímico efectuado en el tiempo y de cierto éxito por países como:

- Trinidad y Tobago, Arabia Saudita → modelo exportador
- Brasil → modelo doméstico
- Corea del Sur y España → modelo intermedio

#### **2.1.7.1 MODELO PETROQUÍMICO EXPORTADOR**

Este modelo de integración se caracteriza por la disponibilidad propia de materia prima a bajos precios. Los productos petroquímicos finales producidos son commodities que no se utilizan en el mercado nacional debido a su poco desarrollo y casi en su totalidad se destinan a la exportación mundial. Ejemplos de este modelo son Trinidad y Tobago y Arabia Saudita, los que seguidamente se explicarán.

### 3.1.7.1-A LA PETROQUÍMICA EN TRINIDAD Y TOBAGO

Según el Banco Mundial [54] en el año 2010 la industria del petróleo y gas natural represento en Trinidad y Tobago el 40% del PIB, el 80% de sus exportaciones y 5% del empleo. Se reporta [55] que a fines del año 2010 las reservas probadas de gas fueron del orden de 12.9 TCF.

El desarrollo del sector petroquímico ha tenido tres etapas:

- La primera durante el periodo 1956 – 2000 en la cual es Estado tuvo una mínima participación en la economía.
- La segunda el periodo 1970 a 1986 en la cual el Estado asume el control de la economía.
- La tercera y presente fase en la cual el Estado tiene una función de promotor/facilitador.

La tercera etapa se inicia a fines de los años 80 con la estrategia **Industrialización Basada en los Recursos (IBR)**, que consiste en focalizar los esfuerzos de industrialización en la cadena de valor, es decir desarrollar actividades que permitan transformar los recursos naturales en productos de valor agregado, en lugar de exportarlo en su forma primaria.

En el caso de la industria petroquímica Bissessar & Hosein [56] explican que en aplicación al modelo IBR el Estado tuvo un rol decisivo para el crecimiento y desarrollo de este sector, implementando medidas para incentivar la participación de los inversionistas, tales como:

- Precio del gas natural muy atractivos
- Concesiones fiscales respecto al pago de ciertos impuestos por un determinado periodo de tiempo, exenciones tributarias y otros incentivos.
- Suministro de infraestructura tales como: lugares para instalar industrias, instalaciones portuarias, servicios y telecomunicaciones.

De acuerdo al Ministerio de Energía de Trinidad y Tobago [57] su downstream esta caracterizado mayoritariamente por la producción de productos petroquímicos

intermedios tales como el amoníaco y metanol y en menor proporción de principales tal como la urea. El cuadro N° 2.22 describe esta diversificación de productos:

CUADRO N° 2.22 PETROQUÍMICA EN TRINIDAD Y TOBAGO Y LA DIVERSIFICACIÓN DE PRODUCTOS PETROQUÍMICOS

PRODUCTO	N° PLANTAS	CAPACIDAD TM/AÑO
Amoníaco	11	5'200,000
Metanol	6	6'000,000
UREA	1	710,000

Fuente (57)

Respecto del modelo de desarrollo de Trinidad y Tobago, Barclay [58] explica que el gobierno ha puesto énfasis en un modelo de desarrollo **orientado a la exportación**. En el caso de la industria petroquímica, la viabilidad en el largo plazo y su competitividad requerirá de una integración vertical y la presencia de más empresas relacionadas a la industria petroquímica dado que las actividades petroquímicas en el Downstream es muy poca.

#### 2.1.7.1-B LA PETROQUÍMICA EN ARABIA SAUDITA

Las reservas probadas de petróleo [55] a fines del 2010 alcanzaban los 264.5 mil millones de barriles de petróleo, es decir el 24% de las existentes en el mundo, constituyéndose en el primer exportador de petróleo y el líder en el cártel de la OPEP. Respecto del gas natural tiene como reservas probadas 283.1 trillones de pies cúbicos (TCF) y representa el 4% de la reserva mundial.

Arabia Saudita tiene una economía basada en el petróleo y el gas natural, este sector representa el 75% de los ingresos presupuestados por el país, el 40% de su PIB y el 90% de sus ingresos por exportaciones.

Al-Sadoun [59] indica que el desarrollo de la industria petroquímica en Arabia Saudita tiene tres fases o etapas bien diferenciadas, que a continuación se describen:

#### 2.1.7.1-B1 Fases de desarrollo de la petroquímica en Arabia Saudita

**Primer Fase:** corresponde a los años previos hasta 1983, en la cual se generan las bases de esta industria con los siguientes eventos importantes:

- En 1976, establecimiento de las ciudades industriales de Jubail y Yanbu que incluye la construcción y mantenimiento de infraestructura de las mejores en mundo, con un capital de US\$ 22 billiones.
- Desarrollo de un Sistema Maestro de Redes de Gas denominado Master Gas System (MGS) por la empresa estatal Saudi Aramco con un costo de US\$ 12 billiones para la construcción de: sistemas de recolección de gas, plantas de procesamiento, plantas de fraccionamiento, almacenamiento, gasoductos y una terminal de exportación de los líquidos del gas natural.
- Establecimiento de la **Corporación de Industrias Básicas Saudi (SABIC)**, 100% de propiedad del gobierno para la producción de productos petroquímicos intermedios y básicos, fertilizantes y metales. En 1984 SABIC fue privatizada en un 30% a inversores saudies e inversores del golfo pérsico.

**Segunda Fase:** corresponde al periodo 1983 – 1999 que tiene dos componentes importantes:

- En 1994 la construcción del primer cracker flexible (para producción de olefinas) que admite distintos tipos de carga, por parte de la empresa Arabian Petrochemical Co. (Petrokemya) una subsidiaria de SABIC. Esto marca el comienzo de los cracker con alimentación mixta.
- En 1995 ocurre la apertura del sector petroquímico a los inversores privados. Esto conduce a la puesta en marcha a partir de 1999 de nuevas plantas petroquímicas en la ciudad de Al-Jubail. La Corporación Saudi-Chevron-Phillips Co. es la primera empresa totalmente privada en desarrollar petroquímica en Arabia Saudita.

**Tercera Fase:** periodo corresponde a los años 2000 - 2005, que tiene dos eventos importantes:

- Cambio gradual hacia la globalización de su producción. Como ejemplo se tiene la adquisición de DSM Petrochemicals en el 2002. DMS es una empresa de origen holandés que licencia tecnologías para producir polímeros y especialidades químicas.
- Join venture entre Saudi Aramco y Sumitomo Chemical Co. de Japón para desarrollar en la ciudad de Rabigh un complejo integrado de refinación y petroquímica. Parte del join venture consiste en formar la empresa Rabigh

Refining & Petrochemical Co. (PetroRabigh). Saudi Aramco se compromete a suministrar petróleo, etano y butano y Sumitomo su tecnología en la producción de productos petroquímicos tales como: polietilenos, polipropilenos, óxido de propileno, mono etilen glicol (MEG), 1-buteno, entre otros productos.

La forma en que se viene desarrollando la industria petroquímica en Arabia Saudita es distinta al de los países desarrollados. Esta no surge de una fuerte demanda local de productos petroquímicos o debido al desarrollo de tecnología propia. Tiene origen en las grandes reservas de gas natural, de los cuales el 61% es gas asociado, muy rico en etano.

Arabia Saudita no exporta su gas natural, en vez de ello lo utiliza para sostener su rápida industrialización. El metano, etano, los líquidos del gas natural y todos los derivados del gas natural son utilizados en su industria petroquímica que se constituye en la mejor opción para agregar valor, permitiendo así una mejora económica y social del país.

#### **2.1.7.1-B2 Diversificación de sus productos petroquímicos**

Actualmente, los productos petroquímicos se producen en 16 complejos de escala mundial ubicados en las ciudades de Jubail y Yanbul. Están divididos en las siguientes categorías:

**Petroquímicos básicos:** incluye al metanol, etileno, propileno, butadieno y benceno. Representa el 48% de la variedad de productos producidos.

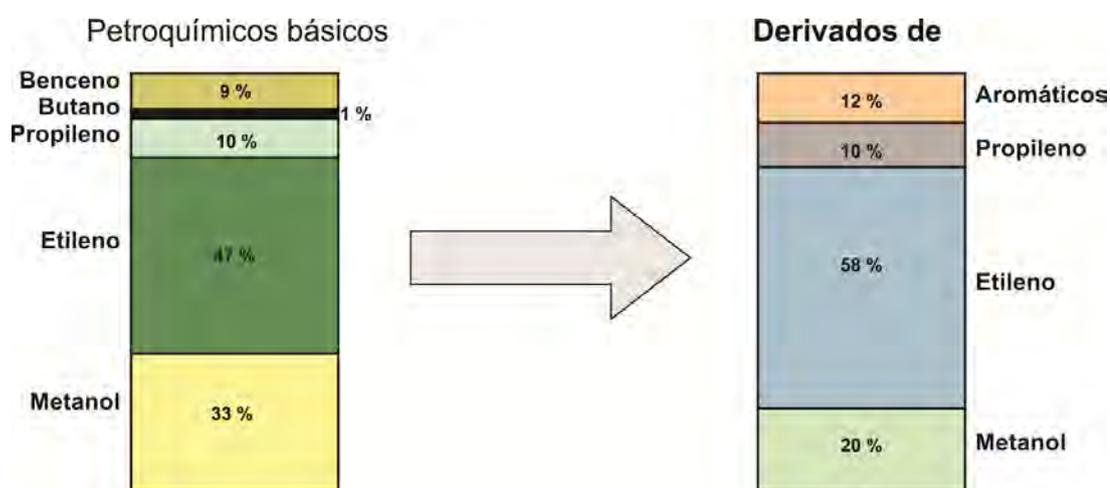
**Químicos y productos intermedios:** incluye al etilenglicol, metilterbutileter (MTBE), ciclohexano, etanol, ácido tereftálico puro, 2-etil hexanol, dioctilo ftalato, estireno, dicloroetileno, monómero cloruro de vinilo, y buteno 1. Esta categoría representa el 31 % del total de productos.

**Polímeros:** incluye al polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), policloruro de vinilo (PVC), polietileno tereftalato (PET). Esta categoría representa el 21% del total de productos producidos.

**Especialidades químicas:** aminoetanol, aminometil, dimetilformamida, cloruro de colina, dimetiletanol, dimetiletanolamina, etoxilados, fenol, cumeno y policarbonato.

El etileno y el metanol representan el 80% de los petroquímicos básicos, mientras que los productos que se derivan de estos dos productos básicos representan el 78%, tal como se puede ver en la figura N° 2.20.

FIGURA N° 2.20  
PORCENTAJES DE PRODUCTOS PETROQUÍMICOS BÁSICOS Y SUS DERIVADOS EN ARABIA SAUDITA



Fuente (59)

### 3.2.7.1-B3 Capacidad instalada

En el año 2010, la industria petroquímica Saudí representó aproximadamente el 13% de la producción mundial petroquímica, convirtiéndose en uno de los cuatro mayores productores de commodities petroquímicos. El cuadro N° 2.23 presenta la capacidad instalada de los distintos productos petroquímicos y su posición en el mundo.

CUADRO N° 2.23  
CAPACIDAD INSTALADA 2010 Y POSICIÓN EN EL RANKING GLOBAL

PRODUCTO	CAPACIDAD MILLONES DE TONELADAS	RANKING MUNDIAL
Metanol	7.6	2
Etileno	11.5	4
Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	3.85	3
Polietileno Lineal de Baja Densidad (LLDPE)	3.55	2
Polietileno de Baja Densidad (LDPE)	1.2	4
Mono-etilen glicol (MEG)	5.5	1
Propileno	5.19	4
Polipropileno (PP)	5.2	3
Estireno	2.25	2
<b>TOTAL</b>	<b>45.84</b>	

Fuente (59)

### **3.1.7.1-B.4 Competitividad**

Arabia Saudita año a año mejora su posición en el mercado mundial de petroquímicos. Al-Sadoun [60] indica que con el propósito de intensificar su competitividad global en el corto y mediano plazo, ha iniciado estrategias básicas de desarrollo tales como:

- Diversificación de la materia prima
- Incremento de los joint venture con grandes empresas del sector
- Mayor énfasis en investigación y desarrollo (I&D)
- Promover una mayor participación del sector privado
- Expansión y profundización en el downstream logrando una mayor diversificación de productos
- Generar entorno propicio para la inversión
- Mercado abierto e incremento de la competencia.

El cuadro N° 3.24 describe estos mismos factores de competitividad que actualmente viene desarrollando industria petroquímica Saudí.

### **3.1.7.1-B5 Diversificación de productos y Profundización en el downstream**

Las grandes fluctuaciones de los precios del petróleo en el mercado internacional hacen que haya mucha volatilidad en las ganancias por la exportación del petróleo Saudí. Esta situación empujó al gobierno Saudí a tomar medidas para agregar valor a sus grandes reservas de petróleo y gas natural impulsando así el desarrollo de la industria petroquímica.

En **una primera etapa** se invirtió grandes cantidades de dinero en la industria petroquímica, la cual fue complementada con grandes inversión de empresas privadas petroquímicas de talla mundial, las cuales eran atraídas por los bajos precios de materia prima. En el caso del gas natural el reporte ACHEMA del 2009 [61] indica que Saudi Aramco provee esta alimentación a 0.75 US\$/MMBtu. En esta primera etapa las inversiones se orientaron en la construcción de plantas principalmente para producir productos petroquímicos básicos (etileno, propileno) y algunos intermedios (metanol, etilenglicol).

En **una segunda etapa** el gobierno Saudí promueve la competitividad de la industria con las siguientes acciones:

- Diversificación de las materias primas a transformar,
- Mantener las ventajas competitivas de bajo precio de materia prima petroquímica,
- Promover los join-ventures con empresas privadas,
- Intensificar el I+D, entre otros.

Esto permitió la diversificación de producto obteniéndose de mayor valor agregado tales como:

- Los commodities LDPE, HDPE, LLDPE, PP, PS, PVC, PET. Otros no commodities como el MEG, MTBE, 1-buteno, etc.
- Las especialidades químicas (9) aminoetanol, aminometil, dimetilformamida, cloruro de colina, dimetiletanol, dimetiletanolamina, etoxilados, fenol, cumeno y policarbonato.

### **3.1.7.1-B6 Mercado de exportación**

La industria petroquímica de Arabia Saudita tiene una fuerte **orientación exportadora** por lo que es vulnerable a las condiciones del mercado internacional. En el año 1996 [42] Asia compró más del 50% y Europa más del 10% de los productos petroquímicos exportados por Arabia Saudita.

Su ingreso en 2005 a la Organización Mundial de Comercio le ha permitido posicionarse mejor en el mercado internacional y continuar con su **orientación exportadora** de productos petroquímicos.

Arabia Saudita exporta grandes cantidades de polietilenos a la China y en este país son procesados y transformados a films o películas, carretes de plástico, bolsas plásticas, etc, que finalmente terminan siendo exportados a USA o Europa.

Por este motivo, el gobierno Saudí desea impulsar la industria transformadora de plástico estimulando la inversión y empleo, de manera que pueda competir globalmente. Desea desarrollar este tipo de exportación para capturar más de la cadena de valor.

En este proceso de **expansión del downstream** el objetivo [42] es insertarse en el mercado global de plásticos, con el objetivo de pasar del 1% de acceso de este mercado al 15% en el año 2020.

**CUADRO N° 2.24**  
**COMPETITIVIDAD DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA EN ARABIA SAUDITA**

N°	COMPETITIVIDAD	DESCRIPCIÓN
1	<b>DIVERSIFICACIÓN DE LA MATERIA PRIMA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-En AS los productores de petroquímicos tienen acceso a materias primas de bajo costo (metano y etano) que lo hace competitivo en el mercado de exportación.</li> <li>-Antes de 1994 todos los Steam Crackers en AS eran alimentados 100% con etano.</li> <li>- Se implementan cambios debido a la limitada disponibilidad de etano y la poca diversificación de productos a partir de esta materia prima.</li> <li>-Desde 1994, nuevos Crackers flexibles que aceptan cargas como etano-propano, etano-butano y etano-condensados ligeros, son puestos en operación. Así mismo, el GLP como carga al proceso Cyclar para la producción de aromáticos</li> <li>-Integración refinería-petroquímica para producir propileno a partir de modificaciones al Craqueo Catalítico Fluido (FCC).</li> <li>- La diversificación de materias primas permite obtener más productos petroquímicos en downstream.</li> </ul>
2	<b>INCREMENTAR JOIN VENTURES (JV)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-JV para completar la carencia de tecnología y de mercado.</li> <li>-El 70 % de los proyectos petroquímicos existentes en Arabia Saudita son JV con grandes empresas como: ExxonMobil, Royal Dutch Shell, Mitsubishi, Hoechst-Celanese, Neste Oil Corp, Ecofuel y Chevron-Phillips, entre otros.</li> <li>-En los proyectos petroquímicos está el 60% del total de la Inversión Extranjera.</li> <li>-Las nuevas leyes establecen impuestos del 45% a los beneficios de las corporaciones extranjeras después de un periodo de gracia de 10 años.</li> </ul>
3	<b>ÉNFASIS EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (I&amp;D)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La I&amp;D es reconocida como una fuente de competitividad y elemento clave para un crecimiento sostenido.</li> <li>-SABIC tiene centros de I&amp;D en Riyadh, Jubail, Houston-USA, India y Holanda. Ha adquirido DMS y Scientific Design que son empresas que desarrollan tecnología.</li> <li>- Este esfuerzo ha permitido el desarrollo y comercialización de varias tecnologías propias: IFP-Sabic tecnología para 1-buteno. Sabic-Ibn Rushid tecnología para Ácido acético por oxidación directa del etano. Sabic-Linde AG alfa-olefinas lineal.</li> </ul>
4	<b>MAYOR PARTICIPACIÓN DEL SECTOR PRIVADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Para evitar la disminución constante de ingresos por la venta solo de petróleo, Arabia Saudita ha promocionado la participación del sector privado en la economía y concretamente en petroquímica.</li> <li>-En 1995 se liberaliza el sector y se invita a inversionistas privados tanto locales como extranjeros para invertir en la industria.</li> <li>-En 1999 la empresa Saudi Chevron Petrochemical LLP es la primera empresa totalmente privada en Arabia Saudita en poner en marcha un complejo para producir benceno y ciclohexano. Otras empresas privadas en construir nuevas plantas son Tasnee, Sipchem, Saudi-Chevron, Sahara Petrochemical Co., etc.</li> <li>- En AS actualmente el sector privado es el encargado de desarrollar proyectos petroquímicos de gran escala.</li> </ul>
5	<b>EXPANSIÓN Y PROFUNDIZACIÓN EN EL DOWNSTREAM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-En AS las grandes inversiones en petroquímica están concentradas en la etapa básica (producción de grandes cantidades de etileno y propileno) e intermedia por el beneficio de bajos costos de materia prima y en menor proporción en la etapa final.</li> <li>-Expansión de la inversión en el Downstream para la producción de óxido de propileno, ácido acético, monómero vinil acetato, alfa-olefinas, distintos tipos de polietilenos (LDPE, HDPE, LLDPE), PP, MEG, entre otros.</li> <li>-Profundizar en el Downstream para insertarse en el mercado global de transformación de plásticos, pasar del 1% de acceso de este mercado al 15% en el año 2020.</li> </ul>
6	<b>ENTORNO PROPICIO PARA LA INVERSIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Implementación de reformas estructurales e institucionales para incrementar las inversiones privadas.</li> <li>-AS se compromete a mantener precios competitivos para las materias primas y expandir la infraestructura de las ciudades industriales de Jubail y Yanbu.</li> </ul>
7	<b>MERCADO ABIERTO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desde diciembre del 2005 y después de 12 años de negociaciones AS es miembro de la Organización Mundial de Comercio.</li> <li>-Reducción de tarifas arancelarias de economías protegidas permitirá incrementar sus exportaciones de petroquímicos, mejorando su posición en el mercado internacional.</li> <li>- El mercado abierto traerá una fuerte competencia entre productores petroquímicos tanto global como localmente. Solo aquellos que tengan ventajas en sus costos sobrevivirán a la competencia.</li> </ul>

Fuente: (60)

A continuación se presenta la figura N° 3.21 que representa al modelo exportador donde los productos petroquímicos principalmente se destinan a la exportación.

FIGURA N° 2.21



Fuente: Elaboración propia

### 2.1.7.2 MODELO PETROQUÍMICO DOMÉSTICO

En este modelo hay disponibilidad propia o la importación de la materia prima pero su principal característica es que la industria petroquímica está altamente integrada en su mercado nacional. Los productos petroquímicos se convierten en materia prima para otros sectores industriales nacionales continuando la transformación hasta obtener productos de alto valor agregado.

Hay poco excedente de productos petroquímicos finales para la exportación, un ejemplo de este modelo es la petroquímica en Brasil, el cual se describe a continuación en sus aspectos más importantes.

#### 2.1.7.2-A LA PETROQUÍMICA EN BRASIL

El desarrollo de la industria petroquímica brasileña identifica varias fases que han consolidado su desarrollo. Bishoff [62] identifica tres, las que a continuación se describen en sus aspectos más importantes:

### 2.1.7.2-A1 Fases de desarrollo de la petroquímica en Brasil

**A1.1 Primera Fase** corresponde a los años 1952 – 1985 y tiene los siguientes eventos relevantes:

**-Modelo de sustitución de importaciones - la sustitución de las resinas importadas.** Este desarrollo empieza con la creación de PETROBRAS en 1952 y la vinculación de la industria petroquímica a actividad de refinación de petróleo. En 1957 el Consejo Nacional del Petróleo (CNP) faculta a PETROBRAS la producción y comercialización de los petroquímicos básicos, dejando la distribución y la petroquímica secundaria a la iniciativa privada o empresas brasileñas con capital nacional. Integrado a la refinación se logra construir plantas de tamaño reducido como PEAD (7000 TM/año), PVC (10000 TM/año).

**-El Modelo Tripartito.** El fracaso de algunos proyectos de envergadura llevados adelante por empresas como la Union Carbide y Phillips Petroleum, generaron un vacío en la industria petroquímica brasileña. A efectos de no perder lo avanzado, el Estado Brasileño vuelve a participar pero en esta ocasión PETROBRAS no podía hacerlo por impedimentos legales, por lo que en 1968 se crea una subsidiaria PETROBRAS QUÍMICA S.A. (PETROQUISA).

Así pues, el Estado vuelve a actuar como inversionista debido a la fragilidad de la iniciativa privada de aquel entonces y PETROQUISA lidera un nuevo proceso de industrialización de la petroquímica en Brasil

En estas condiciones se crea **el modelo tripartito**, que promovía la participación de tres entes: Petroquisa, las Empresas Brasileñas y las Empresas Multinacionales (poseedoras de las tecnologías). Dicho **modelo establecía que el capital nacional debería ser mayoritario y que la participación estatal nunca sería inferior a cualquier socio.**

Este modelo que posteriormente sería generalizado, permitió la consolidación del polo petroquímico de Sao Paulo, la creación de otros 2 polos petroquímicos como el de Camacari en Bahia Blanca (COPENE), el Triunfo en Rio Grande do Sul (COPESUL).

El modelo tripartito constituyó la palanca que impulsó el desarrollo de la petroquímica en Brasil (3 polos petroquímicos), pero presentaba algunas restricciones, como por ejemplo, la decisión a priori de la tecnología en función del grupo empresarial interesado en participar en el proyecto. Es decir, la elección de la tecnología no llevaba en consideración aspectos relevantes como: el análisis con relación al mercado, segmentación, temas logísticos y otros actualmente decisivos.

**-Fuertes regulaciones por parte del gobierno.** La implantación de la industria petroquímica brasileña fue hecha a partir de un régimen de regulación predominantemente estatal. El cuadro N° 2.25 resume las regulaciones para la época:

CUADRO N° 2.25  
REGULACION ESTATAL EN PETROQUÍMICA  
DESARROLLADA POR EL ESTADO BRASILEÑO

<b>1</b>	<b>MECANISMOS REDUCTORES DE LA INCERTIDUMBRE DE INVERSIÓN</b>
	1.1 Protección contra importaciones
	1.2 Selección de participantes del sector
	1.3 Provisión de materias primas
	1.4 Aporte de capital de riesgo
	1.5 Selección de la tecnología
<b>2</b>	<b>MECANISMOS REDUCTORES DE COSTOS DE INVERSIÓN</b>
	2.1 Crédito preferencial para capital fijo
	2.2 Crédito para actividades tecnológicas
	2.3 Apoyo técnico para la implantación de fábricas y actividades tecnológicas
	2.4 Incentivos fiscales para equipamiento nacional e importado. Exención de impuestos para equipamientos importados.
<b>3</b>	<b>MECANISMOS REDUCTORES DE COSTOS DE OPERACIÓN</b>
	3.1 Precios de la nafta
	3.2 Incentivos fiscales, exención de impuesto a la renta, crédito de impuesto de circulación de mercaderías y depreciación acelerada.
<b>4</b>	<b>MECANISMO DE APOYO A LAS EXPORTACIONES</b>
	4.1 Precios diferenciados
	4.2 Incentivos fiscales
	4.3 Comercialización
<b>5</b>	<b>PRESIONES PARA REALIZAR ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS EN EL PAÍS</b>
	5.1 En la contratación de tecnología importada
	5.2 En la concesión de créditos
	5.3 Directamente
<b>6</b>	<b>MECANISMOS DE COORDINACIÓN</b>
	6.1 Bilaterales
	6.2 Multilaterales

Fuente: (63)

**A1.2 Segunda Fase** corresponde a los años 1985 – 1995 y tiene los siguientes eventos relevantes:

**-Reducción de las inversiones, fin del control de precios por el gobierno y modificaciones regulatorias**

Utilizando los datos de Olivera [64] se estima que en el periodo 1973/1982 el sector habría invertido una media de US\$ 466 millones por año, en tanto que en el periodo 1982/1988 la inversión habría disminuido a US\$ 287 millones anuales. La década de los años ochenta supuso un periodo de grandes turbulencias económicas, con periodos de inflación alta y estancamiento del crecimiento del país. En este contexto de aceleración inflacionaria, el control de precios provocó grandes fluctuaciones en los márgenes operacionales de las empresas, que terminó en una sustancial pérdida de eficiencia en PETROQUISA y sus subsidiarias. Finalmente, el control de precios de los productos petroquímicos es abolido en 1991.

Se implementan modificaciones al contexto regulatorio tales como: apertura a las importaciones, reducción de las tarifas de protección y eliminación del control de precios.

**- Movimientos de Privatización**

A inicios de los años 90 tiene lugar un intento de estabilización de la moneda en Brasil que incluye el proceso para desaparecer el sistema de regulación, lo que provocó una fuerte retracción de la economía nacional, el estancamiento de los mercados consumidores y la eliminación de barreras tarifarias. En este momento empezó el proceso de privatización de la industria petroquímica brasileña, con la venta de las acciones de PETROQUISA a empresas que no fueran productoras y comercializadoras de petroquímicos básicos. De esta manera los grupos empresariales ODEBRECHT, IPIRINGA, SUZANO Y ULTRA, amplían su actuación en el escenario local.

Otra característica importante de este proceso es que tratan que la transferencia de estos activos petroquímicos sea a grandes grupos empresariales que puedan ser capaces de competir internacionalmente dada la apertura a las importaciones.

**A1.3 Tercera Fase** corresponde a los años 1995 – 2006 y más allá. Tiene los siguientes eventos relevantes:

**-Tendencias globales – crecimiento y preparación para competir globalmente**

En el año 2001 se privatiza el complejo petroquímico COPENE con la participación del grupo ODEBRECHT y el grupo MARIANI. Se construyen las bases de una nueva petroquímica fusionando la petroquímica de primera y segunda generación que permite sinergias, economías de escala y optimización del portafolio de productos.

En el año 2002 se formó BRASKEM, el primer gran grupo empresarial petroquímico de Brasil, bajo la gestión de ODEBRECHT. Con la siguiente composición accionaria: Odebrecht (38.3%), Petrobras (25.3%), BNDESPar (5.1%) y otros (31.3%). El nuevo modelo causó un impacto positivo debido a la integración de la petroquímica de primera y segunda generación en un mismo grupo empresarial. De esta forma se rompe con el modelo de separación existente hasta entonces, donde estas etapas de producción la realizaban distintas empresas.

La segunda gran empresa petroquímica en formarse es QUATTOR con la siguiente composición accionaria Unipar (60%) y Petrobras (40%). Incluye dos grandes petroquímicas RioPol y Nova Petroquímica.

En 2010 se fusionan Braskem y Quattor presentándose como **BRASKEM (51% Odebrecht y 49% Petrobras)**. Esta unión de empresas combina una capacidad de producción de olefinas de 5 millones de TM/año, con 3.035 millones de PE y 1.965 millones de PP; haciéndose del control efectivo del 100% de la producción de PE, PP y PVC en el Brasil.

Como indica Gradin [65] a mediados de los años 90's la industria petroquímica brasileña estaba constituida por muchas empresas pequeñas (comparadas con el tamaño de las empresas petroquímicas mundiales) que realmente dificultaba su integración. Por lo tanto, **BRASKEM es el resultado de un proceso de**

**transformación que culmina con la formación de un grupo empresarial nacional privado fuerte capaz de competir internacionalmente** y le permite clasificarse actualmente entre las 10 empresas petroquímicas más importantes del mundo.

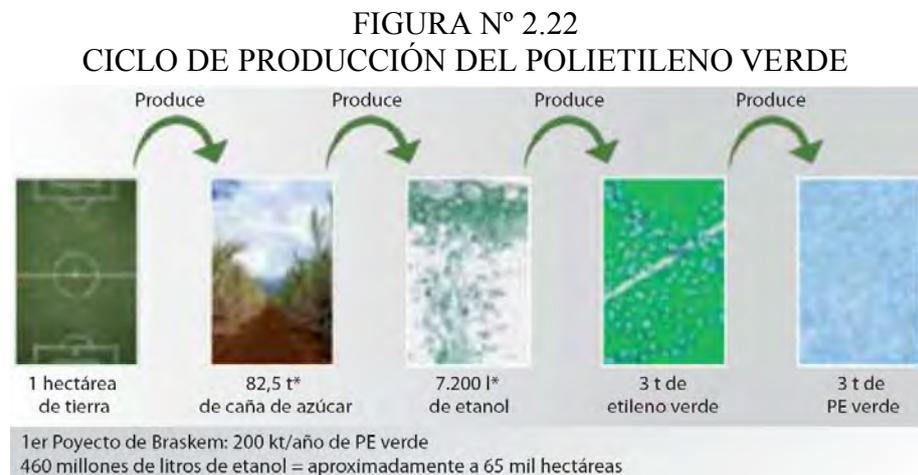
**- Ingreso del gas natural como materia prima – Rio Polímeros S.A. (RioPol)**

RioPol es el primer complejo integrado gas – petroquímica de America Latina inaugurado en junio del 2005. Fabrica resinas a partir de las fracciones del etano y propano del gas natural proveniente de los campos de gas en el Estado de Río de Janeiro. Por lo tanto, es una planta integrada desde el craqueo a la polimerización. Produce aproximadamente 540000 toneladas anuales de polietilenos para el mercado nacional. La inversión de este proyecto asciende a 1080 millones de dólares americanos.

**- Diversificación de la materia prima petroquímica**

La materia prima clásica utilizada en la industria petroquímica brasileña ha sido la nafta petroquímica. En 2005 con el inicio de las actividades de RioPol empieza el uso del etano y propano del gas natural conformando un Complejo Integrado Gas - Petroquímica.

Así mismo, Pacheco [14] informa que Braskem está construyendo en Triunfo – Rio Grande do Sul las instalaciones para producir 200,000 toneladas de eteno y polietileno a partir de ETANOL. La figura N° 2.22 presenta lo que se ha denominado el ciclo de producción del polietileno verde.



Fuente: (14)

El proceso de ampliar las materias primas petroquímicas sigue adelante. Esta en desarrollo el proyecto Complejo Petroquímico de Río de Janeiro (COMPERJ) que utiliza como carga crudo pesado proveniente de la Cuenca de Campos. Entre sus unidades más innovadoras está el FCC-PETROQUÍMICO que es una evolución del Craqueo Catalítico Fluido (FCC) unidad clásica de refinerías de petróleo para incrementar la producción de gasolinas. Esta nueva unidad ha sido desarrollada y patentada por el Centro de Investigaciones y Desarrollo de Petrobras (CENPES) para producir propileno.

#### 2.1.7.2-A2 Cadena Petroquímica integrada al mercado nacional

La petroquímica en Brasil nació para armonizar la creciente demanda de productos petroquímicos y la ausencia de oferta interna. Este ha sido un proceso de adaptación en el tiempo que se ha caracterizado por prácticamente mantener un equilibrio entre la oferta nacional de productos petroquímicos y la demanda interna.

El cuadro N° 2.26 corresponde a la década de los años 2000's, muestra la relación porcentual entre demanda interna o consumo y la oferta interna o producción brasileña de productos petroquímicos, específicamente las resinas plásticas: PEs, PP, PVC, poliestireno (PS), PET (PoliEtilenTereftalato) y Etil Vinil Acetato (EVA). En el presente trabajo, a esta relación (Consumo/Producción) se le denominará tasa de integración en el mercado nacional. El valor promedio en este periodo de tiempo (2002-2011) es de **92%** respectivamente.

CUADRO N° 2.26  
PRODUCCIÓN RESINAS PLÁSTICAS (P), CONSUMO APARANTE (C)  
Y RELACIÓN C/P (Tasa de Integración) 2002 – 2011 (x1000 TM/año)

AÑO	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
PRODUCCIÓN (P)	3915	4141	4410	4515	4986	5150	5852	5473	5886	6878
CONSUMO (C)	3916	3817	4223	4213	4536	4785	4905	4954	5202	5722
RELACIÓN C/P (%)	100	92	95.7	100	91	93	84	90	88	83
PROMEDIO PORCENTUAL C/P (Tasa de Integración)	<b>92%</b>									

Fuente (66), (67) y Elaboración Propia

El valor promedio de 92% indica que la industria petroquímica brasileña esta altamente integrada en su mercado nacional y que conforma un modelo de desarrollo petroquímico del tipo doméstico con poca exportación de commodities. Los productos

finales obtenidos tienen mucho más valor agregado, los cuales pueden ser comercializados en el mercado interno o destinarlo a la exportación.

### 2.1.7.3-A3 Cadenas Petroquímicas

La petroquímica se caracteriza por ser formadora de cadenas productivas. Ejemplo de ello son la industria transformadora de plásticos, la industria farmacéutica y cosmética, entre otros. Toda esa nueva dimensión de industrias y cadenas productivas formadas a partir de la petroquímica crea beneficios tangibles como la generación de impuestos, divisas por la exportación de productos manufacturados con valor añadido, creación de empleos directos e indirectos.

Las empresas de 3º generación o transformadoras se caracterizan por ser intensivas en mano de obra. En el caso de la cadena petroquímica de plásticos del Brasil, el cuadro N° 2.27 presenta la siguiente cantidad de empresas y empleados:

CUADRO N° 2.27  
EMPRESAS Y EMPLEADOS DE LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS

	2001	2002	2003	2004	2005	2008	2009	2010
<b>EMPRESAS</b>	7438	7898	8213	8523	8844	11329	11420	11876
<b>EMPLEADOS</b>	201682	218140	224941	240466	252931	317794	320347	333160

Fuentes (64), (66) + Elaboración propia

El modelo petroquímico doméstico es fuerte solamente si conforma una cadena integrada o como menciona Brenner [68] la supervivencia y crecimiento de una industria depende de la salud y pujanza de la *cadena productiva en su totalidad*, y debe tener un perfil constructivista y estructurado hacia la búsqueda continúa de competitividad y crecimiento. La *industria petroquímica* no está aislada, sino que está sometida a la misma exposición que cualquier otro proceso productivo con reconocido valor añadido. Por lo tanto, *no hay espacios para una actuación aislada de empresas*. Las relaciones empresariales se vuelven mucho más amplias y estructuradas entre sí y los diversos stakeholders participes directos o no de la cadena petroquímica.

A continuación se presenta la figura N° 2.23 que representa al modelo doméstico en la cual los productos petroquímicos se destinan principalmente al mercado nacional, para continuar su transformación en productos de mayor valor agregado.

FIGURA N° 2.23

## MODELO DOMESTICO



Fuente: Elaboración propia

### 2.1.7.3 MODELO PETROQUÍMICO INTERMEDIO

Este modelo se caracteriza por la disponibilidad propia o la importación de la materia prima (petróleo o gas natural) pero su principal característica es que una parte de los productos petroquímicos producidos se suministran a otros sectores industriales nacionales continuando la transformación hasta obtener productos de mayor valor agregado, y la parte restante se destinan a la exportación. Algunos ejemplos: España y Corea del Sur.

#### 2.1.7.3-A LA PETROQUÍMICA EN COREA DEL SUR

Kim [69] explica que la industria petroquímica de Corea del Sur ha tenido dos etapas bien diferenciadas. La primera corresponde al liderazgo del gobierno, y la segunda al liderazgo del sector privado tal como se muestra en la figura N° 2.24.

La industria petroquímica de Corea del Sur [70] es la quinta más grande del mundo, situación relevante considerando que tiene solo 30 años de historia. Así mismo, es altamente integrada a pesar que no tiene reservas de petróleo y gas.

En 2010 la capacidad combinada de olefinas incluía 7.73 millones de TM/año de etileno, 5.87 millones de TM/año de propileno y 1.25 millones de TM/año de butadieno; respecto a aromáticos 4.06 millones de TM/año de benceno. Además la producción en cantidades apreciables de otros productos tales como etilbenceno, oxido de etileno, etilenglicol, ácido tereftálico, estireno, xilenos, VCM. Polímeros HDPE, LDPE, LLDPE, PET, PP, PVC, PS, SBR, ABS.

Corea del Sur utiliza [71] el 60% de su producción de productos petroquímicos para uso doméstico y el 40% restantes a la exportación. La mitad de los petroquímicos exportados se dirigen a China y la diferencia a los países del sureste asiático.

FIGURA N° 2.24  
DESARROLLO DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA EN COREA DEL SUR



Fuente (69)

### 2.1.7.3-B LA PETROQUÍMICA EN ESPAÑA

El desarrollo de la industria del petróleo en España se da en el siguiente contexto:

- Sus reservas de petróleo y gas son muy escasas
- La implantación en 1927 de un monopolio del petróleo realmente estricto, donde solo la compañía CAMPSA (Compañía Arrendataria del Monopolio de Petróleos, S.A.) podía actuar en el mercado español de hidrocarburos. Por lo tanto, ni un litro de combustible podía importarse ni venderse en España si no es por esta compañía.
- El proceso de desmontaje de la estructura monopólica dado con mayor énfasis en la década de los años 80, hasta convertir el sector de hidrocarburos español en competitivo, eficiente, dinámico y abierto al exterior – gran importador, pero también notable exportador.

A continuación se mencionan los hechos más relevantes del desarrollo de la industria de hidrocarburos en España impulsadas por el sector público español hasta su consolidación en la multinacional REPSOL. La explicación se realizará con especial énfasis en la refinación y su industria petroquímica que nace integrada a esta.

En el presente trabajo no se explicará el desarrollo de la industria del petróleo exitoso que también se dio en paralelo alentado solo por el sector privado español.

### 2.1.7.3-B1 Primeras legislaciones en hidrocarburos en España

**B1.1 Real Decreto-Ley N° 1142, de 28 de junio de 1927, estableciendo el Monopolio de Petr6leos.** En el pre6mbulo de la ley [72] se justifica un paso tan trascendental: “el petr6leo es un factor industrial b6sico; es asimismo, elemento sustantivo para la defensa nacional.... justifica la preocupaci6n que por asegurar su abastecimiento muestran los Estados contempor6neos. Unos, los de aquellos pa6ses que disponen de yacimientos, se orientan hacia su nacionalizaci6n, por lo menos parcial, para dejar cubiertas las necesidades interiores y, si es posible, convertir el remanente en fuente de ingresos p6blicos. Otros los de aquellos pa6ses que hasta ahora no han podido alumbrar petr6leos en su subsuelo, ni destilar carburantes propios en cantidad y calidad suficientes, pugnan por fortalecerse frente a las empresas privadas, constituyendo o controlando sociedades en que el Estado se reserva parte mayoritaria de las acciones...”.

Este Real decreto busca crear una industria petrolera aut6ctona, destacando entre sus puntos m6s importantes los siguientes:

- Monopolio sobre la importaci6n de crudos y productos petrol6feros
- Monopolio sobre el refinado de productos petrol6feros
- Monopolio sobre el almacenamiento de crudo y productos petrol6feros
- Monopolio sobre la distribuci6n de productos petrol6feros
- Monopolio sobre la venta al por menor de productos petrol6feros
- Monopolio sobre la exploraci6n y producci6n de hidrocarburos en Espa6a
- Construcci6n de una flota de buques-tanques

Para llevar a cabo todas estas actividades, el Estado considera la creaci6n de una Compa6a **Administradora** del Monopolio de Petr6leos, otorgando este privilegio a CAMPSA, con una concesi6n para la administraci6n del monopolio durante el periodo de 20 a6os.

CAMPSA ser6a una sociedad an6nima, cuyos principales socios capitalistas ser6an los mayores bancos espa6oles de la 6poca (Urquijo, Bilbao, Hispano Americano, Herrero, Vizcaya, Espa6ol de Cr6dito, de Catalunya, Hispano Colonial y Marsans). Adem6s, por lo estipulado en el Real Decreto-Ley se reserva al Estado una participaci6n del 30% en la sociedad.

Es importante distinguir entre el Monopolio y CAMPSA. El Monopolio fue una institución estatal; CAMPSA, una empresa mixta, con predominio del capital privado para administrar el Monopolio.

En el periodo de 20 años (duración de la concesión) que corresponde a los 1927 a 1947, CAMPSA cumplió con eficacia su función recaudadora de impuestos, asimismo, contribuyó decisivamente a la formación de una flota petrolera.

Sin embargo, presentó carencias en muchas áreas tales como la exploración y producción, y la falta de iniciativas en materia de instalaciones de refino del petróleo. CAMPSA había llegado a la conclusión de que la industria de la refinación requería inversiones importantes, y que el mercado español no era suficientemente grande como para justificarlas.

### **B1.2 Ley del 30 de Septiembre de 1941 – Creación del Instituto Nacional de Industria (INI)**

El **Instituto Nacional de Industria INI** [73] se crea con el objeto de propulsar y financiar la creación y resurgimiento de las industrias españolas en sectores no desarrollados por la iniciativa privada o de carácter estratégico. El INI se concibe como una entidad de Derecho Público con capacidad económica y personalidad jurídica propias, utilizando en su actuación los métodos de las sociedades anónimas. Esta institución, como se verá más adelante sería el origen o primer eslabón en la conformación de la futura REPSOL.

### **B1.3 Decreto del 22 de enero de 1942 – Inicio de la transferencia de funciones del Monopolio al INI**

Debido al embargo de petróleo impuesto por los Aliados a España por su relación con Italia y Alemania anterior y en plena Segunda Guerra Mundial, y con el propósito de buscar sustitutos, se encomienda al INI la misión y responsabilidad de organizar empresas que tengan como finalidad la obtención de hidrocarburos de cualquier clase a partir de la destilación de pizarras bituminosas en España.

La consecuencia inmediata de este Decreto [73] es la creación por parte del INI en noviembre de 1942 de la **Empresa Nacional Calvo Sotelo de Combustibles Líquidos y Lubricantes (ENCASO)**. Esta empresa aprovecharía las pizarras bituminosas de la ciudad de Puertollano ubicado en la provincia de Ciudad Real logrando un rendimiento en aceite mineral del 8% en peso de las pizarras sometidas a tratamiento. Las gasolinas obtenidas tenían menos de 50 octanos y los lubricantes debían mezclarse con una proporción doble de derivados del petróleo. En términos generales, la producción de carburantes a partir de esta materia prima llegó a representar una pequeña fracción del consumo español.

#### **B1.4 Ley del 17 de julio de 1947 – Reorganización del Monopolio de Petr6leos.**

Anteriormente se mencion6 que CAMPSA como protagonista pr6cticamente exclusivo de la industria de hidrocarburos en Espa1a, en el periodo de concesión de 20 a1os, no había propiciado proyectos de exploraci6n de importancia, ni dentro ni fuera del territorio nacional, y había aplazado toda iniciativa en materia de refin6.

La nueva Ley de 1947 [74] en su art6culo 2º establecería que las funciones del Monopolio abarcarían la importaci6n, manipulaciones industriales de todas clases, almacenaje, distribuci6n y venta del petr6leo y sus derivados en estado s6lido, l6quido o de gas, *salvo aquellas excepciones en cuanto a la importaci6n de primeras materias, manipulaciones industriales y almacenaje, que el Gobierno haya acordado o acuerde, autorizando por Decreto el ejercicio de estas actividades en forma concreta a determinadas entidades p6blicas o privadas.*

De esta manera el Estado recuperaba del Monopolio de Petr6leos la capacidad de otorgar concesiones para la pr6ctica totalidad de las actividades relacionadas con los hidrocarburos, excepto la **distribuci6n y comercializaci6n** que quedaba bajo la exclusiva competencia de CAMPSA.

### **2.1.7.3-B2 CONSECUENCIAS DE LA FLEXIBILIZACI6N DE LA LEY DE MONOPOLIOS – IMPULSO DEL SECTOR P6BLICO ESPA1OL**

#### **B2.1 EXPLORACI6N Y PRODUCCI6N**

Se cre6 la Empresa Nacional de Petr6leos de Navarra (ENPASA) que posteriormente se denominar6 **Empresa Nacional de Investigaci6n y Explotaci6n de Petr6leos**

**S.A. (ENIEPSA)** para realizar estas actividades en el territorio español y la **Sociedad Hispánica de Petróleos S.A. (HISPANOIL)** fuera del mismo.

## **B2.2 REFINERIAS Y PETROQUÍMICA**

Se instalaron las siguientes refinerías y petroquímicas: Refinería de Cartagena, la Refinería de Puertollano y el primer Centro Petroquímico Español, la Refinería de la Coruña (Petroliber), la Refinería en Bilbao (Petronor), la Refinería de Tarragona y su respectivo Centro Petroquímico.

### **2.1.7.3-B3 INSTALACIÓN DE LA REFINERÍA DE CARTAGENA**

En julio de 1949 tiene lugar un acuerdo entre **INI** y las empresas **CEPSA** (empresa privada española) y **CALTEX** (Chevron) con reservas importantes de petróleo en Arabia Saudita, materializándose después en la creación de una empresa mixta, denominada **Refinería de Petróleos de Escombreras (REPESA)**. El INI se reserva una participación del 52% de la nueva sociedad, y las empresas CEPSA y Caltex con una participación de 24% cada uno.

La refinería se ubica en el valle de Escombreras en Cartagena, constituyéndose en la primera refinería moderna instalada en la Península y la segunda, después de la refinería instalada por la empresa CEPSA (1930) en Tenerife, Islas Canarias. Esta refinería fue inaugurada el 26 de junio de 1950, con una capacidad inicial de refinería de 1 millón de toneladas/año. Cuenta con planta de producción de lubricantes y asfaltos, planta de cogeneración, instalaciones marinas en el puerto de Escombreras y Centro de Investigación.

La adaptación de la Ley de 1947 permitía que el Gobierno mediante decreto pudiera autorizar la importación de crudos a terceros; pero en la medida que no se produjera dicha autorización, CAMPSA importaba el 100% de las necesidades de crudo. En el caso de REPESA, se habían autorizado por decreto contratos de compra a suministradores extranjeros, Caltex adquirió el derecho a suministrar el 75% y a Shell el 25% restante.

El proyecto de **REPESA** se constituyó en un **hito importante** porque el intervencionismo estatal en la economía, en aras de la industrialización, eran sustituidos por un afán de cooperación leal con el ahorro privado.

#### **2.1.7.3-B4 LA REFINERÍA DE PUERTOLLANO Y EL PRIMER CENTRO PETROQUÍMICO ESPAÑOL**

La empresa **ENCASO** había logrado producir aceites minerales a partir de las pizarras bituminosas en el Complejo Industrial de Puertollano. Sin embargo, a finales de los años 50 se había convertido en un centro fabril de viabilidad muy problemática. Simultáneamente, se producía un escenario de creciente demanda de productos petrolíferos en España, teniendo hasta ese momento como única fuente de suministro la refinería de Cartagena.

En este contexto surgió la idea de convertir el Complejo de Puertollano de pizarras bituminosas en un Complejo de refinación de petróleo, que tendría además la ventaja de poder suministrar productos a Madrid y la zona centro, a menor coste que desde Cartagena. Así mismo, **ENCASO** propicio la idea de que Puertollano fuera el primer centro petroquímico a instalar en el país.

El **INI** valoró la viabilidad de instalar una planta para la obtención de productos petroquímicos (olefinas) partiendo de la nafta. Ello requería **tecnología, financiación y el desarrollo de un mercado** que utilizara las olefinas. Así mismo, dado que España se proyectaba como un importante consumidor de productos petroquímicos, las propias empresas multinacionales tomaron la iniciativa de ofrecer sus tecnologías al INI.

En **1965 se inaugura la refinería de Puertollano con una extensión de 320 hectáreas**. Es la única refinería en el interior de España con una capacidad de refinación de 2 millones de toneladas/año, conectado por un oleoducto de 265 kilómetros al terminal marítimo de Málaga. Dispone de una planta petroquímica básica (cracker) totalmente integrada para la obtención de olefinas, planta de producción de lubricantes, central térmica, planta de cogeneración. La **salida de productos se realiza mediante camiones cisterna, ferrocarril y oleoducto**.

Cabe destacar que el **Centro de Investigación de ENCASO** que había profundizado en el tratamiento de pizarras bituminosas, lignitos, residuos agrícolas, etc., tuvo que reconducir su actividad, centrándose en la evaluación de crudos para refinería y optimización de los procesos. El Centro de Investigación llegó a disponer de una refinería a escala piloto, donde lograría desarrollar procesos que serían objeto de patentes registradas en diversos países.

En el caso de esta refinería no sería necesaria la ayuda externa dado que la tecnología estaba disponible en el mercado, la financiación sería aportada por el INI, el suministro de crudos por las empresas Shell y Caltex, y CAMPSA garantizaba la compra del 100% de la producción.

#### **B4.1 La Petroquímica de Puertollano**

La primera planta de pirolisis para producción de olefinas fue puesta en marcha en Puertollano en 1965. Su capacidad de producción era de 60000 TM/año de etileno y 40000 TM/año propileno.

El desarrollo de la actividad petroquímica era imprescindible acometerla con las siguientes bases:

- En asociación con empresas **multinacionales que disponían de tecnología, así como la capacidad y experiencia en operar las plantas,**
- La presencia de otras **empresas nacionales que pudieran participar en la faceta comercial.**

Bajo estas bases se crean en Puertollano cuatro empresas petroquímicas, las cuales se explican en sus aspectos más relevantes:

##### **B4.1.1 Empresa petroquímica PAULAR**

La empresa PAULAR surge de un acuerdo entre **ENCASO y la sociedad italiana Montecatini** (posteriormente Montedison) **con participaciones del 50% cada una.** Montedison era poseedora de tecnología propia para la fabricación de polipropileno (plásticos) y acrilonitrilo (fibras sintéticas artificiales), además de líder en la comercialización de ambos productos.

Esta empresa mixta inicio su actividad en 1965 con una pequeña planta en Puertollano para la fabricación de derivados del polipropileno (film y cordelería), utilizando granza de polipropileno importada de Italia. Posteriormente PAULAR construyó una planta para la fabricación de polipropileno y otra para la fabricación de acrilonitrilo, las que consumirían la producción total de propileno del cracker de Puertollano.

#### **B4.1.2 Empresa petroquímica CALATRAVA**

En 1963 el Gobierno aprobó un convenio entre **ENCASO y Phillips Petroleum** para la fabricación de caucho sintético y polietileno de alta densidad (PEAD). En abril de 1963 se crea la empresa **CALATRAVA cuyo capital inicial fue suscrito por ENCASO (55%), Phillips (31%) y empresas privadas españolas (14%) interesadas en los derivados petroquímicos.**

La empresa CALATRAVA tuvo una presencia importante en el Complejo de Puertollano, donde se instaló una planta de extracción de butadieno alimentada por la fracción C<sub>4</sub> del cracker, y una planta de PEAD a partir de etano. Simultáneamente, instaló en Gajano-Cantabria una planta para la obtención de caucho sintético.

Con el objetivo de resolver los problemas comerciales, se creó una filial al 100% denominada Phillips Calatrava Ventas S.A., que con una importante presencia de Phillips en la gestión, consiguió buenos resultados comerciales. En general, CALATRAVA demostró rápidamente su viabilidad económica, convirtiéndose prácticamente en el único suministrador nacional de caucho sintético.

#### **B4.1.3 Empresa petroquímica ALCUDIA**

En 1963 se constituyó la empresa ALCUDIA, por acuerdo entre **ENCASO y el importante grupo británico ICI** con el objetivo de instalar en Puertollano una fábrica de polietileno de baja densidad (PEBD) con tecnología de ICI a partir del etano del cracker de olefinas. **Las participaciones se establecerían de la siguiente forma ENCASO (44%), ICI (37%), empresas privadas nacionales españolas (19%).**

La empresa ALCUDIA se convertiría en un éxito técnico y económico, en gran medida por la tecnología ICI, y también por sus buenos resultados comerciales.

#### **B4.1.4 Empresa petroquímica MONTORO**

La última empresa mixta creada en el complejo de Puertollano en 1968 fue MONTORO, por acuerdo entre las empresas **ALCUDIA (Encaso e ICI), Atlantic Richfield Company (ARCO) y Halcón**, con el propósito de instalar una fábrica de Oxido de Propileno y Estireno con la patente tecnológica de Halcón. **Las participaciones se establecerían de la siguiente forma ALCUDIA (33.3%), ARCO (33.3%), Halcón (33.3%).**

La empresa Montoro instaló y explotó en Puertollano una planta de estireno y óxido de propileno, además de operar en régimen de alquiler una planta de glicoles propilénicos (propiedad de Alcudia).

#### **B4.1.5 Algunas deficiencias de la industria petroquímica en Puertollano**

Se destacan las siguientes deficiencias:

- Estructura financiera inadecuada. La empresa ENCASO limitó sus fondos propios en sus filiales petroquímicas.
- La inexistencia de estructuras comerciales, con lo cual no se disponía de medios para atender las exigencias del mercado interior y exterior.
- En el apartado tecnológico, la industria nació con el condicionante de una dedicación prácticamente **nula a la investigación y desarrollo** tecnológico. Los socios multinacionales no mostraron interés alguno en promover este tipo de actividades en empresas de reducida dimensión y no controladas, prefiriendo centrarse en realizar este esfuerzo en sus organizaciones centrales.

#### **2.1.7.3-B5 REFINERIA LA CORUÑA - PETROLIBER**

A finales de 1961, se constituyó la Compañía Ibérica Refinadora de Petróleos S.A. (PETROLIBER) con el propósito de construir una refinería, la cual sería inaugurada oficialmente en septiembre de 1964, con una capacidad autorizada de procesamiento de 2 millones de toneladas/año.

**Las participaciones tendrían la siguiente distribución: el Estado 52%, la empresa norteamericana Ohio Oil Company (Marathon) 28%, Ibérica de Petróleos (capital privado español) 4%, otros inversores privados españoles 16%.**

Marathon se haría cargo con el 84% de la inversión y suministraría hasta un 60% de las necesidades de crudo de la refinería. Este aporte se sustentaba en las reservas de petróleo recientemente descubiertas por esta empresa en Libia.

### **2.1.7.3-B6 REFINERÍA DE PETROLEO EN BILBAO – PETRONOR**

La refinería de Bilbao tiene como origen la presentación de ofertas por parte de 5 consorcios diferentes. La oferta del consorcio encabezado por Gulf Oil y Entidades financieras vizcaínas (oferta bautizada con el nombre de PETRONOR) fue la ganadora del concurso. Los compromisos más importantes son:

- La construcción de una refinería con una capacidad de destilación fijada inicialmente en 5 millones de toneladas/año (posteriormente sería autorizado hasta 12 millones de TM/año) y
- La construcción de un gran puerto en Bilbao para el movimiento de materia prima y productos.

La construcción de la refinería quedó completada en 1972. **Las participaciones tendrían la siguiente distribución: Gulf Oil 38%, Campsa 30%, Banca privada española 27%, otros 5%.**

El encargado de suministrar el petróleo a la refinería era Gulf Oil, quién a partir de 1975 perdió control sobre la producción de crudo en los países de la OPEP. A finales de 1978 su disponibilidad de crudo había sido profundamente recortada por la OPEP lo que motivo la pérdida de interés en mantenerse en la refinería española y su deseo de vender su participación.

En septiembre de 1979, Gulf vendió a Campsa sus acciones, pasando esta última a tener una participación del 70%. Posteriormente, Campsa vendió el 19% de las acciones de Petronor a la empresa estatal mexicana PEMEX, reduciendo su participación pero manteniendo la mayoría del 51% y consiguiendo, al mismo tiempo, que PEMEX sustituyera a Gulf en el suministro de crudo.

### **2.1.7.3-B7 LA REFINERÍA DE TARRAGONA Y SU CENTRO PETROQUÍMICO**

Debido a que el Polo Petroquímico de Puertollano había quedado pequeño en su oferta de derivados del petróleo y petroquímica, era lógico pensar en la construcción de un nuevo complejo, esta vez localizado en la zona costera para facilitar la logística y el comercio internacional.

Mediante [75] Decreto 1.087/1971 del 14 de mayo de 1971 se encomienda al INI la creación de una empresa nacional con el objetivo de establecer una refinería de crudo en la provincia de Tarragona con una capacidad de tratamiento de 7 millones de TM/año de crudo. Esta refinería abastecerá de las primeras materias necesarias para el desarrollo de una industria petroquímica de olefinas.

En este decreto se establece que el INI ostentará en la empresa creada **una participación del 60% de su capital social y adjudicará, mediante la convocatoria de un concurso público la adjudicación del restante 40% entre entidades nacionales y extranjeras.**

La elección de Tarragona (100 km de la ciudad de Barcelona) como **lugar para la instalación de la refinería y petroquímica** se debe principalmente a los siguientes factores:

- Corresponde a una zona costera que facilita la logística y el comercio internacional
- Su proximidad a un gran centro de consumo como es la ciudad de Barcelona
- La proximidad de Tarragona a un polo químico en aquel momento en pleno desarrollo que utilizaría los derivados petroquímicos.

En febrero de 1973 y después de un concurso público queda constituido la **Empresa Nacional de Petróleos de Tarragona, S.A. (ENTASA)** con el siguiente accionariado: **INI 60%, Chevron 10%, Texaco 10%, ERT (empresa química española) 7%, Bancos españoles 13% (B. Urquijo, B. Hispano Americano, B. Industrial Cataluña, B. Catalana, Bankunió).**

Los compromisos fueron principalmente financieros y comerciales:

- En el aspecto comercial ERT se comprometía principalmente a la compra del total de las olefinas producidas y la inversión de una planta de polietileno de 50000 TM/año.
- El grupo Chevron/Texaco se comprometía principalmente al suministro de crudo por el 40% de las necesidades de ENTASA, asistencia técnica y la aceptación del proyecto de integración de las empresas refinadoras del INI, que se daría más adelante.

En el periodo 1973-1976, se llevo a cabo la construcción de la planta de Tarragona. El complejo refinero-petroquímico finalmente fue inaugurado en febrero de 1976.

### **2.1.7.3-B8 CONCENTRACIÓN DE LA INICIATIVA PÚBLICA – CREACIÓN DE ENPETROL**

Mediante el Decreto 2611 del 9 de agosto de 1974 se aprueba la fusión de las siguientes empresas que tienen origen en la iniciativa pública, específicamente en el INI:

- **REPESA** (Refinería de Petróleos de Escombreras) propietaria de un complejo de refinación de petróleo en la ciudad de Cartagena. El INI poseía el 52% de la participación.
- **ENCASO** (Empresa Nacional Calvo Sotelo de Combustibles Líquidos y Lubricantes) poseedora del Complejo refinero-petroquímico en Puertollano. El INI poseía el 100% de la participación en la refinería y más del 50% de la participación en las plantas petroquímicas.
- **ENTASA** (Empresa Nacional de Petróleos de Tarragona, S.A.) propietaria del Complejo refinero-petroquímico en Tarragona. El INI poseía el 60% de las acciones.

Después de un complejo proceso de valoración de las 3 empresas anteriormente mencionadas, la empresa resultante de la fusión paso a denominarse **Empresa Nacional del Petróleo (ENPETROL)** con las siguientes **participaciones accionariales: INI 71.68%, Chevron/Texaco 22.03%, Grupo ERT y bancos 6.29%.**

Las **ventajas de la fusión** eran obvias. Aparte de las economías propias de cualquier proceso de integración, esta suponía una serie de alicientes adicionales, tales como:

- La optimización de las compras de crudos al concentrarse en una sola empresa un volumen importante;
- La optimización de los programas productivos, concentrando en el Complejo de Puertollano (sin posibilidad de exportación por su ubicación alejada de las costas) el suministro al mercado doméstico, y manteniendo los Complejos de Tarragona y Cartagena las posibilidades de atender el mercado de exportación.
- La armonización de los programas de inversión.
- El desarrollo de la investigación tecnológica aplicada, que empresas de menor tamaño no podrían afrontar.
- El empleo racional de los recursos financieros.

En el momento de la fusión, la empresa **ENPETROL (Repesa, Encaso y Entasa)** tenía una capacidad de destilación de crudo de unos 25 millones de toneladas/año y una capacidad de producir 841,000 toneladas/año de olefinas. Esta cifra de negocio permitía ubicar a la empresa alrededor del puesto 100 dentro de las 500 primeras empresas industriales europeas y la sexta en el sector petrolero.

En 1980, se produjeron reordenaciones accionariales en ENPETROL. Chevron/Texaco comunican su decisión irrevocable de vender su participación (22%), debido a que habían perdido disponibilidad de crudo en los países de la OPEP y se hacía difícil el suministro de crudo a ENPETROL. Así mismo, la ICI socio inglés de Petroquímica ALCUDIA también vendía sus acciones al INI.

### **2.1.7.3-B9 COMERCIALIZACIÓN DE GLP**

Mediante Orden Ministerial del 11 de junio se autoriza la constitución de una sociedad BUTANO S.A. (BUTANOSA) que tiene por objeto el envasado, distribución y suministro de Gas Licuado de Petróleo (GLP).

### **2.1.7.3-B10 COMERCIALIZACIÓN DEL GAS NATURAL**

En 1972 por iniciativa del Ministerio de Industria español se crea la empresa pública **Empresa Nacional del Gas (ENAGAS)**. El objetivo es crear una red de gasoductos en toda España para implantar y extender el uso del gas natural. Enagas fue creada como una empresa pública cuyo accionista único era el **Instituto Nacional de Industria (INI)**.

### **2.1.7.3-B11 ANÁLISIS CRÍTICO DEL PERIODO 1947 – 1981**

En los apartados anteriores se han descrito brevemente las leyes que han definido el comportamiento de la industria de hidrocarburos alentados por el Estado Español, y aspectos importantes de su desarrollo en la refinación y petroquímica.

El periodo 1947 – 1981 es una etapa interesante porque se pasó de una industria prácticamente inexistente a un sector petrolero importante. En el ámbito de la presencia estatal en la industria, se pasaría de un intervencionismo absoluto a una importante liberalización. Salvo en el sector de la distribución que continuaría bajo el monopolio de CAMPSA.

Tortella, Ballester y Díaz Fernández [76] indican aspectos positivos y negativos de la industria del petróleo español para este periodo de tiempo:

#### **B11.1 Aspectos positivos**

- En la actividad de Exploración y Producción, se paso de la inactividad casi total hasta lograr que empresas nacionales (Eniepsa, Hispanoil) tuvieran una cierta presencia y renombre en el contexto internacional. La experiencia del periodo también llegó a demostrar que las reservas domésticas en hidrocarburos eran muy limitadas no por falta de exploración del territorio español sino por razones geológicas.
- En la actividad de la refinación, se paso de no disponer de capacidad de destilación alguna a la existencia de 9 refinerías (cinco de las cuales han sido brevemente descritas en este trabajo y corresponden a un origen público y 4

refinerías de origen totalmente privado no descritos en el presente trabajo) con una capacidad de destilación cercana a los 70 millones de TM/año, volumen que permitía no solamente el suministro de la práctica totalidad de las necesidades nacionales, sino también dedicar volúmenes significativos a la exportación.

- La **Industria Petroquímica** tuvo un desarrollo espectacular. Los inicios en Puertollano y Tarragona (descritos en el presente trabajo) fueron seguidos por nuevos polos petroquímicos desarrollados por la empresa privada ubicados en Algeciras y Huelva (planta de aromáticos – benceno y ciclohexano). **El balance oferta-demanda - que fue durante muchos años negativo – evolucionó hasta permitir que el sector abasteciera el mercado nacional y se convirtiera en exportador de importantes volúmenes.** El *grado de integración vertical de esta actividad era satisfactorio*, ya que los polos petroquímicos se habían situado en las proximidades de las refinerías, con lo cual disponían de materias primas próximas y aseguradas, además se habían instalado en los mismos polos, industrias transformadoras que absorbían los productos petroquímicos básicos.
- Respecto del Monopolio hay aspectos positivos que resaltar. **Primero**, la creación de una red de distribución básica (oleoductos, terminales, factorías, etc), en vez de la multiplicación de pequeñas redes que en un sistema liberalizado tiende a producirse. **Segundo**, permitió la creación de una industria petrolera y petroquímica nacional, que en otras condiciones no se hubiera creado, dadas las enormes diferencias entre las empresas multinacionales y la industria española. La “protección” del Monopolio permitió la existencia y desarrollo de empresas locales, que en un contexto de libre mercado hubieran tenido una vida difícil. **Tercero**, estas empresas nacionales (estatales y privadas) acabarían dando lugar a dos conglomerados empresariales, uno estatal, posteriormente privatizado (REPSOL) y otro siempre privado (CEPSA), que evolucionarían convirtiéndose en entidades capaces de competir en un mercado abierto.

## **B11.2 Aspectos negativos**

- **La industria refinadora mostraba algunas deficiencias.**  
**Primero**, la excesiva fragmentación, debido a que el Monopolio prácticamente había actuado como protector de empresas refinadoras de pequeño tamaño, las cuales en un mercado libre hubieran encontrado dificultades de supervivencia. **Segundo**, Refinerías poco adaptadas a la evolución de la estructura de demanda de productos petrolíferos. Productos como el fuel suponían 50% de la producción de las refinerías, cuando la demanda de este producto en España se situaba en un 25%. Esta circunstancia implicaría un gran esfuerzo inversor en el sector. **Tercero**, las empresas refinadoras tenían una experiencia comercial prácticamente nula, ya que habían vivido en un escenario con volúmenes de ventas garantizadas y un único cliente y comprador en España que era CAMPSA.
- **La actividad petroquímica presentaba problemas de entidad**, como eran el déficit crónico de tecnología propia, el pequeño tamaño de las empresas y sus deficientes estructuras financieras y comerciales.
- Respecto del Monopolio hay efectos negativos. **Primero**, la falta de competencia en el mercado permitía que el servicio al consumidor fuera de muy baja calidad. **Segundo**, facilitaba la existencia de sectores subvencionados e intervencionismo estatal, además de crear un marco económico que no propiciaba la optimización en los suministros. **Por último**, se generaba una estrategia de precios de venta de los productos petrolíferos que, con frecuencia, distaba de ser idónea.

### **2.1.7.3-B.12 SITUACIÓN PREVIA A LA CREACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE HIDROCARBUROS (INH)**

Al culminar el periodo 1947-1981 existían dos importantes retos relacionados a la industria de hidrocarburos español.

- El **primero**, la solicitud de ingreso a la Comunidad Económica Europea (CEE) que conlleva a la desmonopolización como una condición de ingreso a la CEE y
- El **segundo**, la modernización de su industria petrolera.

Respecto del ingreso a la CEE, España venía realizando esta petición desde la década de los 60, hasta que en julio de 1977 se puso de forma definitiva el procedimiento de adhesión. Finalmente, el 12 de julio de 1985 los plenipotenciarios de los 10 Estados miembros firmaron el Tratado de Adhesión. En 1986 se producía el ingreso de España a la CEE.

En referencia a los monopolios, la CEE tenía una posición firme, el cual tiene origen en el Tratado Constitutivo de la Comunidad Económica Europea (CEE) firmado el 25 de marzo de 1957 en la ciudad de Roma. **El mencionado tratado tenía como uno de sus principios básicos la supresión entre los Estados miembros de los obstáculos a la libre circulación de personas, mercancías, servicios y capitales.** Como instrumento para lograr este objetivo, la CEE constituyó una unión aduanera, lo que implicaba la prohibición entre los Estados miembros de derechos de importación y exportación y el establecimiento de un arancel aduanero común frente a terceros países.

Así mismo, el artículo 37 del Tratado de Roma establecía que los **Estados miembros debían adecuar sus monopolios nacionales de carácter comercial, de forma que suprimiera toda discriminación de las condiciones de abastecimiento y de mercado.** De esta forma, se fijaba como uno de los objetivos principales la supresión de monopolios comerciales, considerado como un factor de restricción de la libertad de comercio entre los Estados miembros.

En el caso de la incorporación de nuevos Estados miembros no se imponía la supresión radical de los monopolios comerciales, pero se les obligaba a **adaptarse progresivamente para que al final de un periodo transitorio (7 años)** se hubieran suprimido las restricciones al libre comercio.

Esto implicaba un gran reto para la industria de hidrocarburos española dado que la Ley de Monopolio promulgado en 1927 prácticamente se mantenía, salvo las modificaciones introducidas en la ley de 1947. Era pues necesario realizar adaptaciones cuando todavía se disponía de cierto grado de libertad que, se perderían una vez efectuado el ingreso a la CEE.

Respecto al estado del sector público del petróleo y gas [76] *este se encontraba muy disperso y fragmentado, constituida por una autentica maraña de empresas, sin integración vertical alguna y realizando además actividades similares. Respecto del sector privado, ninguna empresa tenía tamaño suficiente para desenvolverse con ciertas garantías en un mercado liberalizado. Así mismo, la actividad petrolera se sustentaba en una rentabilidad que estaba garantizada, ya que por una parte la existencia del Monopolio de Petróleos aseguraba a cada refinería la venta de los productos petrolíferos en cantidades preestablecidas y en condiciones económicas razonables, y por otra, se protegía a la actividad petroquímica mediante el establecimiento de barreras arancelarias y de contingentes para ciertas importaciones.*

Existía por lo tanto el reto de transformar un sector petrolero obsoleto, en otro bien dimensionado y estructurado, capaz de adaptarse en poco tiempo a reglas claramente diferentes derivadas de la desmonopolización y de la liberalización del sector.

### **2.1.7.3-B.13 CREACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE HIDROCARBUROS (INH)**

El Instituto Nacional de Hidrocarburos (INH) se crea mediante [77] Real Decreto Ley 45/1981 del 28 de diciembre con objeto de favorecer la coherencia y la eficacia de la empresa pública en la ejecución de la política energética. Por esta razón, se transfieren al INH todas las participaciones públicas en el sector petrolero, concentrándose todas las empresas públicas en este organismo.

Las principales funciones atribuidas al INH son:

- Coordinar, de acuerdo con las directrices del Gobierno, las actividades empresariales del sector público en el área de hidrocarburos,
- Canalizar toda la iniciativa empresarial que el sector público promueva en este campo.

En su artículo noveno del Real Decreto [77] establece que el patrimonio fundacional del INH estará integrado por: Empresa Nacional del Petróleo S.A. (ENPETROL); Hispánica de Petróleo S.A. (HISPANOIL); Empresa Nacional de Investigación y Explotación de Petróleo S.A. (ENIEPSA); Empresa Nacional de Gas S.A. (ENAGAS); y Butano S.A; acciones y derechos en la Compañía Arrendataria del Monopolio de Petróleos S.A. (Campsa).

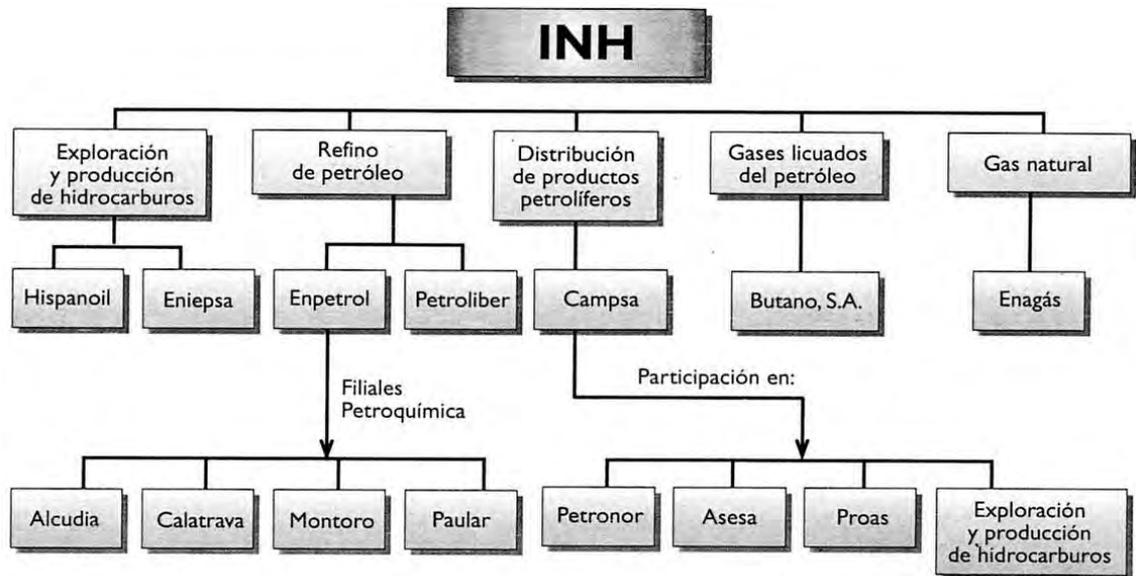
De esta forma las distintas empresas del estado que funcionaban prácticamente cada una por separado se unen al grupo empresarial del INH y quedan estructurados en cinco grandes unidades, las que se muestran en la figura N° 2.25.

Así mismo, en el artículo décimo se establece que el Monopolio del Petróleo a través de Campsa mantiene todavía las actividades de importación, distribución y venta que venía realizando.

Una de las **características de las grandes corporaciones petroleras es, sin duda, la llamada integración vertical**, es decir, la realización de todas las actividades del negocio: exploración-producción de petróleo y gas, transporte y almacenamiento, refinación, petroquímica, distribución y comercialización. Esta característica ha prevalecido a lo largo de los tiempos, debida tanto a **las ventajas de las economías de escala, como la posibilidad de que un eslabón de la cadena con dificultades temporales pueda recuperarse con la ayuda de los restantes.**

El INH buscaría sentar las bases para una estructura empresarial en la industria del petróleo español similar al de las grandes corporaciones petroleras, es decir, la integración vertical desde la exploración a la comercialización.

FIGURA N° 2.25  
 EMPRESAS QUE INTEGRAN EL INSTITUTO NACIONAL DE  
 HIDROCARBUROS (INH)



Fuente: [76]

Bajo este concepto se fueron dando los pasos que posibilitaron la concentración empresarial en los distintos subsectores. Entre estos figuraban las adquisiciones de las participaciones privadas en las empresas de refinación y petroquímica.

En el caso petroquímico, se compró la participación de Phillips Petroleum en Petroquímica Calatrava en 1984, que venía a sumarse a las adquisiciones realizadas anteriormente de la participación de Montedison en Petroquímica Paular en 1979 y la de ICI en Petroquímica Alcudia en 1980. Solamente quedaba por materializar la de ARCO en Petroquímica Montoro que se produjo en 1986.

### 2.1.7.3-B14 REORDENACIÓN DEL SECTOR PETROLERO – INGRESO DE ESPAÑA A LA CEE

El Monopolio del Petróleo que prácticamente estaba en vigor desde 1927 había sido visto con complacencia por todos los gobiernos que se habían sucedido desde dicho año. Existen por lo menos tres razones que justifican esta complacencia:

- Un cierto temor a las multinacionales,

- La incertidumbre respecto de la futura recaudación de impuestos si desapareciera un sistema que funcionaba con eficacia,
- El poder que el monopolio proporciona a los gobernantes.

Sin embargo, la evolución de la industria petrolera en su conjunto, así como el proceso de adaptación del Monopolio Español de Petróleos a la normativa vigente en la CEE, aconsejan proceder a la reordenación del sector petrolero español.

De esta manera, a partir de [78] **la Ley 45/1984, de 17 de diciembre, de Reordenamiento del Sector Petrolero**, comienza la transición desde una industria petrolera controlada en todos los aspectos por el Estado al rediseño de un sector que cumpla con los estándares de liberalización de la CEE, entre los que se incluye la no discriminación de empresas comunitarias en el suelo español y la libre circulación de mercancías. El objetivo de la ley es lograr la integración vertical de las empresas que forman parte de la industria española del petróleo y el incremento de sus niveles de eficacia y competitividad.

Los principales aspectos de Ley 45/84 son:

- El Estado transfiera a CAMPSA la totalidad de los bienes y derechos de la que es titular, entre los que se incluye principalmente la red nacional de transporte de productos petrolíferos (oleoductos, terminales de almacenamiento y flota de camiones cisterna) y logística.
- Se permite a las sociedades que en ese momento realizan actividades de refino en España adquirir un porcentaje de participación en CAMPSA.

Por acuerdo del Consejo de Ministros del 30 de abril de 1985 se autorizó la venta de las acciones de CAMPSA propiedad del Estado (INH) a las empresas refinadoras. La distribución del **accionariado de CAMPSA quedo con las siguientes participaciones: INH 15.60%; Enpetrol 41.07 %; Cepsa 14.64%; Petronor 12.97%; Petromed 7.51%; ERT 5.76%; Resto 2.45%.**

Así mismo, por acuerdo del 3 de julio de 1985, las empresas refinadoras se comprometieron a realizar la distribución de sus productos petrolíferos en la península a través de CAMPSA. De esta manera se rompe el monopolio de la distribución (vigente desde 1927) y se da un paso más en el objetivo de la integración vertical al permitir que las empresas refinadoras intervengan en esta parte de la cadena.

### **2.1.7.3-B15 REGIMEN DE TRANSICIÓN A LA LIBRE COMPETENCIA 1985 – 1992**

El 1 de enero de 1986 España es miembro pleno de la CEE pero la administración española **estaba obligada a adecuar los monopolios nacionales de carácter comercial** para que, no más tarde del 31 de diciembre de 1991, quedará suprimida toda discriminación entre los Estados miembros respecto a las condiciones de abastecimiento y de mercado, debiendo dichos Estados asumir idéntica obligación respecto a España.

Mediante [79] **Real Decreto–Ley 5/1985**, de 12 de diciembre, de Adaptación del Monopolio de Petróleos, se aprueba cambios regulatorios, estableciéndose un Régimen de transición a la libre competencia para el periodo 1985 – 1992 (7 años) cuyas principales características son:

- Se contempla la liberalización de las importaciones de crudo en España (de esta manera se rompe el monopolio de la importación de crudos vigente desde 1927).
- Eliminación gradual de las trabas para la importación y exportación de productos petrolíferos en la CEE, para alcanzar la liberalización total en 1992.

La **Ley 34/1992** de ordenación del sector petrolero [80] tiene como objetivo fundamental la liberalización de las actividades del sector petrolero como consecuencia de la extinción del Monopolio de Petróleos, que en ellas se declara. A través de esta Ley se termina de consolidar la escisión de los activos de CAMPSA, de esta forma **se culminaba un proceso en el que se había procedido a una liberalización progresiva del mercado y consiguiente desmantelamiento del Monopolio, y se había promovido la integración vertical de las empresas.**

Campsa otrora administradora del Monopolio paso a denominarse Compañía Logística de Hidrocarburos (**CLH**) concentrándose solo en la actividad. La red de distribución que logró desarrollar hasta 1995 consta de 3422 kilómetros de oleoductos, 37 instalaciones de almacenamiento y distribución y 33 instalaciones aeroportuarias, ofreciendo este servicio a todos los operadores que desean utilizarla. Posteriormente, Campsa lograría convertirse en una de las empresas europeas de mayor rentabilidad.

A continuación se explica el proceso de adquisiciones, fusiones y privatización de las empresas estatales españolas de hidrocarburos hasta convertirse en la empresa privada REPSOL, dentro del proceso de desmonopolización hacia el libre mercado.

### **2.1.7.3-B16 ADQUISICIONES, FUSIONES Y PRIVATIZACIÓN DE LAS EMPRESAS PETROLERAS**

#### **B16.1-PARTICIPACIÓN DE LAS MULTINACIONALES EN LAS EMPRESAS ESTATALES PETROLERAS ESPAÑOLAS**

En el sector de refinación y petroquímico español participaron importantes multinacionales del petróleo. En las empresas de refinación participaron: **Chevron y Texaco** en Repesa y Entasa, **Gulf** en Ertoil y Petronor, **Exxon** en Petromed, y **Marathon** en Petroliber. Esta situación se reproducía en las filiales petroquímicas de Encaso, con multinacionales del sector químico tales como: **ICI, Phillips Petroleum, Montedison y ARCO Chemiclas**.

Las razones que explican esta situación de partida son:

- La falta de tecnología del país en la década de los 60 que aconsejaba la presencia de socios extranjeros capaces de suplir esta carencia y de aportar sistemas de gestión modernos.
- Referente a las empresas refinadoras, una cierta garantía en cuanto al suministro de petróleo
- El interés del gobierno en mostrar una imagen de apertura e integración en la economía española a empresas que gozaran de un considerable prestigio y gran potencial económico.

Tortella, Ballester y Díaz Fernández [81] consideran la intervención de las multinacionales como positivo.

- En el área del refino, la contribución económica fue modesta, pero cumplieron con los suministros de petróleo.
- Contribución a la **creación de un aparato industrial competitivo y a la aplicación de procedimientos de gestión técnica, económica y comercial de buen nivel** que ayudó a constituir auténticas escuelas en las que se formaron excelentes técnicos de las industrias del refino y petroquímica.

### **2.1.7.3-B17 ADQUISICIONES EN EL SECTOR REFINO Y PETROQUÍMICA**

#### **B17.1 Adquisiciones en el sector de refinación**

En torno a 1980, se había concretado en muchas partes del mundo la nacionalización de las reservas petrolíferas por parte de los países productores, por lo que las multinacionales que participaban en la industria del refino en España, dejaron de tener excedentes para canalizarlos a las refinerías en las que eran socios.

Así mismo, otras razones por las que las empresas multinacionales decidieron vender sus participaciones fueron:

- La incertidumbre acerca del futuro político de España,
- La profunda crisis de la economía mundial, específicamente de los sectores de refino y petroquímica a partir de 1980 (que se prolongó hasta avanzado 1984),
- La inexistencia en ese entonces de planes claros sobre la apertura del mercado español,
- La necesidad de generar liquidez y la mencionada disminución de la disponibilidad de petróleo por parte de estas empresas.

Este proceso se inicia en 1980 en ENPETROL con la iniciativa propia de Chevron y Texaco de vender su 22 % de acciones al INI. En julio de 1982 el Consejo de administración del INH (el sector de petróleo ya se había transferido del INI al INH)

acordó la adquisición del 6.16% del capital social de ENPETROL en manos de accionistas privados. De esta forma, el INH se convierte en el mayor accionista con un casi 100 % de las acciones de ENPETROL.

En abril de 1983 el Consejo de administración del INH acordó la compra de las acciones de Marathon en Petroliber.

### **B17.2 Adquisiciones en el sector petroquímico**

En el sector petroquímico, ENPETROL poseía cuatro importantes filiales:

- **Paular** que tenía como líneas de producción más importante el polipropileno y acrilonitrilo, y en la que había participado con el 50% la multinacional italiana **Montedison** cuyas acciones habían sido adquiridas por Enpetrol en 1979.
- **Alcudia** con la participación de la multinacional británica **ICI** con el 50% y cuyas acciones fueron adquiridas por Enpetrol en 1980, siendo el producto mas importante el Polietileno de Baja Densidad.
- **Calatrava**, en la que participaba en un 45% la multinacional estadounidense **Phillips Petroleum** y destacando en la producción de Polietileno de Alta Densidad, el Caucho Sintético y el Negro de Humo, todos ellos con la tecnología Phillips Petroleum.
- **Montoro** participada en un 50% por la multinacional ARCO, que producía Estireno y Óxido de Propileno con tecnología aportada por socios extranjeros.

De todas estas empresas se destaca el altísimo nivel de los socios que supieron captar en España en la década de los 60. Sin embargo, **a finales de los 70 se evidenciaba el coste adicional que suponía mantener cuatro empresas de reducida dimensión**, cada una de ellas con sus propias organizaciones de producción, gestión y comercialización y sin la talla suficiente para realizar actividades de I+D de cierta importancia.

La solución vendría a través de la compra de las participaciones de Montedison e ICI que se realizaría a petición de estas últimas, en los años en los que se empezaban a manifestar los primeros síntomas de la grave crisis que sufrió la industria

petroquímica a nivel mundial en torno a 1980, motivado por la desaceleración económica internacional a la que tanto contribuyó la segunda crisis del petróleo.

También la venta de la participación de Phillips Petroleum en Calatrava a Enpetrol se produjo a iniciativa de la primera, que estaba inmersa en una política de reestructuración de sus negocios que incluía el abandono de parte de sus actividades químicas. Finalmente, en febrero de 1986 la compra de la participación del 50% de ARCO por parte de Montoro.

El interés del INH por la compra de las participaciones se sustentaba en lo siguiente:

- La integración de las actividades de producción, comercialización e I+D de las tres líneas de polímeros (polipropileno, y polietilenos de alta y baja densidad) hasta entonces realizadas por tres empresas distintas.

### **2.1.7.3-B18 FUSIONES DE LAS EMPRESAS – CREACIÓN DE REPSOL**

El Instituto Nacional de Hidrocarburos realizaba sus actividades a través de varias empresas, ver figura N° 2.25. Así, las actividades de exploración y producción de hidrocarburos por medio de dos empresas Hispanoil y Eniepsa. Las de refinación por medio de Enpetrol y Petoliber y las de petroquímica a través de Paular, Alcudía, Calatrava y Montoro. El propósito del INH era la concentración de dichas empresas.

En el **primer sector correspondiente a las actividades de exploración y producción** de hidrocarburos, se tiene que el INH era el accionista único de Eniepsa y Hispanoil que realizaban la misma actividad, la primera en territorio español y la segunda en el exterior. En 1984 se logró la fusión de ambas empresas adoptando el nombre de Hispanoil.

El **segundo sector en el que el INH tenía participaciones era en la refinación** a través de las empresas Enpetrol y Petoliber, en 1985 se consolidó la fusión de ambas con el nombre de Enpetrol.

El **tercer sector en el que el INH intervenía era el petroquímico** a través de cuatro empresas (Alcudia, Calatrava, Paular y Montoro), el proceso de adquisición por Enpetrol de las participaciones extranjeras en sus cuatro filiales petroquímicas se logró en mayo de 1986 y la fusión de las empresas en julio del mismo año con el nombre de Alcudia. En el año de la fusión se logró una producción mayor al millón de toneladas en productos.

Las fusiones realizadas en los tres sectores dio origen a tres grandes empresas **Hispanoil** en exploración y producción, **Enpetrol** en refinación y **Alcudía** en petroquímica, cuyos tamaños permitieron desempeñar un mejor papel en el mercado internacional, además de posicionarse para competir en mejores condiciones en el mercado español que se iba abriendo paulatinamente.

Sin embargo, aún cuando significaron un progreso importante la conformación de estas tres grandes empresas, este fue insuficiente. Esto debido a los siguientes factores:

- La dependencia de una entidad de derecho público como era el INH, *que imponía controles y aprobaciones previas de eficacia dudosa.*
- Dificultad para *una gestión ágil, necesaria en los sectores petroleros y petroquímicos caracterizados por su dinamismo y su capacidad de reacción a situaciones cambiantes.*

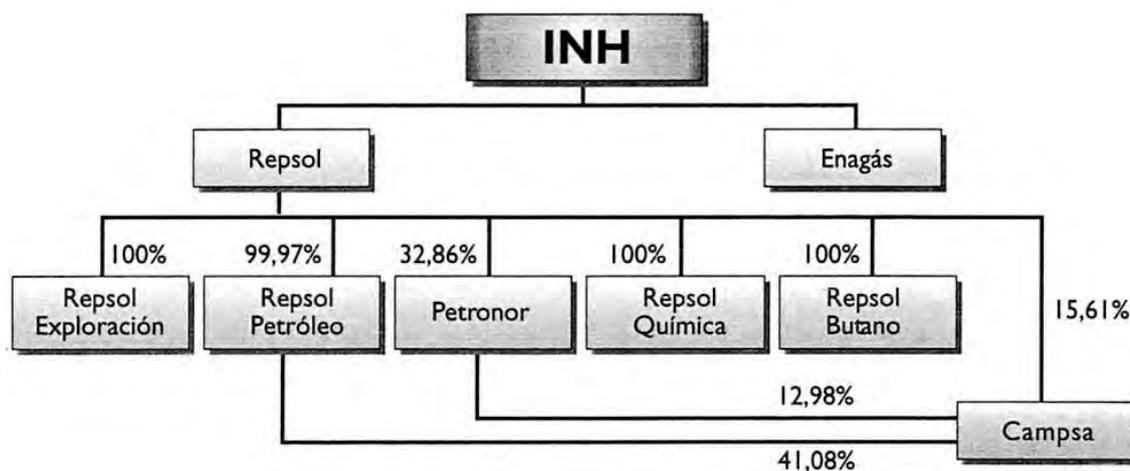
Precisamente, con el objetivo de dotar de agilidad a la gestión de estas empresas, el Consejo de Administración del INH planteó ***la creación de una nueva sociedad filial y que esta pudiera tener una cierta participación privada de forma que cotizase en Bolsa.*** De esta manera se crea la sociedad denominada **REPSOL S.A.**

En junio de 1987 se realiza la denominada Operación Repsol en la que, entre otras cosas, el INH aporta la totalidad de sus acciones en Hispanoil, Enpetrol, Butano S.A., Campsa y Petronor, a favor del capital social de Repsol.

Así, Repsol S.A. pasó a tener cinco sociedades filiales, Repsol Exploración (antigua Hispanoil), Repsol Petróleo (antigua Enpetrol), Repsol Química (antigua Alcudia),

Repsol Butano (antiguo Butano S.A.), Campsa y Petronor. En la figura N° 3.26 se presenta la nueva estructura empresarial.

FIGURA N° 2.26  
CREACIÓN DE REPSOL S.A. Y LAS EMPRESAS QUE LA INTEGRAN



Fuente: [76]

De esta manera, **el grupo se estructuraba en las divisiones tradicionales de las grandes multinacionales**, aunque faltaba integrar las actividades de comercialización de productos petrolíferos. Esta se lograría en 1994 con la denominación social de Repsol Comercial de productos petrolíferos.

### 2.1.7.3-B19 PRIVATIZACIÓN DE REPSOL

En la década de los 80, se desarrolló en el mundo un importante proceso de privatizaciones de empresas estatales que tuvo su continuidad en la década siguiente.

Estas privatizaciones se han producido en distintos continentes, en países con diferentes grados de desarrollo y promovidas por gobiernos conservadores y otras por gobiernos socialistas. Todos estos procesos de privatización han tenido como justificación común la falta de capacidad del Estado para actuar empresarialmente de forma eficiente y la revalorización del papel del mercado como mecanismo de asignación de recursos.

Las privatizaciones se llevaron a cabo entre otros objetivos para:

- Reducir la carga que suponía la existencia de empresas del Estado en pérdida
- No existían razones que justifiquen la participación del Estado en empresas cuya privatización podría significar un mayor sometimiento de las mismas a las reglas del mercado.

Se ha dicho de manera muy expresiva que no hay empresas públicas o privadas sino empresas bien o mal gestionadas, el hecho es que existen aspectos que afectan negativamente el comportamiento de la empresa pública, entre los que destacan tres:

- La falta de contraste del mercado de capitales derivado del hecho que *pocas empresas estatales cotizan en la bolsa, y por lo tanto, no están sometidas a las exigencias de rentabilidad* y al seguimiento de los analistas de inversiones y de los inversores institucionales.
- La inestabilidad de la gestión debido al *cambio frecuente de los gestores*, sea porque cambiara el partido gobernante, el presidente o primer ministro del gobierno o el ministro de tutela.
- Las *interferencias políticas y el comportamiento sindical* del que se deriva, por un lado, la toma de decisiones supuestamente beneficiosas para algún sector industrial pero perjudicial para las empresas públicas de otros sectores industriales.

Las reflexiones anteriores sobre las justificaciones de la política de privatizaciones son aplicables a REPSOL, aún cuando esta era una empresa que generaba cuantiosos beneficios. Sin embargo, para REPSOL era una rémora ser una empresa pública y, por ello, fueron sus propios gestores los que tomando la iniciativa, propusieron al gobierno la privatización de la compañía.

Los principios que caracterizaron la forma en que se llevo a cabo la privatización de REPSOL son los siguientes:

- Se aprovechó el proceso para conseguir simultáneamente la mejora de la estructura de los activos de la empresa y de las relaciones con sus clientes, empleados y suministradores. Así, se concedió gran importancia a la hora de elegir los accionistas de referencia que pudieran aportar activos de interés para la empresa tal como sucedió con el banco español BBV y la compañía nacional de México PEMEX, que aportaba ciertas garantías de suministro de crudo y otras oportunidades de negocio y cooperación.
- Cada oferta pública de venta de acciones fue precedida de un estudio minucioso. Los equipos que presentaban las peculiaridades de REPSOL a los analistas europeos y norteamericanos estaban perfectamente informados y preparados, además conocían con precisión cuantos aspectos de REPSOL podrían ser de interés para los futuros inversores. Se realizó una amplia difusión sobre las ventajas de la privatización del sector público petrolero que llevó a que la decisión no fuera criticada ni por los partidos políticos ni los sindicatos, ni por los trabajadores de la compañía, a los que se ofreció un tramo de acciones en condiciones favorables.
- Se buscó una base accionarial amplia, **primero** ofreciendo la oportunidad de convertirse en accionistas a la generalidad de los ciudadanos, la mayoría de las cuales eran, además, clientes de la compañía: para ellos se diseñó el **tramo minorista**. En **segundo** lugar, se diseñó el **tramo institucional** (compañías de seguros, fondos de pensiones, etc), pretendiendo conseguir un núcleo de inversores con comportamiento estable, no especulativo. **Tercero** y último, tanto el volumen de la operación como la necesidad de tener inversores estables y activos, se diseñó un **tramo internacional**, no solo porque permitiría generar una mayor demanda, sino también por tratarse de grandes inversores dotados de departamentos especializados para el análisis empresarial.

Sobre estas bases se realizó la privatización de REPSOL, iniciada en 1989 y culminada ocho años después en 1997. Es importante resaltar su éxito no solo desde el punto de vista de los ingresos por parte del Estado, sino también por su óptica empresarial.

En efecto, frente a la posibilidad de haber fragmentado la empresa y subastar cada una de sus partes o simplemente ceder la empresa a quién más ofertase, se optó por una progresiva y meditada privatización que culminó con la consolidación de una gran empresa española, con accionariado muy disperso, con la excepción de un núcleo importante de instituciones que aportan estabilidad a la misma, tales como el BBV, PEMEX y la Caixa de Catalunya.

### **2.1.7.3-B20 LA EVOLUCIÓN DE REPSOL**

La creación de REPSOL permitió al sector petrolero público español incorporar sistemas de gestión asimilables a los practicados por las grandes empresas industriales y comerciales. A continuación se explica brevemente y en sus aspectos más relevantes el comportamiento de las grandes líneas de negocio de REPSOL.

#### **B20.1 Exploración y Producción**

REPSOL tenía una excesiva concentración industrial en España, mientras que las reservas y producción de hidrocarburos eran realmente modestas.

Esta estructura difería radicalmente de la que tenían y tienen las multinacionales del petróleo las que, además de tener los negocios muy diversificados geográficamente, obtienen un porcentaje muy apreciable de sus resultados operativos (del orden del 70%) en la producción de petróleo y gas.

Por ello, estas empresas tienen bastante estabilidad en sus resultados, compensando los altos márgenes en la producción de petróleo con los márgenes reducidos en el refino y la petroquímica, y a la inversa.

Por el contrario, Repsol una vez desaparecida la protección del Monopolio de Petróleos, era excesivamente dependiente de las oscilaciones del refino y de la petroquímica, y muy poco dependiente de los márgenes obtenidos en la producción de petróleo y gas.

Esto motivó la consolidación de operaciones de exploración y producción en el norte de África (Argelia, Libia y Egipto) y una expansión fuerte en Latinoamérica

(Argentina, Bolivia, Venezuela, Trinidad y Tobago, Perú). Repsol logró incrementar la relación reservas/producción de 12.1 en 1995 a 15.1 en 2001. Esta relación es diferente en el caso del petróleo (9.7) y del gas natural (24.8).

### **B20.2 Refinación**

El sistema de refinación de Repsol hasta 1990 incluía cinco refinerías en España: Cartagena, Puertollano, La Coruña, Tarragona y Petronor en Viscaya.

La expansión internacional de Repsol se inicio en 1996 con la compra de la refinería de la Pampilla en Perú, y las refinerías de Bahía Blanca, Luján de Cuyo, La Plata y Plaza Huincul en la Argentina, logrando una capacidad de refinación total de 1.2 millones de barriles por día.

### **B20.3 Petroquímica**

La actividad química de REPSOL en España ha consistido y sigue consistiendo fundamentalmente en la producción de olefinas y su transformación en poliolefinas, utilizadas en la fabricación de plásticos y otros productos.

La tecnología de los steam crackers (unidades de producción de olefinas a partir principalmente de naftas, también de etano) esta disponibles a costos moderados, asimismo, estas **unidades están integradas con las refinerías de petróleo con las que se produce un intercambio importante de materias primas, productos y servicios.**

En cambio, las plantas transformadoras de estas olefinas en poliolefinas y otros productos utilizan tecnologías que con frecuencia, las empresas que lo han desarrollado no están dispuestas a ceder a terceros. Esto motivo que la petroquímica en España (que se inicio a mediados de la década del 60) se desarrollará con socios extranjeros que aportaron su tecnología, tales como Montedison, Phillips Petroleum, Halcón, ARCO, ICI, etc.

La economía de la química en general y más específica **la química de las olefinas es muy sensible a la marcha de la economía mundial.** A principios de los años 80, la crisis económica derivada de la segunda crisis del petróleo dio lugar a una caída de la demanda y de los márgenes, colocando a las empresas químicas en una situación

delicada. En esos años, de resultados económicos pobres e inclusive negativos, desencadenó que los socios extranjeros de ENPETROL en las filiales petroquímicas progresivamente vendieran sus participaciones, lo que permitió más adelante crear Repsol Química por integración de todas ellas.

La **gravedad de la situación internacional de la industria petroquímica que se prolongó hasta mediados de 1984**, indujo a pensar a los responsables españoles del Ministerio de Industria y Energía que *no era viable la existencia de una empresa española en este sector que fuera internacionalmente competitiva*. Sin embargo, los resultados realmente positivos a partir de la segunda mitad de 1984 que se prolongaron hasta alcanzar un máximo en 1989, implicó que la Administración modificaran sus criterios respecto de la viabilidad de la industria petroquímica española.

Existen tres razones para la rentabilidad de la industria petroquímica española de aquel entonces:

- El bajo precio de compra de las participaciones extranjeras por haberse realizado la misma en un momento de profunda depresión de la industria.
- El cambio de ciclo de la petroquímica que, a partir de 1984, entro en una fase de beneficios.
- La reducción de los costes de gestión y comercialización al unificarse las organizaciones de las cuatro empresas.

Adicionalmente, debe mencionarse que la mayor dimensión en el campo de la química y su autonomía respecto a la estrategia a seguir permitió dar impulso considerable a actividades de I+D, aspectos esenciales de esta industria. Como algo relevante se menciona las mejoras sensibles que lograron en las tecnologías de producción de óxido de propileno y estireno, que posteriormente (1999) permitió la construcción e instalación de plantas nuevas en Tarragona, con una capacidad de 150000 TM/año de óxido de propileno y 340000 TM/año de estireno monómero.

Respecto de las instalaciones de producción de olefinas en la ciudad de Tarragona, Repsol Química tiene 1 cracker de 650000 TM/año y Dow Chemical 1 cracker de 750000 TM/año. Es importante resaltar que este Complejo Petroquímico se ha convertido en un hub industrial [82] habiéndose logrado para el año 2010 que **estén instaladas 47 empresas químicas que facturan alrededor de 5.6 billones de euros anuales**. Empresas multinacionales como Dow, Basf, Bayer, Degussa, Solvay, y las españolas Catalana de Polimers, Aiscondel, entre otras, están presentes en esta zona. Así mismo, en este lugar se producen más de 60 productos petroquímicos.

Otro hecho destacable fue la penetración en los mercados petroquímicos de los países de Mercosur en la década del 90, específicamente en los centros de Bahía Blanca y Ensenada en la Argentina.

Es importante subrayar que la experiencia adquirida por las dificultades de la crisis que se acababa de superar en los años 80 no constituyó un referente que indujera a las empresas químicas a actuar con más prudencia. Los excelentes resultados que la industria petroquímica estaba obteniendo en la segunda mitad de la década de los 80 estimularon aumentos de capacidad de producción que comenzaron a operar cuando la economía mundial empezaba a desacelerarse.

En la primera mitad de los 90, se entró en una nueva crisis que alcanzó tal importancia que los fabricantes europeos de olefinas se unieron para negociar conjuntamente ante la Comisión Europea el cierre de las plantas más ineficientes, estableciendo un fondo de compensación que soportase los costes del cierre. Antes de que se tuviera una respuesta a la petición, la industria química empezó a mejorar e inmediatamente las empresas no solamente no procedieron al cierre de las plantas más ineficientes, sino que por el contrario, entraron en la dinámica de nuevas aplicaciones. La desaceleración económica mundial producida en el 2001 dio lugar a que la industria química haya obtenido nuevamente resultados fuertemente negativos. **Las experiencias históricas anteriores indican que los resultados del sector químico son muy dependientes de la coyuntura económica mundial**, lo que invita a reflexionar seriamente a la hora de tomar decisiones drásticas en momentos de recesión económica.

Tortella, Ballesteros y Díaz Fernández [83] reflexionan sobre la industria petroquímica española iniciada a mediados de la década del 60 indicando que la petroquímica es **como la economía o como otros sectores industriales, es cíclica**. *La diferencia estriba en que los ciclos de la petroquímica son de una amplitud mayor, pasándose en pocos años de pérdidas más o menos importantes a beneficios extraordinarios*. Cuando se analiza el sector en el largo plazo, la contribución del resultado operativo de la química con los activos netos dedicados a esta actividad comparada con la contribución de otras líneas de negocio la petroquímica sale favorecida. Sin embargo, las grandes fluctuaciones del negocio conducen a que los gestores de algunas empresas – influenciados por el corto plazo – decidan abandonar esta actividad en momentos recesivos, sin tener en cuenta que **la rentabilidad de este sector es alta, siempre y cuando se contemple un periodo suficientemente largo**. En conclusión, puede afirmarse que la actividad petroquímica de Repsol ha tenido un comportamiento satisfactorio, tanto en lo que se refiere a resultados económicos como al desarrollo de tecnologías propias de procesos y productos.

Actualmente, **los productores de petroquímicos en España [84] compiten en el mercado de exportación de productos petroquímicos con productores muy competitivos del Asia y sobre todo en el Medio Oriente**. Estos últimos tienen crackers con producciones del orden de 1.3 millones de TM/año frente a los productores españoles que están por debajo de este valor, y en el orden de 280000 a 750000 TM/año. Definitivamente y en el largo plazo, las plantas de escala pequeña enfrentarán serios problemas debido a sus costos de producción que los puede llevar al cierre de sus plantas.

#### **2.1.7.3-B21 La Investigación y Desarrollo (I+D)**

La I+D en la industria de hidrocarburos en España tiene origen en el **Centro de Investigación de ENCASO** (ver apartado 3.2.6.3-B4), creado inicialmente para la optimización de los procesos y el desarrollo de los productos obtenidos a partir de los aceites de pizarra de la ciudad de Puertollano.

En la década del 60 el Centro sería ampliado y equipado con una mini refinería experimental (replica de los procesos de fraccionamiento, refinado y desparafinado) y diversificaría sus actividades de investigación en lubricantes, carburantes y

petroquímica. En el caso de la petroquímica y como se ha mencionado anteriormente se lograron mejoras sensibles en tecnologías de producción de óxido de propileno y estireno.

En 1995 se integraron en una única Dirección de Tecnología todas las actividades de Investigación, Desarrollo y Asistencia Técnica del Grupo REPSOL, y en el año 2002 se inauguró el nuevo Centro de Tecnología en la localidad de Móstoles en Madrid, que cuenta con el siguiente equipamiento:

- Equipos de laboratorio para el estudio a pequeña escala de operaciones y procesos. Microplantas y plantas piloto como etapa intermedia del escalado de procesos hasta el tamaño industrial.
- Equipos para análisis químico y estructural de productos
- Equipos de ensayo de características físico-químicas de productos petrolíferos
- Bancos de pruebas de motores y cámara climática de vehículos para estudio de comportamiento de carburantes y lubricantes
- Equipos para el estudio de propiedades de polímeros
- Máquinas piloto de transformación de polímeros
- Equipos para caracterización de catalizadores y otros materiales sólidos
- Equipos para estudio y certificación de aparatos de consumo e industriales a gas
- Instalación para la fabricación de combustibles especiales y de competición
- Software de modelización y simulación de procesos industriales

La investigación en Petroquímica ha continuado con el desarrollo de tecnologías propias respecto a cauchos hidrogenados, plásticos para agricultura, nuevos catalizadores para la obtención de polímeros, espumas, polioles, etc.

El Centro Español de Plásticos [85] indica que España produce alrededor del 73 % de los plásticos que consume, lo cual consideran una cifra importante, encajando en un modelo intermedio, camino de convertirse en uno doméstico.

A continuación se presenta la figura N° 2.27 que representa al modelo intermedio, en la cual los productos petroquímicos se destinan una parte al mercado nacional para continuar su transformación en productos de mayor valor agregado y otra parte a la exportación.

FIGURA N° 2.27



Fuente: Elaboración propia

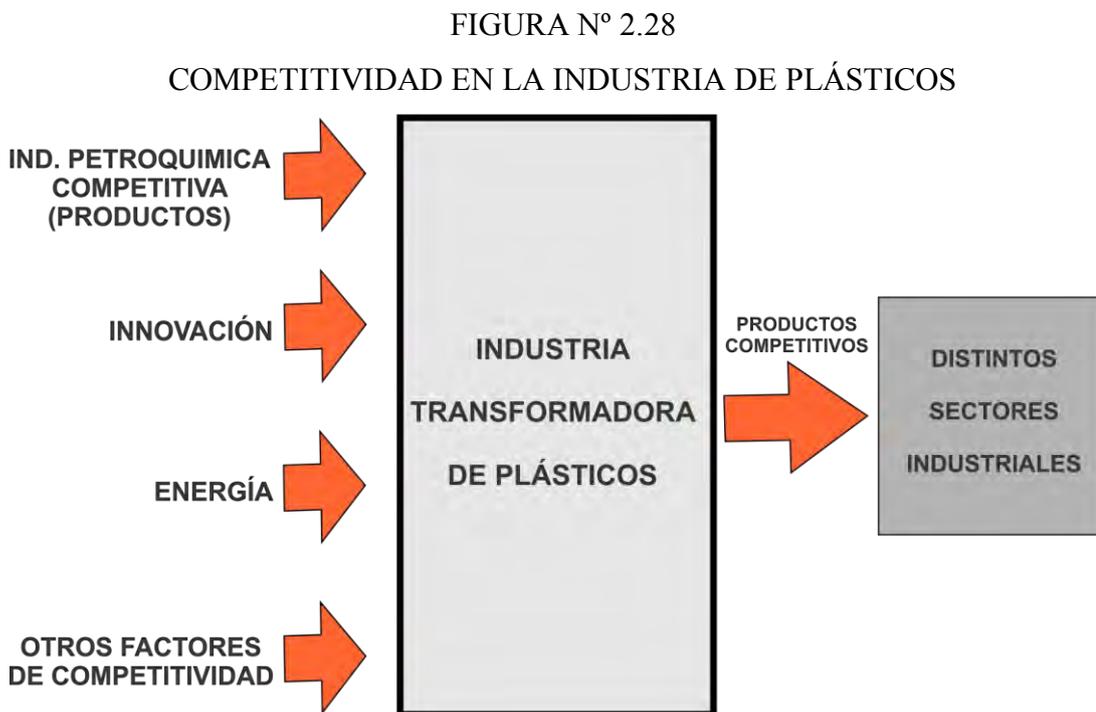
## 2.2 COMPETITIVIDAD EN LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS

En la actualidad, en el mundo de las empresas sean estas grandes o pequeñas existe una gran competencia por prevalecer en el mercado, para lo cual las empresas tienen que ser competitivas, y para que estas sean competitivas deben producir bienes o servicios, según el caso, de forma eficiente, es decir, reduciendo costos de producción e incrementando los niveles de calidad.

En la industria de plásticos hay varios factores que la hacen competitiva, tales como:

- La materia prima constituida por los productos petroquímicos
- La energía
- La innovación
- Otros factores: tamaño de la planta, mano de obra calificada, logística de transporte, etc.

La figura N° 2.28 muestra los principales factores de competitividad en la industria transformadora de plásticos:



Fuente: Elaboración propia

A continuación se explican los tres primeros por ser considerados los más importantes.

### **2.2.1 La materia prima constituida por los productos petroquímicos**

En la industria del plástico el costo de la materia prima (que vienen a ser los productos petroquímicos) puede representar en promedio un 60% de los costos totales directos, de tal manera que un ahorro en este rubro es significativo en el resultado financiero de la empresa. Este costo representa el primer rubro en importancia dentro de la estructura de costos de la industria del plástico.

El mercado petroquímico se caracteriza por estar globalizado, por lo que en cualquier mercado local y concretamente el peruano se refleja acontecimientos que ocurren en lugares distantes como el Medio Oriente o el Asia. Existen varios efectos de este mercado globalizado, uno de ellos está en la disponibilidad y los precios estables o volátiles de los productos petroquímicos con origen en el petróleo o gas natural.

Por estos motivos, la competitividad de la industria petroquímica es un factor clave en la competitividad de la industria de plásticos.

### **2.2.2 Energía**

La energía consumida en los procesos de la industria de plásticos es principalmente la eléctrica. Se estima que el costo de la energía eléctrica representa entre el 4% y el 10% de los costos operacionales de una planta de transformación de plásticos. Dicho consumo dependerá del proceso (extrusión, inyección, moldeo, etc) y de la tecnología disponible, por lo que este puede diferir de una planta a otra. Este costo es relevante porque representa el segundo rubro en importancia dentro de la estructura de costos de la industria del plástico.

Con el propósito de tener una industria del plástico sostenible se debe incrementar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica mediante el ahorro energético de forma que reduzca la cantidad utilizada. Otro aspecto a considerar es la disminución del costo de la energía usada en esta industria. En el caso del Perú, este costo ha venido reduciéndose y estabilizando por el ingreso gradual del gas de Camisea utilizado en la generación de energía eléctrica, disminuyendo así la dependencia de los precios del petróleo y sus respectivos derivados aplicados a la generación de energía eléctrica.

El uso eficiente mediante el ahorro de energía y una reducción de sus costos, impacta positivamente en los costos de producción, contribuyendo a la mejora de la competitividad y la productividad de las empresas transformadoras de plásticos.

Farah [86] indica que en la industria del plástico la materia prima y la energía constituyen los mayores costos de producción, convirtiéndose en un factor clave que puede inhibir el crecimiento del sector.

### **2.2.3 Innovación**

La innovación es el elemento clave de la competitividad. En el sector de transformación del plástico, la innovación puede estar direccionada a lograr el consumo de menos materia prima. Por ejemplo, fabricar un envase más fino con la misma resistencia y prestaciones iguales o mayores que el modelo utilizado hasta el momento, de esta forma el producto es más competitivo.

La innovación puede orientarse a la mejora de los métodos de fabricación o tecnologías nuevas para elaborar todas las piezas de manera precisa, correcta (sin defectos), mejorando el rendimiento, fabricando más y mejor, y logrando ser más competitivos en los costos.

La industria del plástico también utiliza la innovación para el ahorro energético. Por ejemplo, en los procesos de fabricación el uso de un fluido adecuado que vuelva menos viscoso a la resina, de forma que la máquina transformadora desarrolle un menor esfuerzo para hacer avanzar el plástico fundido y esto, al traducirlo al trabajo que tiene que realizar el motor implica un ahorro de energía.

El plástico tiene múltiples aplicaciones y hay muchos sectores industriales que lo utilizan, por lo que las perspectivas de crecimiento de su demanda siempre están presentes. Teniendo en cuenta esto, no solo es importante disponer de materia prima y energía de bajo costo, o maquinaria con tecnología punta, también será muy necesario que la empresa esté bien gestionada y se instaure una verdadera cultura de innovación que haga avanzar constantemente a la empresa.

## 2.3 MEDICIÓN DE LA INNOVACIÓN EN LAS EMPRESAS

La innovación es un proceso continuo. Las empresas, de forma seguida, efectúan cambios en los productos, los procesos, captan nuevos conocimientos, etc. La medición permitirá conocer los motivos y las barreras a la innovación, los cambios en el método de funcionamiento de las empresas, la naturaleza de las actividades de innovación que desarrollan, los tipos de innovación que introducen, los vínculos de las empresas con otros agentes económicos, los métodos que utilizan para proteger sus innovaciones, entre otros.

### 2.3.1 Medición de la innovación

La medición es definida como una operación que permite la determinación del valor de una variable a través de sus atributos o características. Medir es comparar, es expresar un resultado usando un valor numérico sobre una base reconocida.

Respecto a la medida de la innovación Phillips [87] indica que es difícil debido a la amplia naturaleza y alcance de las actividades de innovación. Un método para tratar de evaluar la innovación es categorizar estas actividades distinguiendo entre los componentes de salida y los componentes de entrada respecto a la actividad de innovación. A continuación, a modo de resumen se presenta lo planteado por Phillips en los cuadros N° 2.28 y N° 2.29.

CUADRO N° 2.28

#### ELEMENTOS DE SALIDA PARA LA MEDIDA DE LA INNOVACIÓN

ELEMENTOS DE SALIDA PARA LA INNOVACIÓN	DESCRIPCIÓN
INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS O PRODUCTOS MEJORADOS, O NUEVOS PROCESOS O MEJORA DE LOS MISMOS.	Mediante encuestas se pregunta a las empresas si han introducido alguna nueva mejora de producto o proceso. La respuesta puede ser si o no. Es una forma muy básica de categorizar si una firma es innovadora o no.
PORCENTAJE DE VENTAS DE PRODUCTOS NUEVOS O MEJORADOS, O PROCESOS	Estimar el porcentaje de ventas asociado a un nuevo producto, mejora de producto, o producto no sustituido. Los dos primeros se refieren a productos introducidos en los últimos <b>tres (3) años</b> .
ESTADÍSTICAS DE PROPIEDAD INTELECTUAL	Medición de la propiedad intelectual, mediante estadística de patentes, marcas registradas y diseños. La desventaja es que todavía podría no representar un alcance comercial.
PERFORMANCE DE LA FIRMA	Utilizar técnicas econométricas para relacionar los indicadores de innovación con el comportamiento de la empresa.

Fuente: (87)

El Manual de Oslo [88] indica que las capacidades de innovación son muy útiles para clasificar las empresas y sectores industriales en los países en desarrollo. Por capacidades de una empresa se entiende los elementos que le permiten sacar partido de las oportunidades ofrecidas por el mercado.

El desarrollo de la capacidad de innovación de las empresas es muy importante por muchas razones, por ejemplo, la competencia con otras empresas ya establecidas, la entrada de nuevos competidores y productos, continuidad de la compañía en el mercado, búsqueda de nuevos mercados, etc. Es importante para la empresa conocer si las acciones que están efectuando para incrementar su capacidad de innovación son suficientes y si hay resultados inmediatos.

CUADRO N° 2.29

**ELEMENTOS DE ENTRADAS PARA LA MEDIDA DE LA INNOVACIÓN**

ELEMENTOS DE ENTRADA PARA LA INNOVACIÓN	DESCRIPCIÓN
I & D INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EXPERIMENTAL	Los gastos en I&D es extensamente usado para medir el esfuerzo del nivel de innovación. Se define como “investigación sistemática o experimental que envuelve la innovación o el riesgo técnico, el resultado es un nuevo conocimiento con o sin aplicación práctica para un nuevo o la mejora de un producto o proceso”. Presenta la desventaja que no encaja con exactamente con el concepto de innovación.
PROPIEDAD INTELECTUAL	Las patentes no son una señal de un uso comercial de una idea. No todas las ideas comercialmente válidas son patentadas. Tiene como desventaja que no coincide con el concepto de innovación.
ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍA DE OTROS (EJEMPLO, PATENTES, LICENCIAS)	La empresa que compra equipos o maquinaria que mejoran las existentes es vista como innovadora. Es un importante elemento de la innovación.
INVERSIÓN EN MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA ASOCIADO A NUEVOS PRODUCTOS / PROCESOS	Distingue entre tipo de inversión y la inversión típica de reemplazo de máquinas y equipos. El ratio de este tipo de gastos es un indicador útil de innovación.
GASTOS DE MARKETING PARA NUEVOS PRODUCTOS	Los gastos de lanzamiento de un nuevo producto o su cambio por otro nuevo, se considera como parte de la innovación.
GASTOS DE ENTRENAMIENTO RELACIONADOS CON NUEVO / CAMBIO DE PRODUCTO / PROCESO	Es la eficiencia del staff para implementar las ideas. es una variable de innovación a considerar.
GESTIÓN Y CAMBIO ORGANIZACIONAL	Los gastos realizados por la empresa en este item es confidencial, es una variable de la innovación a considerar.

Fuente: (87)

Morel y Boly [89] indican que la medición de la innovación de una empresa esta compuesta por la evaluación y la comparación de la capacidad innovación de las empresas. Esta capacidad está relacionada con sus competencias, conocimientos, herramientas y recursos financieros.

En su propuesta sobre la medición de la capacidad de innovación de las empresas, estos autores indican lo siguiente:

- La capacidad de innovación de una compañía es medible
- Los principios de un sistema de medición de la innovación depende de las propiedades (prácticas) del proceso de innovación. Ellos son medibles solo si ellos son expresados en términos de la observación directa de las sub-prácticas de la gestión de la innovación.

A partir de sus investigaciones, Morel y Boly [89] plantean trece (13) familias de atributos o prácticas y sus respectivas sub-prácticas, que guían la transformación de las ideas en productos y procesos en la empresa, dentro del proceso de innovación. Estas se resumen en el cuadro N° 2.30

En el **anexo N° 1** se amplía la explicación de los 13 atributos.

Morel y Boly manifiestan que la obtención de los 13 atributos se sustenta en un estudio bibliográfico amplio, un análisis de la Escuela Norteamericana [90] y la consulta a 50 expertos de las universidades francesas, escogidos por su producción científica en el campo de la innovación.

Sobre la base de consulta a expertos en innovación indicados en el párrafo anterior, estos especialistas han definido pesos o valores para jerarquizar la importancia de cada uno de los atributos o características. Estos valores se presentan en el cuadro N° 2.31.

CUADRO N° 2.30

**TRECE (13) ATRIBUTOS Y SUS RESPECTIVAS SUB-PRÁCTICAS**

	<b>PRÁCTICAS O ATRIBUTOS DEL PROCESO DE INNOVACIÓN</b>	<b>SUB-PRÁCTICAS</b>
1	<b>LAS TAREAS DE DISEÑO/CONCEPCIÓN SON PLANIFICADOS</b>	-Reporta actividades para la concepción de nuevos procesos de producción -Reporta actividades para el diseño de nuevos productos -Utiliza el CAD -Utiliza el Análisis Funcional
2	<b>EL SEGUIMIENTO DE LOS PROYECTOS</b>	Existe un proceso para la formalización de los proyectos Gastos por el monitoreo de proyectos Revisión estructurada de los proyectos
3	<b>INTEGRACIÓN DE LAS DECISIONES ESTRATEGICAS</b>	Estrategia de información para los diseñadores Reuniones regulares de estrategia entre la Dirección y Jefe de proyectos Utiliza herramientas para la toma de decisiones Utiliza como herramienta la gestión del valor
4	<b>GESTIÓN DE PORTAFOLIOS DE PROYECTOS</b>	El portafolio es revisado por la Alta Dirección Un administrado es asignado para coordinación del portafolio Utilizan indicadores de performance
5	<b>CONTROL Y RETRO-ALIMENTACIÓN EN EL PROCESO DE INNOVACIÓN</b>	Hay reuniones para analizar el desarrollo de actividades Expertos en metodología apoyan las reuniones internas Expertos se reúnen con los jefes de proyectos
6	<b>CONTEXTO Y CONDICIONES DE TRABAJO ADECUADOS PARA INNOVAR</b>	Cada proyecto tiene un administrador El equipo de proyectos esta compuesto por miembros de diferentes departamentos.
7	<b>ASIGNACION DE COMPETENCIAS PARA EL PROCESO DE INNOVACIÓN</b>	El equipo que participa tiene las habilidades suficientes según el tipo de proyecto. El entrenamiento es planificado según los proyectos futuros La movilidad es alentada por la Alta Dirección
8	<b>SOPORTE MORAL/MOTIVACIÓN PARA LOS INNOVADORES</b>	Existe estimulación para la innovación Hay premios para los innovadores Recursos materiales son asignados para los innovadores
9	<b>EL APRENDIZAJE COLECTIVO DEBE SER GARANTIZADO</b>	Aplican metodologías para juntar lo aprendido en proyectos Existe personal que se encarga de reunir lo aprendido en los proyectos
10	<b>EL NUEVO CONOCIMIENTO (KNOW HOW) Y LA EXPERIENCIA SON CAPITALIZADOS</b>	El know how adquirido es evaluado y capitalizado
11	<b>LAS TAREAS DE VIGILANCIA Y ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS SON PLANIFICADAS</b>	Aplican alguna metodología para la recolección de datos Se organizan Workshops para el análisis de datos La información es analizada para convertirlo en nuevos proyectos de innovación
12	<b>ASOCIACIÓN DE LA EMPRESA CON REDES TECNOLÓGICAS</b>	La empresa es miembro de alguna red empresarial La empresa contrata subcontratistas de ingeniería
13	<b>LAS NUEVAS IDEAS SON RECOGIDAS DURANTE SESIONES DE CREATIVIDAD</b>	La empresa tiene departamento de I+D Utilizan base de datos de ideas, datos técnicos, resultados experimentales, en la innovación La empresa tiene un presupuesto para apoyarse en laboratorios externos.

Fuente (89)

**2.3.2 La encuesta**

En la medición de innovación de las empresas debe elaborarse una encuesta con el objetivo de medir su capacidad de innovación. La encuesta debe considerar los trece (13) atributos planteados por Morel y Boly, y las respectivas sub-prácticas, que es la parte observable y medible. En el capítulo de resultados se presentará una propuesta de encuesta y su aplicación a un grupo de empresas.

**CUADRO N° 2.31  
PESOS A LOS ATRIBUTOS DEL PROCESO DE INNOVACIÓN**

	<b>ATRIBUTOS O PRÁCTICAS DEL PROCESO DE INNOVACIÓN</b>	<b>PESO</b>
<b>1</b>	LAS TAREAS DE DISEÑO/CONCEPCIÓN SON PLANIFICADOS	<b>38</b>
<b>2</b>	EL SEGUIMIENTO DE LOS PROYECTOS	<b>3</b>
<b>3</b>	INTEGRACIÓN DE LAS DECISIONES ESTRATEGICAS	<b>20</b>
<b>4</b>	GESTIÓN DE PORTAFOLIOS DE PROYECTOS	<b>1</b>
<b>5</b>	CONTROL Y RETRO-ALIMENTACIÓN EN EL PROCESO DE INNOVACIÓN	<b>2</b>
<b>6</b>	CONTEXTO Y CONDICIONES DE TRABAJO ADECUADOS PARA INNOVAR	<b>10</b>
<b>7</b>	ASIGNACION DE COMPETENCIAS PARA EL PROCESO DE INNOVACIÓN	<b>1</b>
<b>8</b>	SOPORTE MORAL/MOTIVACIÓN PARA LOS INNOVADORES	<b>2</b>
<b>9</b>	EL APRENDIZAJE COLECTIVO DEBE SER GARANTIZADO	<b>5</b>
<b>10</b>	EL NUEVO CONOCIMIENTO (KNOW HOW) Y LA EXPERIENCIA SON CAPITALIZADOS	<b>4</b>
<b>11</b>	LAS TAREAS DE VIGILANCIA/ ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS	<b>2</b>
<b>12</b>	ASOCIACIÓN DE LA EMPRESA CON REDES TECNOLÓGICAS	<b>2</b>
<b>13</b>	LAS NUEVAS IDEAS SON RECOGIDAS DURANTE SESIONES DE CREATIVIDAD	<b>10</b>
	<b>Σ</b>	<b>100</b>

### 2.3.3 Metodología para medir la capacidad de innovación de las empresas

Corona [91] sugiere el desarrollo de un índice de innovación, al cual denomina **Índice de Innovación Potencial (IIP) para las empresas**, plantea el siguiente algoritmo matemático:

$$IIP = \frac{\sum_{i=1}^n w_i * p_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Donde:

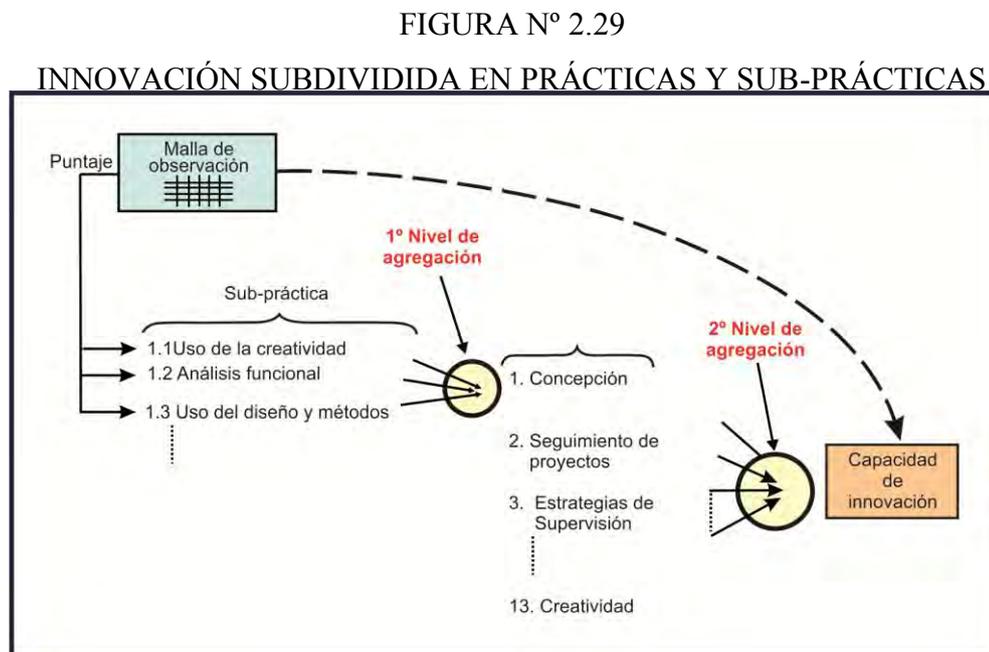
- IIP:** Es el Índice de Innovación Potencial de una empresa
- p<sub>i</sub>:** Es el grado de desarrollo de la práctica i o atributo i  
En relación a la encuesta, el grado de desarrollo serían las respuestas positivas a las preguntas que definen las sub-prácticas sobre el total de sub-prácticas que conforman la práctica o atributo.
- w<sub>i</sub>:** El peso o importancia de cada sub-práctica
- i:** El número de la práctica o atributo
- n:** El número de prácticas o atributos del proceso de innovación

La metodología se explica en la figura N° 2.29, para lo cual se tiene un primer nivel de agregación que corresponde a las sub-prácticas y sus respectivos atributos, del cual se puede obtener un puntaje para cada práctica o atributo. En el segundo nivel de agregación se tiene los puntajes de cada práctica que multiplicado por sus respectivos pesos permite obtener la evaluación global de la capacidad innovadora de la empresa.

### 2.3.4 El Índice de Innovación Potencial (IIP) y su efecto límite

El Índice de Innovación Potencial (IIP) no reconoce el efecto provocado por la sinergia que se alcanza en la aplicación de una sub-práctica o sub-prácticas que conforman un atributo del proceso de innovación.

La obtención de datos es aplicando una encuesta, la cual recoge información de la sub-práctica que es el fenómeno observable y se hace medible al asignarle un valor de cero (0) o uno (1). Se desconoce la profundidad del conocimiento, el grado de aplicación e importancia de la sub-práctica en la empresa, y el límite que se puede alcanzar por la aplicación de la sub-práctica en la innovación.



Fuente (92)

Por ejemplo, la implementación de un nuevo método tal como el Análisis Funcional, el cual constituye una sub-práctica del primer atributo CONCEPCION DE UN NUEVO PROCESO O PRODUCTO, dará resultados en términos de la innovación después de un periodo de entrenamiento y en el largo plazo su impacto alcanzará un límite. Lo mismo sucede con las otras sub-prácticas de este primer atributo.

En general cuando una sub-práctica o sub-prácticas alcanzan un alto grado de realización, la capacidad de innovación tiende a estabilizarse y alcanzar un límite o umbral.

Por lo tanto, tomando como base las Prácticas que permitieron el cálculo del Índice de Innovación Potencial (IIP) el propósito es determinar un nuevo Índice de Innovación que incorporé el efecto provocado por la sinergia que se alcanza en la aplicación de una sub-práctica o sub-prácticas, al cual se denominará efecto límite.

Rajeb [92] propone los siguientes modelos matemáticos, modelo curva S y modelo del condensador aplicado según la práctica de innovación para evaluar este efecto. El cuadro N° 2.32 presenta la propuesta:

CUADRO N° 2.32

PROPUESTA DE MODELO PARA EFECTO LÍMITE			
N°	Prácticas o atributos de la Innovación	MODELOS	
		CURVA - S	CONDENSADOR
1	Concepción	X	
2	Gestión del proyecto	X	
3	Estrategía integrada		X
4	Gestión Portafolio		X
5	Retroalimentación del proceso	X	
6	Organización de las tareas		X
7	Asignación de competencias		X
8	Motivación para la innovación		X
9	Aprendizaje colectivo	X	
10	Memorización nuevo conocimiento		X
11	Vigilancia tecnológica		X
12	Funcionamiento en red		X
13	Capitalización de ideas	X	

Fuente: (92)

Mayores detalles del cálculo de  $IIP_{EF}$  y de las curvas S y condensador se explican en el **anexo N° 2**.

### **2.3.5 Cálculo del índice de innovación incluyendo el efecto límite**

La capacidad de innovación de cada empresa incluyendo el efecto límite se denota por  $IIP_{EL}$ , se calcula de la misma manera que  $IIP$ :

$$IIP_{EL} = \frac{\sum_{j=1}^{13} w_j * Innovación(p_j)}{\sum_{j=1}^{13} w_j}$$

Donde:

Innovación ( $p_j$ ) es el grado de desarrollo de la práctica o atributo evaluado en el modelo matemático curva-S o condensador según cuadro N° 2.32.

### 3 MARCO CONCEPTUAL

En el presente capítulo se desarrollará lo siguiente:

- La competitividad,
- La cadena productiva y la cadena petroquímica,
- La innovación, grados de novedad en la innovación, modelos de innovación, tipos de innovación, difusión de la innovación, fuentes de conocimiento y tecnología en la innovación, estímulos y barreras a la innovación, la empresa innovadora y las actividades de la innovación
- Las características de la industria petroquímica: las materias primas, los productos petroquímicos, el polo petroquímico, las tecnologías, intensivo en energía y capital, ciclos del mercado petroquímico y periodicidad.

#### 3.1 LA COMPETITIVIDAD

##### 3.1.1 Definiciones

Bruce R. Scout [93] define la competitividad nacional como la habilidad de una nación para fabricar productos, distribuirlos, darles servicio post-venta internacional, compitiendo con los bienes y servicios de otros países, de forma tal que se consigue una elevación de su nivel de vida. La medida última del éxito no es una balanza comercial favorable ni un incremento de la reserva de divisas, sino un aumento del nivel de vida. Para ser competitivo, un país ha de utilizar sus recursos, especialmente los recursos humanos, de forma que logren una renta per cápita creciente mediante la especialización y el comercio en la economía mundial.

La OCDE [94] define a la competitividad como la capacidad de las empresas, industrias, regiones y naciones para generar ingresos y niveles de empleo altos de una manera sostenible, estando expuesta a la competencia internacional.

Michael Porter [95] indica que la competitividad de una nación depende de la capacidad de sus industrias para **innovar** y mejorar. Las empresas alcanzan ventajas competitivas mediante las innovaciones.

La NTP 732.001 [96] define la competitividad como la interrelación de los diversos elementos que determinan el incremento de la productividad de las empresas y el contexto que las rodea y que les permite utilizar de manera eficiente los factores productivos, tales como los recursos humanos, el capital físico, los recursos financieros y la tecnología, aumentando el ingreso real de la población. Este concepto incluye el fortalecimiento de la institucionalidad para crear un clima de negocios favorable dentro de un marco macroeconómico estable, que permita un adecuado funcionamiento de los mercados de factores, productos y servicios.

De estas cuatro importantes definiciones puede señalarse que la competitividad es un **concepto multidimensional**. Involucra fabricar productos, distribuirlos, uso de recursos humanos, innovar, etc, y competir con los bienes y servicios de otros países en un contexto de competencia internacional, logrando incrementar el nivel de vida de la población.

Después de haber analizado distintos conceptos sobre competitividad, Ramos [96] dentro de un enfoque integrador conduce a agruparlos en dos categorías básicas. Por una parte, los criterios relacionados con la empresa o sector (costos, calidad del producto, tecnología utilizada, innovación, recurso humano, canales de distribución, etc) que permite describir la competitividad en el nivel **micro**, mientras que aquellos relacionados con el entorno nacional (tipo de cambio de moneda, política comercial, política económica, política industrial, etc) hacen referencia al nivel **macro** de la competitividad.

Por tanto, la competitividad de un país está sujeta a cambios en el nivel micro como en el nivel macro, pudiendo ser considerada como un fenómeno esencialmente del nivel micro, influido por determinados parámetros del nivel macro.

## **3.2 CADENA PRODUCTIVA Y CADENA PETROQUÍMICA**

### **3.2.1 Definiciones**

El concepto de cadena productiva fue tratado por primera vez por Hirschman [98] quién formuló la idea de “encadenamiento hacia delante y hacia atrás”. Los **encadenamientos hacia atrás** están representados por las decisiones de inversión y

cooperación orientadas a fortalecer la producción de materias primas y bienes de capital necesarios para la elaboración de productos terminados. Entretanto, **los encadenamientos hacia adelante** surgen de la necesidad de los empresarios para promover la creación y diversificación de nuevos mercados para la comercialización de los productos existentes.

La ONUDI [99] define a la cadena productiva como el conjunto de empresas que conforman una línea de producción, partiendo de actividades como la obtención o explotación de materia prima hasta la comercialización de bienes finales.

De esta manera, la cadena está conformada por distintos eslabones o conjuntos de empresas que constituyen una etapa productiva dentro de esta. La cadena productiva se caracteriza por ser secuencial, involucrar dos o más sectores productivos y económicos, la interdependencia, el aporte de todos los eslabones y los beneficios equitativos según los recursos que tiene cada actor.

En este enlace entre unidades productivas que relacionan las etapas de abastecimiento de insumos, transformación, distribución y comercialización de un bien o servicio específico, los distintos eslabones efectúan acuerdos que condicionan sus vínculos y supeditan sus procesos técnicos y productivos, a fin de hacer competitivos los productos en los ámbitos nacional e internacional.

El concepto de cadena productiva ofrece un marco conceptual útil para comprender la articulación de diferentes unidades empresariales de cara al proceso de generación de valor y el papel que cumple cada una de las empresas que intervienen en el mismo. Igualmente, la cadena productiva, como concepto innovador, provee elementos importantes en el diseño de políticas de apoyo empresarial que favorecen la generación de riqueza a través de la consolidación de ventajas competitivas.

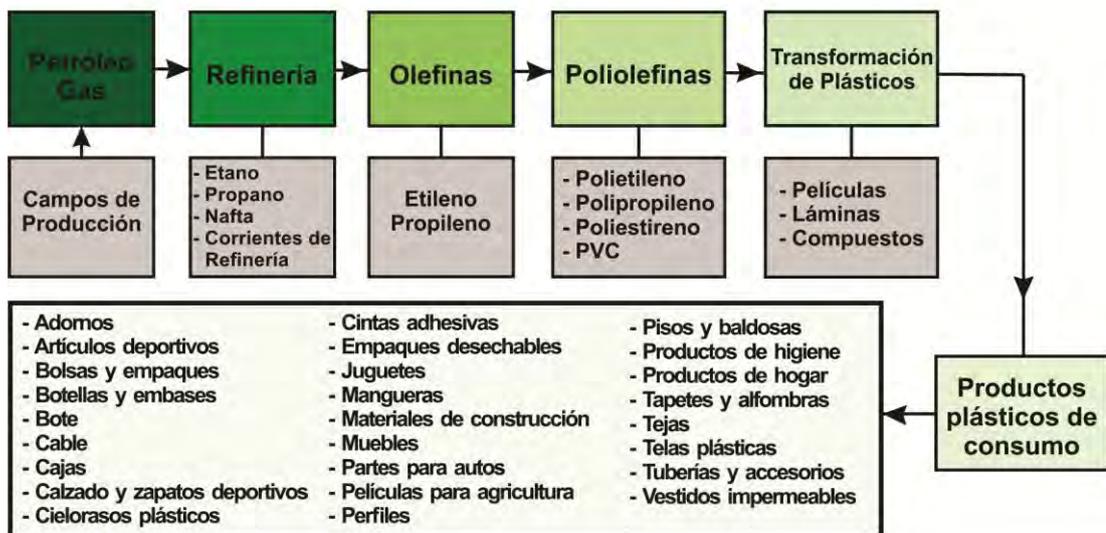
Bajo este enfoque, en la industria petroquímica de otros países como Brasil o Colombia, se ha comenzado a utilizar este término, así tenemos: la cadena petroquímica de los plásticos, la cadena petroquímica de los cauchos, la cadena petroquímica de las pinturas, la cadena petroquímica de las fibras y tintas, con el propósito de apoyar su mejor su desarrollo.

La figura N° 3.1 presenta como ejemplo la cadena petroquímica del plástico, en la cual se representa la transformación de la materia prima (petróleo o gas natural) hasta la obtención de productos finales, tales como bolsas, cajas, mangueras, pisos, juguetes, tuberías, etc.

FIGURA N° 3.1

## LA CADENA PRODUCTIVA

### Hidrocarburos - Olefinas - Polímeros - Plásticos



Fuente (100)

### 3.3 LA INNOVACIÓN

#### 3.3.1 Definiciones

Como indica Porter [95] la innovación es el elemento clave de la competitividad. Sin embargo, existen varias propuestas en la literatura para definir la innovación. A continuación se mencionan las más importantes:

La NTP 732.001 [96] define la innovación como la introducción exitosa de un nuevo o significativamente mejorado producto, proceso, servicio, método de comercialización o método organizativo en las prácticas internas de la empresa, institución, mercado o en la sociedad. Las actividades de innovación son: incorporación de tecnologías tangibles e intangibles, diseño industrial, equipamiento e ingeniería industrial, lanzamiento de la fabricación, comercialización de nuevos productos y procesos.

La (OECD) [101] define a la innovación como un proceso iterativo iniciado en la percepción de un nuevo mercado y/o oportunidad de un nuevo servicio para una invención basado en la tecnología, la cual conduce al desarrollo, producción y tareas de comercialización, para el éxito comercial de la invención.

Esta definición aborda dos importantes distinciones. **Primero**, el proceso de innovación comprende el desarrollo tecnológico de una invención que se combina con la presentación en el mercado de dicha invención a los usuarios finales, a través de la adopción y difusión. **Segundo**, el proceso de la innovación es iterativo, esto implica una primera inserción en el mercado de una nueva innovación y posteriormente su reinscripción por medio de una innovación mejorada.

El proceso iterativo implicará varios grados de innovación, por lo tanto, requerirá de una clasificación para describir estos grados de innovación o diferentes tipos de innovación.

Es importante aclarar que una invención no llega a ser una innovación hasta que sea producido, comercializado y difundido en el mercado.

Smith y Barfield [102] indican que la invención de un nuevo producto que se queda en la fase de laboratorio no conduce a una contribución económica directa. La innovación no solo incluye la investigación básica o aplicada, también el desarrollo del producto, la manufactura, la comercialización, la distribución, el servicio, y adaptaciones posteriores del producto y su mejora.

Rogers [103] explica que la innovación puede ser definida como la aplicación de nuevas ideas a los productos, procesos o alguna otra actividad de la empresa, la innovación está relacionada con el proceso o éxito en la comercialización o valor agregado a partir de ideas; esto va en contraste con la invención el cual no necesita estar directamente asociado con la comercialización.

Esta definición es interesante porque a diferencia de las anteriores hace énfasis en que la generación y selección de ideas como la materia prima para iniciar el proceso de innovación, hasta la obtención de un producto exitoso. Sin ideas no hay innovación.

Al igual que el concepto de competitividad, no hay una definición precisa y unánime para la innovación, pero puede resumirse como sinónimo de cambio, alteración de las cosas, por la introducción de un elemento de novedad o novedades y su respectivo éxito comercial.

### **3.3.2 Innovatividad o grados de novedad de la innovación**

Respecto a la naturaleza iterativa de la innovación Utterback y Abernathy [104] indican que, una idea básica sustenta al modelo propuesto de innovación de producto, los productos serán desarrollados en el tiempo, primero con énfasis en el performance del producto, a continuación con énfasis en la variedad del producto y posteriormente con énfasis en los costos y estandarización del producto.

Esta naturaleza iterativa resultará en diferentes grados de la innovación denominado también innovatividad o grado de novedad del producto en el tiempo.

Rothwell y Gardiner [105] sugieren que el primer grado de la innovación es la **innovación radical** que se da en las etapas iniciales de la difusión y adopción y representa el 10% de las innovaciones nuevas. El segundo grado es la **innovación incremental** que corresponde a etapas más avanzadas del ciclo de vida del producto y representa el 90% de los casos restantes.

García y Calantone [106] después de analizar abundante bibliografía sobre los grados de innovación identificados por otros autores establecen la siguiente categorización: innovación radical, innovación “realmente nueva”, e innovación incremental. Ambos autores enmarcan su categorización en la perspectiva MACRO y la perspectiva MICRO de la innovación.

La perspectiva MACRO tiene una dimensión mundial y es la capacidad de una nueva innovación para crear cambios paradigmáticos en la ciencia y en la tecnología y/o las estructuras del mercado. La perspectiva MICRO tiene su dimensión en la empresa o firma, y trata de cómo una nueva innovación influye en la tecnología, la comercialización, el conocimiento, las habilidades, las capacidades y las estrategias de la empresa.

Dado este marco, la innovación radical se caracteriza por causar cambios no esperados o discontinuidades en la comercialización y la tecnología en el macro y micro nivel. Ejemplos, la máquina de vapor (1769), el telégrafo (1840), el World Wide Web (www - 1980).

**3.3.2.1 La innovación radical** no obedece a una demanda, por el contrario creará una demanda que previamente los consumidores no han reconocido. Esta nueva demanda generará nuevas industrias con nuevos competidores, canales de distribución y nuevas actividades de comercialización.

**3.3.2.2 La innovación “realmente nueva”** se caracteriza porque en el nivel macro un producto realmente nuevo producirá una discontinuidad en el mercado o una discontinuidad en la tecnología, pero no ambos. En el nivel micro o de la empresa puede generar una combinación de discontinuidad, de mercado y/o tecnológica. Por ejemplo, las impresoras laserjet (marca canon) es la aplicación de una nueva tecnología en un mercado ya existente. Otro ejemplo, el facsimil o fax (1920) es una tecnología existente en un mercado nuevo.

**3.3.2.3 La innovación incremental** crea discontinuidades en el mercado o la tecnología solo en el nivel micro, en ningún caso lo hace en el nivel macro. Este tipo de innovación incorpora mejoras en el producto respecto a sus características, beneficios, precios, manufactura, proceso. Todas estas mejoras se dan con una tecnología existente y en un mercado también existente.

La innovación incremental puede ocurrir en todas las etapas que correspondan al proceso de desarrollo del nuevo producto y se constituye en un elemento de competitividad en mercados maduros.

En consideración a las descripciones que caracterizan a los grados de novedad en la innovación, se tiene el siguiente cuadro N° 3.1:

CUADRO N° 3.1 GRADOS DE NOVEDAD EN LA INNOVACIÓN

	MACRO		MICRO	
	Discontinuidad Tecnológica	Discontinuidad de Mercado	Discontinuidad Tecnológica	Discontinuidad de Mercado
INNOVACIÓN RADICAL (alta innovación)	☒	☒	☒	☒
INNOVACIÓN REALMENTE NUEVA (innovación moderada)	☒		☒	☒
		☒	☒	☒
	☒		☒	
INNOVACIÓN INCREMENTAL (baja innovación)			☒	☒
			☒	
				☒

Fuente: (106) y elaboración propia

### 3.3.3 Modelos de la innovación

Existen dos modelos de innovación, el empuje de la oferta (science-push or technology-push or discovery push) y el empuje de la demanda (demand-pull). El primer modelo tiene origen en los trabajos de Joseph Schumpeter y el segundo en los trabajos de Jacob Schmookler.

#### 3.3.3.1 Modelo empuje de la oferta

J. Schumpeter fue uno de los pocos economistas que incluyó el cambio técnico en las teorías del desarrollo económico. El argumentó inicialmente en su libro Teoría del Desarrollo Económico [107] que la ciencia y la tecnología son elementos exógenos y tienen una fuerte influencia en las actividades de emprendimiento; por consiguiente, en el crecimiento de las inversiones productivas y de mercado, y en la creación de nuevos mercados.

Posteriormente en su libro Capitalismo, Socialismo y Democracia [108] incorpora las actividades de investigación e invención como algo endógeno, reconociendo así la creciente institucionalización de las actividades de I & D en las grandes empresas. La cual se retroalimenta de la actividad científica y tecnológica desarrollada fuera de la empresa, es decir, “exógena” a ella.

El modelo teórico de Schumpeter respecto del cambio tecnológico tiene dos partes, el primero [107] donde la invención precede a la innovación, y que según sus observaciones corresponde a desarrollos de fines del siglo XIX y principios del siglo XX. Sus principales características son:

- Un flujo (discontinuo) de importantes invenciones que aparecen sin tener aparente relación a los nuevos desarrollos en ciencia. Estos son en gran parte exógenos a las empresas y estructuras de mercados existentes. No tienen origen en una demanda de mercado.
  
- Los emprendedores o empresarios evalúan el potencial futuro de estas invenciones y se preparan para asumir el riesgo respecto al desarrollo experimental, producciones cortas de prueba y su lanzamiento del mercado; así convierten la invención en una innovación. Existen casos donde los mismos empresarios son los inventores y desarrollan todo el proceso hasta su comercialización.
  
- Una vez que la innovación radical ingresa al mercado, esta desequilibra sus estructuras existentes y recompensa al innovador con un excepcional crecimiento y beneficios económicos por la explotación del monopolio temporal.
  
- Posteriormente, este monopolio será reducido poco a poco por el ingreso de nuevos empresarios, quienes restablecerán un nuevo equilibrio. En este nuevo proceso las empresas que no se adapten fracasan y caen en bancarrota.

La segunda parte del modelo de cambio tecnológico de Schumpeter [108] se debe a que observa cambios importantes respecto a la forma como se genera la invención, la innovación y las actividades de emprendimiento. Resaltando como principal característica:

- Las actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) en la propia empresa, a partir del cual se origina un importante incremento de las invenciones y patentes en comparación a inventores individuales.

Se establece una retroalimentación desde la innovación exitosa hacia las actividades de I+D y viceversa para aumentar la participación en el mercado. Esta forma de desarrollo empresarial corresponderá a trabajos propios del siglo XX.

### **3.3.3.2 Modelo empuje de la demanda**

Schmookler [109] sugiere que las invenciones fueron generalmente realizadas porque la gente desea resolver problemas económicos o capitalizarse en las oportunidades económicas. Los desarrollos científicos son utilizados en las invenciones dependiendo decisivamente de la demanda.

Las principales características de este modelo son:

- El crecimiento de la demanda en un mercado origina un incremento en la producción e inversión para satisfacer dicha demanda. Así mismo, este crecimiento se satisface mediante la aplicación de los conocimientos existentes.
- Al cabo de unos años, la fuerza de la demanda y el surgimiento de problemas técnicos hacen que la industria incremente sus actividades inventivas. Este esfuerzo generará más o menos un aumento proporcional de la tasa de la invención.
- El flujo de nuevas invenciones se incrementa y se refleja en las estadísticas respecto al aumento del número de patentes, el crecimiento en el financiamiento de los laboratorios de I&D de las empresas y otras medidas de la actividad inventiva.
- Las nuevas invenciones quedan representadas por mejores o nuevas instalaciones de producción, así como por productos nuevos o mejorados para satisfacer el incremento de la demanda.
- Subsecuentes caídas, fluctuaciones cíclicas e incrementos continuos de la demanda, darán lugar a variaciones similares en la tasa de actividad inventiva.

### **3.3.4 Principales tipos de innovación**

Schumpeter [107] afirmaba que el desarrollo económico está movido por la innovación, por medio de un proceso dinámico en el cual nuevas tecnologías sustituyen a las antiguas, llamó a este proceso “destrucción creativa”. Según él, las innovaciones “radicales” originan los grandes cambios del mundo, mientras que las innovaciones “progresivas o incrementales” alimentan de manera continua el proceso de cambio.

Este autor indica que las innovaciones pueden tener cinco formas principales:

- El lanzamiento de un nuevo producto o un cambio cualitativo de uno existente
- Nuevos procesos o métodos de producción para una industria
- La apertura de nuevos mercados
- El desarrollo de nuevas fuentes como materias primas u otros insumos
- Cambios en la organización industrial.

El Manual de Bogota [110] define 4 tipos de innovaciones que incluyen una amplia gama de cambios en las actividades de las empresas:

- Innovaciones de producto,
- Innovaciones de proceso,
- Innovaciones en comercialización, e
- Innovaciones organizativas.

**3.3.4.1** La *innovación de producto* se corresponde con la introducción de un bien o de un servicio nuevo, o significativamente mejorado, en cuanto a sus características o en cuanto al uso al que se destina. Esta definición incluye la mejora significativa de las características técnicas, de los componentes y los materiales, de la informática integrada, de la facilidad de uso u otras características funcionales.

Las innovaciones de producto pueden utilizar nuevos conocimientos o tecnologías, o basarse en nuevas utilidades o combinaciones de conocimientos o tecnologías ya existentes.

Las mejoras significativas de productos existentes se producen cuando se introducen cambios en los materiales, componentes u otras características que hacen que estos productos tengan un mejor rendimiento.

**3.3.4.2** La *innovación de proceso* es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, proceso de producción o de distribución. Ello implica cambios significativos en las técnicas, los materiales y/o los programas informáticos.

Las innovaciones de proceso pueden tener por objeto disminuir los costos unitarios de producción o distribución, mejorar la calidad, o producir o distribuir nuevos productos o sensiblemente mejorados.

**3.3.4.3** La *innovación en comercialización* es la aplicación de un nuevo método de comercialización que implique cambios significativos del diseño o el envasado de un producto, su posicionamiento, su promoción o su tarificación.

Las innovaciones de mercadotecnia tratan de satisfacer mejor las necesidades de los consumidores, de abrir nuevos mercados o de posicionar en el mercado de una nueva manera un producto de la empresa con el fin de aumentar las ventas.

**3.3.4.4** La *innovación de organización* es la introducción de un nuevo método organizativo en las prácticas, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores de la empresa. Las innovaciones de organización pueden tener como objeto mejorar los resultados de una empresa reduciendo los costos administrativos o de transacción, mejorando el nivel de satisfacción en el trabajo, facilitando el acceso a bienes no comercializados o reduciendo los costos de los suministros.

### **3.3.5 Difusión de la innovación**

Se entiende por difusión el modo mediante el cual las innovaciones se extienden a través de los circuitos comerciales, o cualquier otro, a los diferentes consumidores, países, regiones, sectores, mercados y empresas, después de su primera introducción.

Medina y Espinoza [111] indican que la difusión es la transmisión de la innovación y es la que permite que un invento se convierta en un fenómeno económico-social.

### **3.3.6 Fuentes para la transferencia del conocimiento y de la tecnología en el proceso de innovación**

El manual de Oslo [112] indica que las actividades de innovación de una empresa dependen en parte de la diversidad y estructura de sus vínculos con las fuentes de información, el conocimiento, las tecnologías, las prácticas empresariales, así como, con los recursos humanos y financieros. Los vínculos actúan como fuente de conocimiento y tecnología para la actividad innovadora de una empresa, abrazando desde las fuentes pasivas de información hasta los proveedores de conocimientos y tecnología – incorporada o no – pasando por los consorcios de cooperación.

Se tienen tres tipos de vínculos: las fuentes de información de libre acceso, la adquisición de tecnología y conocimiento y la cooperación en innovación.

El cuadro N° 3.2 muestra las fuentes para estos tres tipos de vínculos e indica a que tipo se refiere cada fuente.

CUADRO N° 3.2

**FUENTES PARA LA TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO Y DE LA TECNOLOGÍA**

	Fuentes de información de libre acceso	Fuentes para la adquisición de conocimiento y tecnología	Participantes en una acción de cooperación
<b>FUENTES INTERNAS A LA EMPRESA:</b>			
I+D	X		
Producción	X		
Comercialización	X		
Distribución	X		
Otras empresas del mismo grupo	X	X	X
<b>FUENTES COMERCIALES Y MERCADOS EXTERIORES:</b>			
Competidores	X	X	X
Otras empresas del sector	X	X	X
Clientes o usuarios	X		X
Expertos/Consultoras		X	X
Proveedores de equipos, materiales, componentes, programas informáticos o servicios	X	X	X
Laboratorios comerciales	X	X	X
<b>FUENTES QUE DEPENDEN DEL SECTOR PÚBLICO:</b>			
Universidades y otros establecimientos de enseñanza superior	X	X	X
Institutos de investigación gubernamentales/públicos	X	X	X
Institutos de investigación privados sin ánimo de lucro	X	X	X
Servicios especializados de apoyo a la innovación públicos/paraestatales	X	X	X
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN GENERALES:</b>			
Difusión de patentes		X	
Conferencias, reuniones documentación sobre el sector y estudios profesionales	X		
Ferias y exposiciones		X	
Asociaciones profesionales, sindicatos		X	
Otras asociaciones locales	X		
Contactos o redes informales	X		
Estándares o agencias de normalización	X		
Normativas públicas (medio ambiente, seguridad, etc.)	X		

Fuente (112)

### 3.3.7 Estímulos y barreras de la innovación

La determinación de los factores que estimulan la innovación y los que la frenan u obstaculizan es de gran importancia para entender el proceso de innovación y poder determinar políticas en este ámbito.

Las empresas pueden emprender actividades de innovación por múltiples razones. Sus objetivos pueden referirse a los productos, los mercados, la eficiencia, la calidad o la aptitud para aprender o introducir cambios.

Sería útil identificar las razones que impulsan a una empresa a innovar, y la importancia de las mismas, cuando se examinan las fuerzas que estimulan la actividad innovadora, tales como la competencia y la perspectiva de introducirse en nuevos mercados.

Las empresas pueden tener éxito o no al tratar de alcanzar los objetivos que se habían fijado al introducir innovaciones, y a su vez las innovaciones pueden tener efectos inesperados o adicionales con relación a los que se habían suscitado con su introducción.

Los objetivos se relacionan con las motivaciones de las empresas para innovar, sus efectos se refieren a los resultados efectivamente observados de las innovaciones.

El cuadro N° 3.3 incluye una lista de factores que motivan las actividades de innovación de producto y de proceso.

CUADRO N° 3.3

**FACTORES QUE MOTIVAN LAS ACTIVIDADES DE INNOVACIÓN**

Referido a:	INNOVACIONES DE PRODUCTO	INNOVACIONES DE PROCESO
<b>COMPETENCIA, DEMANDA Y MECADOS:</b>		
Reemplazar los productos progresivamente retirados	X	
Aumentar la gama de los bienes y servicios	X	
Desarrollar productos respetuosos con el medio ambiente	X	
<b>Aumentar o mantener la cuota de mercado</b>	X	
Introducirse en nuevos mercados	X	
Reducir el plazo de respuesta a las necesidades de los clientes		X
<b>PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN:</b>		
Mejorar la calidad de los bienes y servicios	X	X
Mejorar la flexibilidad de la producción o la prestación el servicio		X
Aumentar la capacidad de producción o de prestación del servicio		X
Reducir los costos laborales unitarios		X
Reducir el consumo de materiales y de energía	X	X
Reducir los costos de diseño de los productos		X
Reducir las demoras en la producción		X
Cumplir las normas técnicas del sector de actividad	X	X
Reducir costos de explotación vinculados a prestación del servicio		X
Aumentar la eficiencia o la rapidez del aprovisionamiento y/o del suministro de los bienes o servicios		X
Mejorar la capacidad en cuanto a tecnologías de la información	X	X
<b>ORGANIZACIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO:</b>		
Mejorar las condiciones de trabajo	X	X
<b>VARIOS:</b>		
Reducir el impacto medioambiental o mejorar la sanidad y la seguridad	X	X
Respetar las normas	X	X

Fuente (48)

Las actividades de innovación pueden ser obstaculizadas por diversos factores. Pueden existir razones para no iniciar en ningún caso actividades de innovación, o factores que frenan las actividades de innovación o que tienen un efecto negativo sobre los resultados previstos. Puede tratarse de factores económicos, como unos elevados costos o una insuficiente demanda, de factores vinculados a la empresa, como una falta de personal cualificado o con suficientes conocimientos, y de factores jurídicos como las normativas.

El cuadro N° 3.4 incluye una lista de los factores que podrían suponer un obstáculo a la innovación de producto y de proceso.

CUADRO N° 3.4

**FACTORES QUE OBSTACULIZAN LAS ACTIVIDADES DE INNOVACIÓN**

<b>Referido a:</b>	<b>INNOVACIONES DE PRODUCTO</b>	<b>INNOVACIONES DE PROCESO</b>
<b>FACTORES DE COSTO:</b>		
Riesgos percibidos como excesivos	X	X
Costo demasiado elevado	X	X
Falta de fondos propios	X	X
Falta de financiación externa a la empresa		
Capital riesgo	X	X
Financiación pública	X	X
<b>FACTORES VINCULADOS AL CONOCIMIENTO:</b>		
Potencial de innovación insuficiente (I+D, diseño, etc)	X	X
Falta de personal cualificado:		
Dentro de la empresa	X	X
En el mercado laboral	X	X
Falta de información sobre la tecnología	X	X
Falta de información sobre los mercados	X	X
Insuficiencias en la disponibilidad de servicios externos	X	X
<b>Dificultad de encontrar socios en cooperación para:</b>		
El desarrollo de productos o procesos	X	X
Consortios de comercialización		
<b>Rigideces organizativas dentro de la empresa:</b>		
Actitud del personal respecto al cambio	X	X
Actitud de los gestores respecto al cambio	X	X
Estructura de la dirección de la empresa	X	X
Incapacidad para afectar personal a las actividades de innovación debido a los requisitos de la producción	X	X
<b>FACTORES DE MERCADO:</b>		
Demanda dudosa de bienes y servicios innovadores	X	
Mercado potencial dominado por empresas establecidas	X	
<b>FACTORES INSTITUCIONALES:</b>		
Falta de infraestructura	X	X
Debilidad de los derechos de propiedad	X	
Legislación, reglamentos, normas, fiscalidad	X	X
<b>OTRAS RAZONES PARA NO INNOVAR:</b>		
No hay necesidad de innovar debido a innovaciones previas	X	X
No hay de necesidad de innovar debido a una falta de demanda de innovación	X	

Fuente (33)

### 3.3.8 La empresa innovadora

El Manual de Oslo [88] define a una empresa innovadora como aquella que ha introducido una innovación durante el periodo de tiempo considerado. Las empresas innovadoras se dividen en las que principalmente han desarrollado innovaciones por si mismas o en cooperación con otras empresas u organizaciones de investigación públicas, o las que han innovado principalmente adoptando las innovaciones desarrolladas por otras empresas. La duración del periodo de observación recomendado por el Manual **no debe de superar los tres años y no debe ser inferior a uno**. Una empresa innovadora en cuanto a producto/proceso es aquella que ha introducido un nuevo producto o proceso, o lo ha mejorado significativamente, durante el periodo de estudio.

El criterio mínimo que se requiere para que un cambio en los productos o en las funciones de una empresa **sea considerado como una innovación** es que sea **“nuevo para la empresa”**.

Hay dos razones principales para usar el criterio de **“nuevo para la empresa”** como el requisito mínimo de una innovación. **Primero**, la adopción de innovaciones es importante para el sistema de innovaciones en su totalidad. Supone un flujo de conocimientos para las empresas que lo adoptan. Además, el proceso de aprendizaje al adoptar una innovación puede conducir en el futuro a mejoras subsecuentes en la innovación y al desarrollo de nuevos productos, procesos y otras innovaciones.

En **segundo** lugar, el impacto principal de la innovación en la actividad económica proviene de la difusión de las innovaciones iniciales a otras empresas. Esta difusión es captada por las empresas mediante **la introducción de innovaciones que son nuevas** para ellas.

### 3.3.9 Clasificación de las industrias manufactureras según intensidad tecnológica

Las industrias manufactureras atendiendo su intensidad tecnológica pueden clasificarse de la siguiente manera:

**CUADRO N° 3.5**  
**CLASIFICACIÓN DEL SECTOR MANUFACTURERO SEGÚN SU**  
**INTENSIDAD TECNOLÓGICA**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>SECTOR MANUFACTURERO</b>
Intensidad tecnológica <b>ALTA</b>	Aviones, naves espaciales, farmacéutico, equipos de computo, radio, televisión, equipos de comunicaciones, entre otros.
Intensidad tecnológica <b>MEDIA-ALTA</b>	Equipos y maquinaria eléctrica, motores de vehículos y trailers, químicos, entre otros.
Intensidad tecnológica <b>MEDIA-BAJA</b>	Productos del plástico y cauchos, productos de la refinación del petróleo, productos minerales metálicos y no metálicos, entre otros.
Intensidad tecnológica <b>BAJA</b>	Manufactura y reciclado de madera, papel, textil, productos textiles, productos del cuero, productos alimenticios, bebidas, tabaco, entre otros.

Fuente (113)

En los sectores de alta tecnología, la Investigación y Desarrollo (I+D) desempeña un papel central en las actividades de innovación, mientras que otros sectores se apoyan en mayor grado en la adopción del conocimiento y de la tecnología.

### **3.3.10 Las actividades en innovación**

Las actividades sobre innovación incluyen el conjunto de actuaciones científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales que realmente, o pretendidamente, conducen a la introducción de innovaciones.

En el caso de las innovaciones de producto y de proceso pueden abarcar un gran número de actividades tales como:

- Investigación y Desarrollo (I+D)
- La adquisición de conocimientos en el exterior (patentes, invenciones, licencias, diseños, modelos)
- Adquisición de máquinas, equipos y otros bienes de capital que aporten mejoras en los rendimientos tecnológicos, necesarios para la introducción de nuevos o mejorados productos y procesos
- Actividades relacionadas a las últimas fases del desarrollo de preproducción, la producción y distribución
- Las actividades de desarrollo con un bajo grado de novedad, las actividades de apoyo tales como preparaciones de formación y de comercialización, entre otros.

Por otro lado, es conveniente precisar que existe la idea generalizada de que las actividades de I+D son una condición necesaria, aunque no suficiente, para mejorar la capacidad innovadora empresarial. Sin embargo, apenas se tiene en cuenta el hecho de que las actividades de I+D no son el único mecanismo para innovar.

Santamaria, Nieto y Burge-Gil [114] indican que casi el 90% de las innovaciones comercialmente relevantes en el sector manufacturero son fruto de mejoras en los productos existentes, implicando el desarrollo, aplicación y reaplicación del conocimiento disponible. Así mismo, la I+D solo explica el 20% de todo el progreso técnico y cerca del 34% de los gastos relacionados con la innovación en los sectores manufactureros.

Existen otras actividades innovadoras tales como: el diseño, la formación, la vigilancia tecnológica y el uso de la tecnología avanzada. A continuación se explican brevemente cada una de ellas:

**El diseño** cubre un amplio rango de actividades creativas, relacionadas con la funcionalidad, ergonomía, arquitectura, moda, dibujo, etc., que pueden ser implementadas en una gran variedad de contextos. Habitualmente, su punto de partida es la existencia de problemas funcionales o estéticos que han de resolverse con los materiales y procesos existentes. Con ello las actividades de diseño pueden actuar como precursores de la innovación.

**La formación** es una actividad clave para actualizar el conocimiento de los trabajadores e incrementar el capital humano de la empresa. Crea las habilidades que, de forma conjunta, son el repositorio en el que reside el conocimiento de una organización.

**La vigilancia tecnológica** es un proceso sistemático que permite describir el surgimiento, comportamiento, características o el impacto de una tecnología en el futuro. Este proceso podría orientarse a identificar nuevas oportunidades tecnológicas y las tendencias futuras. En este sentido, la vigilancia tecnológica se ha convertido en una actividad vital para que las empresas afronten los retos de un entorno cambiante, así como una herramienta efectiva para establecer las estrategias tecnológicas.

**La tecnología avanzada**, bajo esta denominación se agrupa a una familia de tecnologías cuyo denominador común es la utilización de computadoras para almacenar y manipular datos. De forma general, se puede decir que el uso de tecnología avanzada provoca un proceso de aprendizaje interactivo que ayuda a desarrollar diferentes competencias de una empresa: permite a los trabajadores ser más eficientes, mejora el uso de la maquinaria y de los materiales, flexibiliza la producción y, con todo mejora la productividad y calidad de los productos. A partir de ahí, pueden surgir varias innovaciones fruto del proceso de adaptar esas tecnologías a la empresa.

Santamaria, Nieto y Buge-Gil [114] concluyen que en los sectores de alta intensidad tecnológica, las actividades de I+D tienen un papel protagonista para la consecución de resultados innovadores, mientras en el resto de sectores sobre todo en los de intensidad baja y media-baja alcanzan resultados innovadores sin llevar a cabo necesariamente actividades de I+D.

### **3.4 CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA**

Con el propósito de tener una mejor idea de lo que es la industria petroquímica, y de lo que ello abarca, se identificarán sus principales características.

Friedlander [115] menciona que las características que definen a la industria petroquímica son los siguientes: las materias primas, los productos petroquímicos, el árbol petroquímico, las tecnologías, el polo petroquímico y los factores de rendimiento.

Brenner [116] indica que esta industria se caracteriza también por ser intensiva en energía y capital, y desde el punto de vista del valor agregado es un elemento clave para la industrialización del país que lo implementa.

A continuación se desarrollan las siguientes principales características de la industria petroquímica:

- Las materias primas,
- Las clasificaciones de los productos: según el grado de transformación, según la creación de valor en una cadena petroquímica, y productos indiferenciados y diferenciados
- El polo petroquímico,
- Las tecnologías,
- Intensivo en energía y capital,
- La ciclicidad del mercado petroquímico.

#### **3.4.1 MATERIAS PRIMAS PARA PETROQUÍMICA**

La inmensa mayoría de plantas petroquímicas en el mundo, utilizan como materia prima cortes de hidrocarburos gaseosos o líquidos, contenidos en el petróleo o gas natural, los cuales por diferentes procesos químicos son convertidos a productos de mayor valor agregado.

Entre los principales cortes del petróleo que son de interés en la industria petroquímica se tiene: la nafta virgen y el gas licuado de petróleo (GLP).

El término “nafta” hace referencia a un corte líquido que destila en la columna de destilación en el rango de 40°C a 180°C. Matar [117] indica que según el tipo de nafta; si es rica en parafinas es una excelente carga para el proceso de STEAM CRACKING para producción de olefinas; y si es rica en cicloparafinas será una excelente carga para el proceso de REFORMADO CATALÍTICO para producción de aromáticos.

El GLP identifica genéricamente a los hidrocarburos C<sub>3</sub> (propano y propileno) y C<sub>4</sub> (butanos y butilenos). Dos son las fuentes principales de este importante insumo petroquímico: el petróleo (en las refinerías) y el gas natural.

Otra fuente relevante como materia prima para la petroquímica es el gas natural, que incluye a varios componentes que son de interés. El más importante es el metano que es utilizado en la producción de gas de síntesis, intermedio para producir varios derivados petroquímicos. Sobresalen también el etano para la producción de etileno y el propano para la producción de propileno.

### **3.4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS PETROQUÍMICOS**

Jarallah [118] menciona que existen más de 3000 productos petroquímicos que se comercializan en el mundo.

En base a la bibliografía revisada los productos petroquímicos se pueden clasificar hasta de tres formas:

- Por el grado de transformación que han sido objeto
- Por la creación de valor en una cadena petroquímica específica
- En productos indiferenciados y diferenciados

#### **3.4.2.1 Primer forma de clasificación: Productos Petroquímicos según el grado de transformación**

Esta clasificación los diferencia en productos petroquímicos básicos, intermedios y finales.

##### **a. Productos petroquímicos básicos**

Son aquellos que resultan del procesamiento de las materias primas petroquímicas y los productos obtenidos sirven como insumo para obtener productos intermedios y finales.

Se puede agregar que son unos pocos productos fácilmente identificables: gas de síntesis, olefinas (etileno, propileno, butilenos, butadienos) y aromáticos (benceno, tolueno y xilenos). Así mismo, los procesos tradicionales (pero no los únicos) para su obtención son: Reformado con vapor, steam cracking, reformado catalítico y el craqueo catalítico fluido (FCC) petroquímico. En el cuadro N° 3.6 se presentan estos productos y procesos.

CUADRO N° 3.6  
PROCESOS PRINCIPALES y PRODUCTOS EN LA PETROQUÍMICA BÁSICA

<b>Materia prima: Nafta parafínica</b>	<b>Proceso: Craqueo Térmico (Steam cracking)</b>	<b>Proceso: FCC - Petroquímico</b>	<b>Materia prima: Gas oil de vacío (GOV)</b>
	<b>Producto: Etileno Propileno Butadieno Gasolina de pirólisis</b>	<b>Producto: Propileno Butileno (butenos)</b>	
<b>Materia prima: Nafta cicloparafínica</b>	<b>Proceso: Reformado Catalítico</b>	<b>Proceso: Reformado con Vapor (Steam Reforming)</b>	<b>Materia prima: Metano</b>
	<b>Producto: Benceno Tolueno Xilenos (o-p)</b>	<b>Producto: Gas de síntesis (CO/H<sub>2</sub>)</b>	

Fuente: Elaboración propia

### **b. Productos petroquímicos intermedios**

Son aquellos que resultan del procesamiento de los productos básicos, asimismo en estas operaciones químicas [119] se introducen varios hetero-átomos en la estructura química de los hidrocarburos, tales como el oxígeno, el nitrógeno, cloro y azufre. Los productos intermedios obtenidos se usan para la manufactura de bienes petroquímicos finales o en otros campos de la industria química. Existe una gran variedad de estos productos tales como:

- Monómeros: cloruro de vinilo, estireno, acrilonitrilo, caprolactama, etc.
- Grandes intermediarios: ácido adípico, óxido de etileno, amoníaco, metanol, etc, no usados en polimerizaciones directas.
- Intermedios de uso plural: alcoholes, aldehídos, cetonas, etc.

### **c. Productos petroquímicos finales**

Se obtienen a partir del procesamiento de los productos básicos o intermedios. En su totalidad son insumos de uso difundido para la industria manufacturera. En términos generales se pueden agrupar en función a las industrias finales a las que se destinan, entre las principales se tiene: la industria plástica, la industria de fibras sintéticas, la industria de cauchos y elastómeros, la industria de fertilizantes, la industria de detergentes, la industria de solventes y pinturas, la industria de plastificantes, la industria de agroquímicos, etc.

#### **3.4.2.1.1 El árbol petroquímico**

Esta primera clasificación que incluye materias primas, productos petroquímicos básicos, intermedios y finales, se representan mediante el árbol petroquímico.

Esta denominación es porque a partir de unas pocas materias primas se va abriendo en ramas de productos, es un crecimiento que va de izquierda a derecha.

#### **3.4.2.1.2 Ventajas de esta clasificación**

Esta representación permite estudiar el universo de productos petroquímicos mostrando distintos aspectos tales como:

- Diferenciar los productos básicos, intermedios y finales
- Analizar las diversas ramas tales como el gas de síntesis y sus derivados, las olefinas y sus derivados, los aromáticos y sus derivados
- Según la reacción química que da origen a un petroquímico: oxidación, hidrogenación, deshidrogenación, polimerización, etc.

En el **anexo N°3** presenta un ejemplo de árbol petroquímico.

#### **3.4.2.2 Segunda forma de clasificación - Creación de valor en una cadena petroquímica específica**

El concepto de cadena productiva y específicamente el de cadena petroquímica fue tratado en el apartado 3.2.

Esta segunda forma de clasificación resalta las fases de transformación para un conjunto más reducido de productos que se dan a través de una cadena petroquímica.

Estas fases se dividen en: primera generación, segunda generación y tercera generación.

De acuerdo a lo explicado en [120] **la primera generación** se refiere a las compañías o empresas y las unidades de producción que producen los productos petroquímicos básicos, tales como las olefinas (etileno, propileno, butadieno) y los aromáticos (benceno, tolueno y xilenos). **La segunda generación** involucra las compañías y unidades de producción para producir productos intermedios y finales petroquímicos. Algunos de los productos petroquímicos finales más relevantes son: los polietilenos, PVC, poliestirenos. **La tercera generación** se refiere a las compañías denominadas también transformadoras que se constituyen en clientes de la industria petroquímica. Estas empresas transforman los productos de segunda generación en materiales y productos para ser usados en otros sectores industriales como el de embalajes, construcción, eléctrica, electrónica y automotriz.

En esta forma de clasificación, la industria petroquímica es parte de esta cadena y corresponde a la primera y segunda generación.

#### 3.4.2.2.1 Ventajas de esta clasificación

Permite comprender la articulación de diferentes unidades empresariales de cara al proceso de generación de valor y el papel que cumple cada una de las empresas que intervienen en el mismo. Permite también identificar elementos importantes para el diseño de políticas de apoyo empresarial que favorecen la generación de riqueza.

En la figura N° 3.2 se presenta como ejemplo la cadena petroquímica del plástico del Brasil:



Esta cadena petroquímica está constituida por un primer eslabón donde Petrobras provee las materias primas como la nafta o el etano. El segundo eslabón o primera generación está constituido por tres centrales petroquímicas con base en la nafta y una central petroquímica con base en el etano del gas natural. El tercer eslabón o segunda generación está conformado por 14 empresas productoras de polímeros termoplásticos. El cuarto eslabón o la tercera generación intervienen alrededor de 8000 empresas de transformación de plásticos distribuidos en todo el territorio brasileño.

### **3.4.2.3 Tercera forma de clasificación - Productos indiferenciados y productos diferenciados**

Kline [121] desarrollo una taxonomía para clasificar los productos según el volumen de producción y el carácter diferenciado o no de sus productos. Define así los productos indiferenciados y productos diferenciados.

Los **productos indiferenciados** son aquellos que presentan una formula química específica, invariable de productor a productor, y son utilizables en diferentes aplicaciones. Este tipo de productos corresponde a los commodities que incluye a los termoplásticos, termoestables, elastómeros, fertilizantes, entre otros.

Los **productos diferenciados** son aquellos cuyas propiedades químicas varían entre productores, y se utilizan normalmente en un único tipo de aplicación para lo cual fueron concebidos. Se caracterizan por una producción en lotes reducidos, alto valor unitario y alto valor agregado (muy por encima de los commodities). Entre los principales se tiene a los productos derivados de la química fina y las especialidades químicas.

-La **química fina** implica la síntesis de una molécula determinada, con independencia de su aplicación final. Se destacan los farmoquímicos, los agroquímicos y los auxiliares para la industria de alimentación.

-Entre **las especialidades** se encuentran un conjunto de productos que actúan como auxiliares en una amplia gama de actividades industriales tales como la electrónica, alimentos, medicina, cosmética, combustibles, lubricantes, papel, pinturas, tejidos, construcción, fotografía, imprenta, etc. Algunos productos del rubro son: absorbentes de rayos ultravioletas, adhesivos, aislantes, antiespumantes, antioxidantes, aromas y sabores, biocidas, catalizadores,

colorantes, enzimas, espesantes, lubricantes y fluidos sintéticos, pigmentos inorgánicos y orgánicos, plastificantes, resinas de intercambio iónico, tensoactivos.

Esta clasificación permite diferenciar a los productos por su volumen de producción, valor agregado y precios.

### **3.4.3 EL POLO PETROQUÍMICO**

Una de las características de la industria petroquímica es la tendencia a establecer complejos productivos en un mismo sitio, con varias unidades o plantas de gran tamaño o capacidad, para producir diferentes productos. Las ventajas de esta configuración son:

#### **3.4.3.1 Aprovechar mejor los beneficios de la economía de escala**

Se refieren principalmente a la eficiencia que se quiere lograr por el lado de la oferta. A medida que la capacidad se incrementa disminuye el costo de producción, verificándose de esta manera las ventajas de la economía de escala. En el capítulo III apartado 3.2.2 se desarrolla este concepto.

#### **3.4.3.2 Aprovechar las ventajas de la economía de aglomeración.**

Se trata de optimizar el uso de los servicios (vapor, energía eléctrica, gas, etc) que son compartidos por varias unidades productivas y lograr ahorros en los costos de producción debido al uso de estos servicios comunes por las plantas que se encuentran en el mismo lugar.

Así mismo, al estar las unidades productivas unas a continuación de otras, se evita el costo de transportar los productos (por camión o barco) que deben de ser procesados en las siguientes etapas de transformación.

Compartir la misma infraestructura para el despacho de los productos a los distintos mercados. Finalmente lograr sinergias asociadas al concepto de concentración industrial.

#### **3.4.3.3. Aprovechar las ventajas de la economía de alcance.**

Se refieren principalmente a la eficiencia que se quiere lograr por el lado de la demanda.

Panzar y Willig [122] establecen que hay economía de alcance si el costo de producir dos o más productos conjuntamente es menor que el costo total de producirlos separadamente.

La aplicación adecuada de este concepto permitirá entregar más productos al mismo mercado o la posibilidad de acceder a nuevos mercados con estos productos. También se presentan economías de alcance cuando se consigue un ahorro de costos al otorgarle utilidades extras a los subproductos obtenidos en el proceso de producción.

En el caso de la industria petroquímica se aplicaría a la posibilidad de producir dos o más productos que sean más baratos que producirlos por separado, pero partiendo de materias primas comunes.

Se tiene una misma materia prima, por ejemplo etileno. A partir de esta, se pueden producir varios productos aguas abajo: polietilenos (LDPE, HDPE, LLDPE, PE expandido), PVC y estireno. Definitivamente es más barato producir este conjunto de productos en un polo petroquímico que hacerlo por separado.

#### **3.4.3.4 Fomentar la integración empresarial y las economías de transacción**

El Polo Petroquímico no solo debe de constituir en una excelente localización para ubicar las plantas químicas, también debe crear un entorno ideal para los negocios y un marco apropiado para que más empresas ingresen y continúen las inversiones industriales.

El puerto de Antwerp en Bélgica [123] es el más grande y más diversificado centro petroquímico de Europa y el segundo más grande del mundo (después de Houston). Con una producción de no menos 300 productos químicos con origen en los denominados “big six”, etileno, propileno, butadieno, benceno, tolueno y xileno.

Al menos 10 de las 20 más grandes empresas químicas del mundo tienen sus centros de producción en este polo petroquímico. Entre las principales se tiene, Basf, Bayer, BP, DuPont, Evonik, Ineos, Kaneka, Monsanto, Nippon Shokubai, Solvay, Total, entre otros.

La isla Jurong en Singapore [124] es considerada como uno de los 10 más grandes complejos petroquímicos en el mundo. Están instaladas empresas de clase mundial

como ExxonMobil, Shell, BP, DuPont, Basf, Chevron Philips, Eastman Chemical, Mitsui Chemical, Sumitomo Chemical, Akzo Nobel, RohMax, Evonik, entre otros. Hasta en el año 2010 acumuló inversiones por US\$ 31 billones, y produce más de 60 productos petroquímicos.

El polo petroquímico de Bahía Blanca en Argentina tiene a las siguientes empresas: Solvay en la producción de cloro y PVC, Dow Chemical en la producción de polietilenos (LDPE, LLDPE, HDPE, SPE), la empresa Profertil (YPF/Agrium) en la producción de amoníaco y urea.

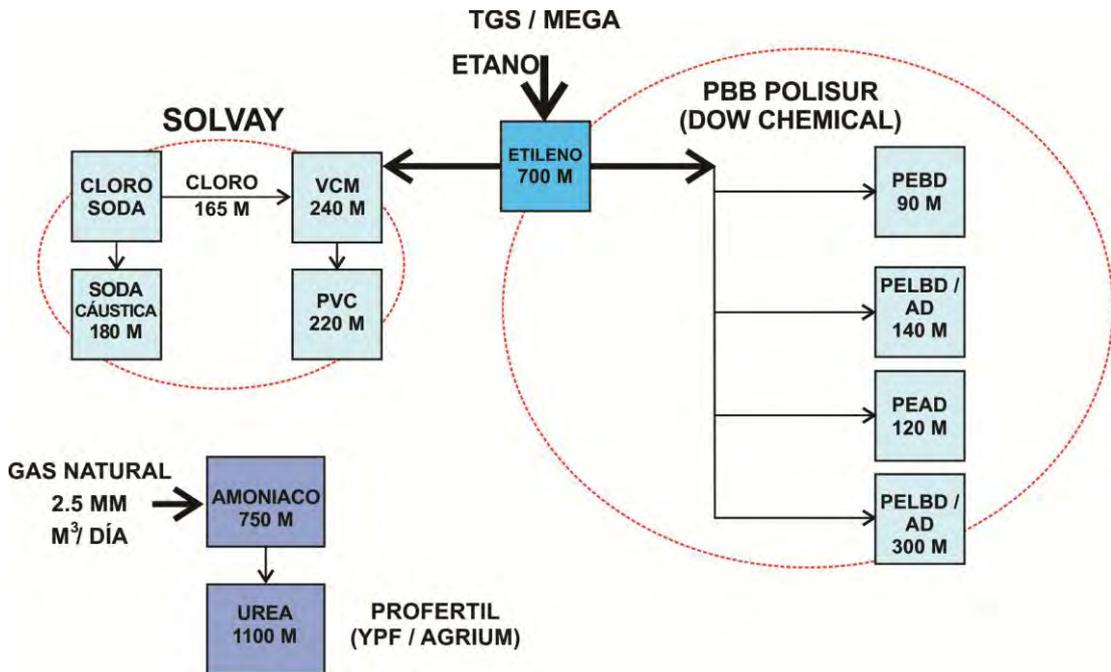
Otro aspecto importante que se puede lograr en los polos petroquímicos son las economías de transacción. La transacción es la transferencia de bienes y servicios a lo largo de una interfase tecnológica separable [125] y que incluye el intercambio y los contratos. Bajo este concepto se trata de reducir costos de investigación e información para determinar si el bien necesitado está en el mercado; reducir los costos de negociación y de decisión para llegar a un acuerdo aceptable con la otra parte de la transacción, lograr contratos apropiados de manera que permita su monitoreo, vigilancia y ejecución.

El polo petroquímico busca la proximidad de las actividades individuales en términos de geografía y creación de valor. En este espacio geográfico se establecen, relacionan e integran plantas petroquímicas, empresas, personas, actividades de investigación, y distintos tipos de proyectos. Este agrupamiento debe crear un atractivo natural y servir como incentivo para que otros continúen localizándose e invirtiendo.

En la figura N° 3.3 se muestra un diagrama de bloques que describen el polo petroquímico de Bahía Blanca en Argentina. Este complejo procesa 700,000 TM/año de etileno y obtiene un equivalente de 450,000 TM/año en polietilenos y PVC. Así mismo, procesa 88.3 MMPCD de gas natural para obtener 2050 TM/día de amoníaco y 3250 TM/día de urea y la energía requerida en el proceso.

Este polo petroquímico además de unidades de procesos químicos integra empresas de clase mundial tales como Solvay, Dow Chemical, Profertil (YPF-Agrium) integrando a la petroquímica del metano y la del etano.

FIGURA N° 3.3  
POLO PETROQUÍMICO DE BAHÍA BLANCA - ARGENTINA



### 3.4.4 TECNOLOGÍAS

Esta parte de la industria petroquímica se refiere a los procesos de elaboración de productos petroquímicos. Es un área muy dinámica y de alta complejidad internacional que es dominada por relativamente pocos países y empresas en el mundo.

Estas pocas empresas han invertido dinero y tiempo en realizar proyectos de investigación, para el desarrollo y la puesta a punto de procesos para la obtención de productos petroquímicos. Este desarrollo propio del conocimiento los convierte en propietarios de dicha tecnología.

La tecnología tiene características de producto, es decir se vende y es a menudo caro. Existe por lo tanto una oferta de tecnologías petroquímicas y hay un pago que se realiza cuando alguna organización quiere utilizar alguna tecnología específica. El pago por el derecho a usar la tecnología se denomina licencia

El pago por la licencia [126] equivale en promedio a un 10% del valor de las instalaciones físicas, aunque en algunos casos (según ubicación en la cadena de

valor) puede incluir además el pago de un royalty o regalía por tonelada de producto elaborado.

La revista especializada en hidrocarburos Hydrocarbon Processing (HP) publica cada 2 años un Handbook destacando los procesos y licenciantes de tecnologías más relevantes en el mundo. El correspondiente al año 2010 [37] presenta 250 tecnologías petroquímicas, de los cuales 191 procesos están detallados, y más de 50 compañías licenciantes de tecnología petroquímica.

Los procesos de manufactura corresponden a la producción de olefinas, aromáticos, polímeros, ácidos/sales, aldehídos, cetonas, componentes nitrogenados, entre otros. La información incluye diagramas de flujo, descripción del proceso, condiciones operatorias, datos económicos, número de instalaciones comercializadas y más.

Del análisis del Handbook 2010 de HP se observa que:

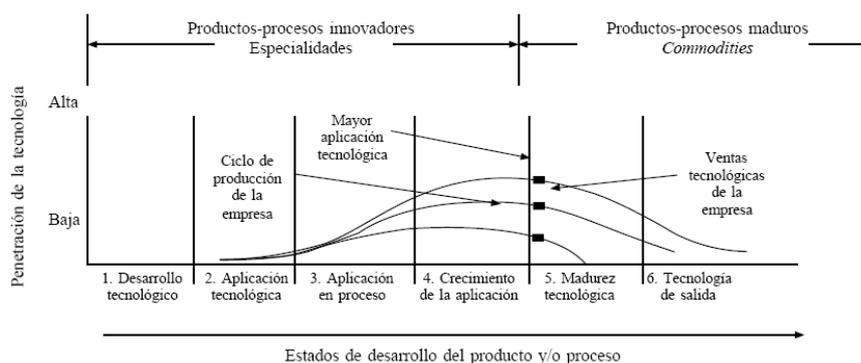
- Las empresas elaboradoras de tecnología están especializadas en determinados productos. Existen empresas especializadas en obtener productos petroquímicos básicos, otros intermedios y otros finales. Se verifica que ninguna empresa del mundo posee tecnología para todos los productos.
- Unos pocos países (Estados Unidos, Alemania, Japón, Francia, Gran Bretaña, Italia) poseen el 90 % de la tecnología mundial. Cabe resaltar que la empresa Petrochemical Technology de origen Chino aparece con tecnología propia para producir productos petroquímicos básicos tales como el etileno, propileno y aromáticos.
- No hay todavía empresas de origen latinoamericano con tecnología propia.

#### **3.4.4.1 Madurez tecnológica de la industria petroquímica**

El grado de madurez de la industria petroquímica está relacionado con la madurez tecnológica de los procesos y de los productos. Por lo que la identificación de la etapa en que se encuentra cada producto o proceso en el ciclo de vida tecnológico y de su posición en el mercado es un criterio importante para determinar el grado de madurez de los productos y procesos.

En la figura N° 3.4 se observa que en las etapas iniciales de desarrollo y aplicación tecnológica las innovaciones son preponderantemente de producto y corresponden sobre todo a especialidades (productos innovadores). En las siguientes etapas, de saturación y declive, las innovaciones serán preponderantemente de proceso y corresponderán sobre todo a commodities (productos estandarizados).

FIGURA N° 3.4  
INNOVACIÓN Y MADUREZ: EL CICLO DE VIDA TECNOLÓGICO



El cuadro N° 3.7 presenta características y diferencias entre los productos innovadores o especialidades y los productos maduros o commodities.

CUADRO N° 3.7 - CARACTERÍSTICAS DE PRODUCTO

	Característica	Tipo de Producto	
		Commodities (Productos maduros)	Especialidades (Productos innovadores)
1	Tipo de proceso	Flujo continuo	Lotes
2	Característica del proceso	Estable y controlado	Nuevos productos
3	Estrategia de comercialización	Estándares	Diferenciación
4	Tipo de competencia	Precios	Tecnológica / nuevos productos
5	Fuente de rentabilidad	Escala de producción	↓Volumen y ↑Precios
6	Tipo de conocimiento	Difundido	Específico
7	Edad del equipamiento	Última generación	Generaciones más antiguas
8	Base de conocimiento	Procesos básicos	Ingeniería química

Al respecto, Jasso [45] indica que a medida que los productos avanzan en su ciclo de vida, su tendencia al crecimiento es menor, debido a la entrada de nuevos competidores e imitadores que tienden a saturar la oportunidad tecnológica; esto

provoca la creciente madurez de los productos y hace que éstos se estandaricen y pasen a ser commodities, véase figura N° 3.4.

Así mismo, Jasso analiza la madurez tecnológica de la industria petroquímica considerando la participación de varios productos en las ramas petroquímicas (árbol petroquímico) en base a las siguientes variables:

- La madurez en el mercado
- La madurez productiva
- La madurez o intensidad patentadora
- La madurez (ubicación) del producto en la cadena productiva y
- La madurez evolutiva o categoría tecnológica (dominado por el proveedor, intensivas en escala, oferentes especializados, y las basadas en la ciencia)

La conclusión de su trabajo es que la industria petroquímica es una industria que debido a los cambios e innovaciones en el tiempo ha evolucionado hasta un nivel de desarrollo tecnológico que permite **calificarla de industria tecnológicamente madura**. Estos productos en general corresponden a commodities y se ubican en las ramas maduras, con una importante presencia en el mercado.

Sin embargo, esta evolución no ha sido homogénea por lo que existen en ella algunos productos que se ubican en ramas innovadoras o en los pasos más avanzados de la cadena petroquímica, y que corresponden a bienes con mayor contenido tecnológico y más valor agregado.

### **3.4.5 INTENSIVO EN ENERGÍA Y CAPITAL**

Otra importante característica de la industria petroquímica es ser intensiva en energía y capital

#### **3.4.5.1 Energía**

La energía tiene varios usos en la planta petroquímica, a continuación se describen brevemente algunos de ellos.

Las materias primas para la petroquímica tales como el etano, la nafta y otras corrientes de refinería son convertidas a productos químicos básicos. Estos productos

continúan su transformación mediante la conversión química que frecuentemente son alcanzados a altas temperaturas, por ejemplo el proceso de Steam Cracking requiere 800 °C para la producción de olefinas, y el proceso de Reformado Catalítico de 540°C para la obtención de aromáticos. Alcanzar estos niveles de temperatura requiere utilizar el poder calorífico de los combustibles.

Así mismo, muchas reacciones químicas son exotérmicas y en muchos casos el calor de reacción liberado es recuperado (por ejemplo, para obtener vapor de agua) y utilizarlo en otras sub-unidades de producción de la planta.

Por otro lado, el producto obtenido requiere ser purificado para convertirse en un producto grado-químico, y necesita calor y electricidad para lograr esta transformación. El calor puede ser suministrado por calentamiento directo o vapor de agua producido en las calderas, y la electricidad por cogeneración o por compra a una empresa eléctrica.

La electricidad es usada en toda la industria para el funcionamiento de bombas, compresores, la iluminación de la planta y edificios, la ventilación, el aire acondicionado, los sistemas de refrigeración, procesos de calentamiento, entre otros.

Respecto a los procesos petroquímicos, el de steam cracking contabiliza más de un tercio de la energía usada en el sector petroquímico. Si además se incluyen los procesos para la producción de amoníaco y metanol, entre los tres sobrepasan [127] más de la mitad de la energía utilizada en este sector industrial (incluye cantidades de petróleo y gas natural como materia prima y generación de calor y energía eléctrica).

En el caso de los Estados Unidos de América, la industria química fue una de las que más consumió energía [49], habiendo gastado en el año 2004 más de US\$ 17 billones en combustible y electricidad. Si además se incluye la materia prima esta industria consumió 6465 trillones de btu o el equivalente al 28% de toda la energía consumida por la industria manufacturera en Estados Unidos el año 2002.

A continuación se presenta el cuadro N° 3.8 con valores estimados del consumo de energía específica para varios productos petroquímicos en los procesos de transformación.

CUADRO N° 3.8  
CONSUMO ESTIMADO DE ENERGÍA ESPECÍFICA

	PRODUCTO	Consumo Estimado de Energía Específica en Proceso - Btu/lb
1	Etileno y coproductos	11,588
2	Acetona	7,717
3	Poliamida	4,329
4	Estireno	3,777
5	Óxido de Propileno	2,567
6	Ácido Acético	2,552
7	Poliestireno	2,264
8	Ácido Tereftálico	2,217
9	Cloruro de Vinilo	2,103
10	Óxido de Etileno	1,916
11	MTBE	1,871
12	PVC	1,463
13	BTX	1,255
14	Polietileno	1,184
15	Etil-benceno	1,174
16	Cumeno	878
17	Polipropileno	877
18	Acrilonitrilo	626

Fuente (128)

Los hidrocarburos pueden utilizarse en la industria petroquímica como materia prima o como combustible para la generación de calor o energía eléctrica. Es importante entonces destacar que bajos costos de materia prima implica también bajos costos de combustibles.

Ramachandran [129] indica que **la volatilidad de los precios de los hidrocarburos tiene un doble efecto, tanto en el costo de la materia prima como en la energía.** Esta inestabilidad coloca a la industria petroquímica en una desventaja competitiva de orden global.

Como referencia, Al-Khayyal [130] menciona que en la Unión Europea el costo de la energía puede significar entre el 10% al 60% del costo de producción para muchos productos petroquímicos.

Entonces bajos costos de energía o el ahorro en los gastos de energía por mejora en los procesos, puede proporcionar una gran ventaja competitiva sobre otros competidores con mayores costos.

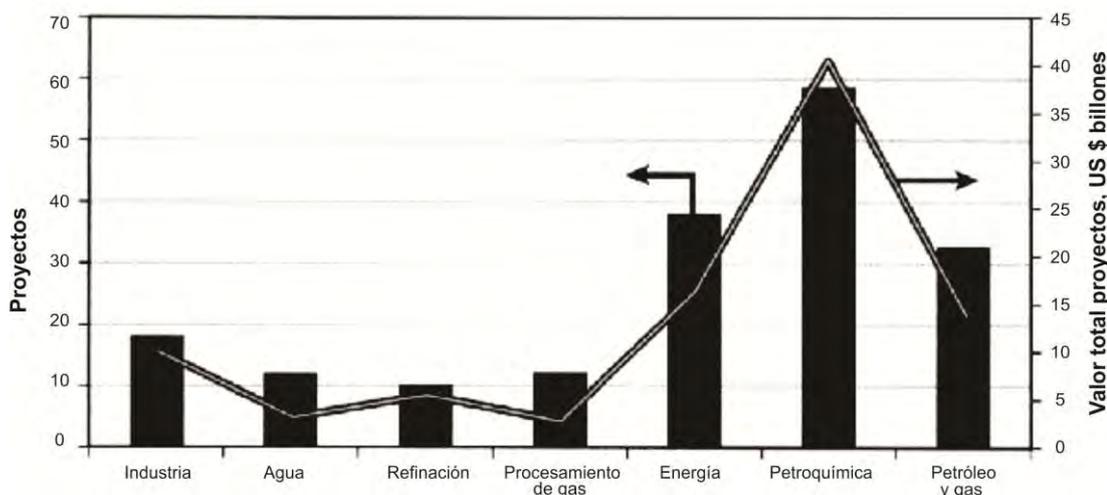
### 3.4.5.2 Capital

La industria petroquímica es por naturaleza intensiva en capital debido a que las inversiones incluyen plantas de gran tamaño, tecnología “state of art”, ingeniería y construcción.

Como referencia se puede mencionar que Arabia Saudita agregó aproximadamente 35 millones de toneladas métricas de productos petroquímicos en el periodo 2004-2010, de los cuales 17,000 millones corresponden a petroquímicos básicos.

La figura N° 3.5 presenta el plan de inversiones en Arabia Saudita para el periodo 2004-2009 para varios subsectores en hidrocarburos. El segmento petroquímico invirtió alrededor de 38,000 millones de US\$, de los cuales el 74% será en plantas nuevas.

FIGURA N° 3.5  
INVERSIONES PERIODO 2004-2010 ARABIA SAUDITA



Fuente: [102]

Otra referencia respecto a lo intensivo en capital que es esta industria es el acuerdo de inversión entre Qatar Petroleum y Shell [131] para desarrollar un complejo petroquímico de escala mundial en la ciudad industrial de Ras Laffan en Qatar.

El proyecto costará US\$ 6.4 billones y las operaciones iniciarán en el año 2017. El complejo petroquímico utilizará materia prima con origen en el gas natural, incluye un steam cracker de clase mundial, una planta de Mono-etilenglicol (MEG) de 1.5 millones de toneladas métricas año, una planta de alfaolefinas con capacidad de 300,000 toneladas/año y la producción de otros derivados de las olefinas.

A continuación se presenta las intenciones de inversión en petroquímica por parte de algunas empresas en el Perú. El cuadro N° 3.9 resume estas posibilidades futuras de inversión que podrían ascender a 5650 millones de dólares.

Las referencias mencionadas confirman que la implementación de un complejo petroquímico es un negocio que requiere de enormes inversiones en dinero para su consolidación.

CUADRO N° 3.9 - Posibilidades de Inversión en Petroquímica en Perú

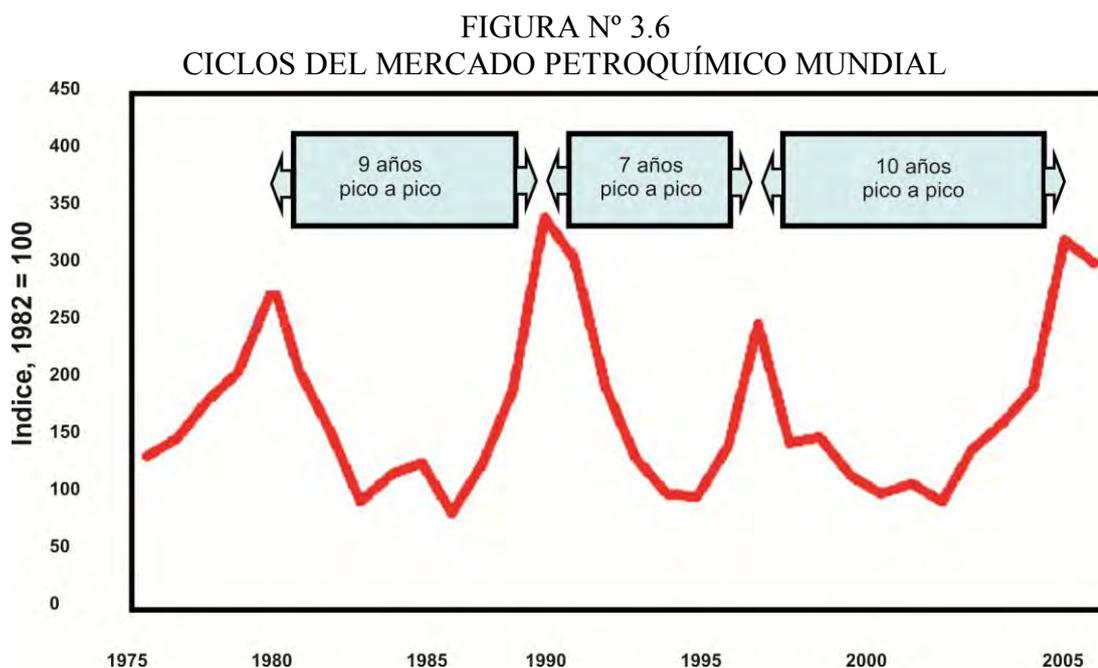
Empresa	Planta	Capacidad TM/día	Inversión US\$
CF Industries	Amoniaco	2100	2000x10 <sup>6</sup>
	Urea	3300	
	Nitrato de Amonio	2820	
Braskem-PetroPerú	Etileno + Polietilenos	3700	3000x10 <sup>6</sup>
Nitratos del Perú S.A.	Nitrato de Amonio grado explosivo	2060	650x10 <sup>6</sup>
TOTAL ESTIMADO			5650x10 <sup>6</sup>

Fuentes: (132), (133) y (134)

Es importante mencionar que una vez tomada la decisión de invertir, se requiere un periodo de 4 a 5 años, que incluyen las fases de gestión de los permisos, ingeniería básica y de detalle, comisionado y finalmente, el inicio de la producción. Así mismo, se toma como referencia que muchos proyectos petroquímicos exitosos alcanzan el break-even point (punto de rentabilidad nula) al 4° o 5° año de iniciada la producción. Esto nos indica que el inversionista podría estar teniendo ingresos reales a partir del 8° o 10° año de iniciada la decisión de invertir.

### 3.4.6 CICLOS DEL MERCADO PETROQUÍMICO Y SU PERIODICIDAD

El mercado mundial petroquímico ha tenido cambios periódicos importantes identificándose 4 ciclos entre los años 1975 y 2005. Cada uno de estos ciclos con una duración de entre 8 años a 10 años y con picos o niveles máximos en los años 1979, 1988, 1995 y 2005. Ver la figura 3.6.



Fuente: (135)

Zhaoxia [135] en base a sus investigaciones indica que los picos y valles responden a las siguientes características:

A. Un crecimiento económico global estable (crecimiento del PIB del orden del 3% por más por tres años consecutivos) impulsará la demanda de productos petroquímicos y conducirá al mercado a un periodo de auge.

El crecimiento del PIB global mundial fue de 4.4%, 3.3% y 4.5% en los años 1988, 1995 y 2005, y un crecimiento mayor al 3% en los dos años previos a cada pico. En promedio el ritmo de demanda de productos petroquímicos fue el doble del PIB.

**B.** El crecimiento del mercado petroquímico correspondiente al pico más alto según el ciclo de mercado, coincide con una tendencia de crecimiento de los precios del crudo de petróleo.

Por ejemplo, el precio internacional del crudo se incremento desde 14 dólares americanos el barril hasta 31.6 dólares en 1979, escenarios similares ocurrió en 1995 y 2005. La industria petroquímica utiliza nafta como materia prima para iniciar la cadena de valor, pero la nafta es un derivado del petróleo por lo que su precio está directamente relacionado a las fluctuaciones en los precios del petróleo.

**C.** El crecimiento hacia los picos implica altas tasas de operación o producción de la planta (relación: producción efectiva/capacidad de planta) y márgenes brutos altos.

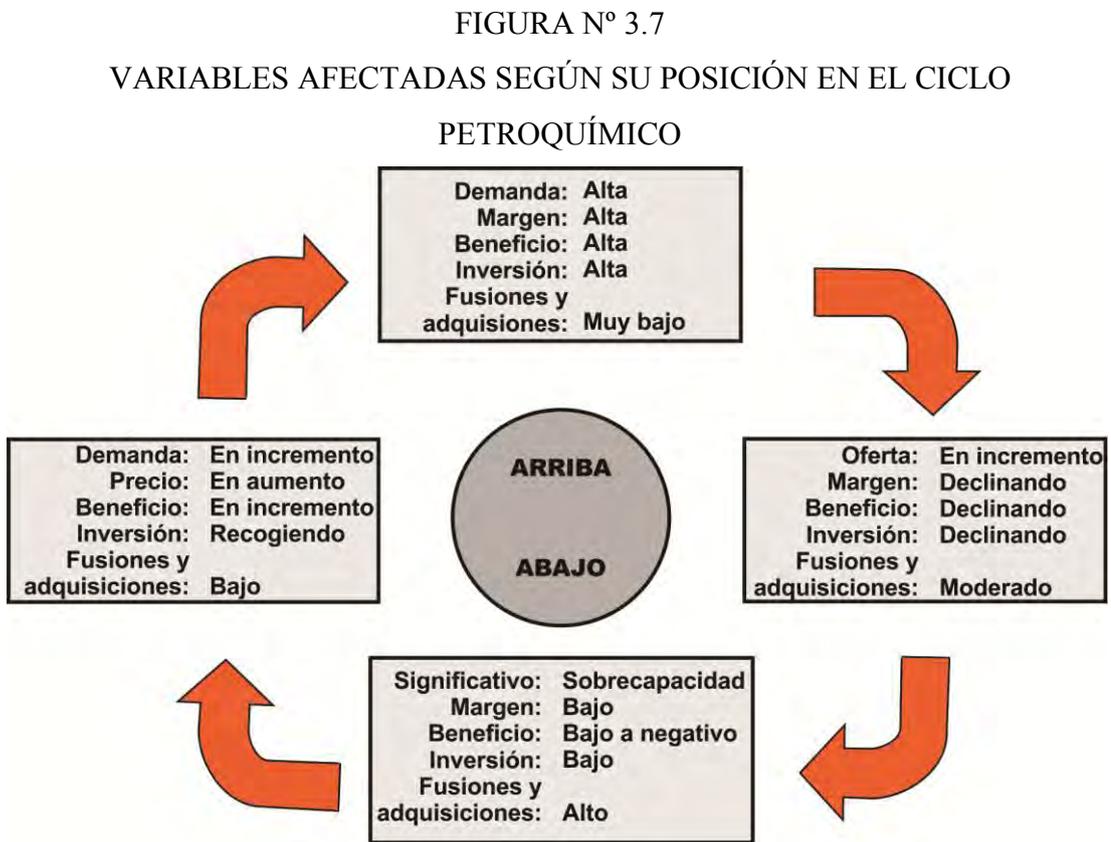
En el caso de las plantas de etileno las tasas de producción estuvieron arriba del 90% y los márgenes brutos arriba de los 300 US\$/TM.

**D.** Por el contrario, si los 4 indicadores siguientes se manifiestan:

- Contracción de la demanda y exceso de oferta de productos petroquímicos;
- Los precios del petróleo se incrementan de manera que los márgenes de ganancia se reducen o no puede trasladarse este incremento a las industrias aguas abajo;
- La tasa de operación o producción de la planta disminuye. En el caso de las plantas de producción de etileno disminuyen por debajo del 75% de su capacidad instalada;
- Recesión de la economía global.

Entonces serán los signos de que el sector petroquímico pronto ingresará al punto más bajo del ciclo del mercado. Así mismo, en esta parte del ciclo, las plantas petroquímicas con baja competitividad tienen el alto riesgo de cerrar definitivamente.

A continuación se presenta la figura N° 3.7 que muestra como las siguientes variables: la demanda, los márgenes de ganancia, la inversión, las fusiones y adquisiciones, se ven afectadas según su posición en el ciclo petroquímico.



Fuente (13)

Butler, Ninios, Sabert y Morecroft [136] menciona 4 hipótesis como las posibles causas que explican estas tendencias cíclicas:

- El balance entre la oferta y demanda es perturbado cuando la oferta se incrementa con el ingreso en operación de nuevas plantas petroquímicas de gran capacidad en aplicación al concepto de economía de escalas.
- Las empresas pierden oportunidades de inversión debido a la falta de información confiable relacionada con la capacidad de los otros proveedores.

- El desbalance entre la oferta y la demanda causada por la tendencia de las empresas a invertir en el pico superior del ciclo, cuando los retornos o ganancias son elevados (y los fondos están disponibles), pero la demanda esta cerca del pico o al máximo.
- Los productores frecuentemente planifican las nuevas capacidades de planta sin una cuidadosa proyección de la demanda.

Respecto a la situación actual, Wang Jiming [137] predice que los años 2009 y 2010 corresponderían al punto más bajo del ciclo para la industria petroquímica mundial. La fluctuación de precios para el ciclo 2006 – 2014 se dará sin mayores sobresaltos en comparación a los ciclos previos, debido a la madurez alcanzada por la industria petroquímica que generará una equilibrada oferta de productos petroquímicos.

En general puede concluirse que la ciclicidad del mercado petroquímico tiene origen en los ciclos económicos y la tendencia de atraer grandes inversiones durante los periodos de alta rentabilidad incluida la inversión en adición de nuevas capacidades de planta (beneficiándose de las economías de escala), que posteriormente creará una sobreoferta causando que los márgenes disminuyan significativamente. Seguidamente, los bajos precios y la recuperación de la economía estimularán el aumento del consumo, de tal manera que al cabo de unos años los precios han subido hasta hacer rentable una nueva e importante inversión. Comienza así un nuevo ciclo.

Otro aspecto importante es que la rentabilidad de la industria petroquímica está directamente relacionada a su naturaleza cíclica, cuya principal condición está reflejada en la relación entre la oferta y demanda de los productos petroquímicos. Esta parte es ampliada en el apartado 3.2.7.3-B20.3

## HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 4.1 HIPÓTESIS GENERAL

La competitividad de la industria petroquímica y la capacidad de innovación de las empresas del sector de plásticos permiten la integración de la cadena petroquímica de plásticos en el Perú.

### 4.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Las variables independientes son la competitividad de la industria petroquímica y la capacidad de innovación de la industria de plásticos; y la variable dependiente es la integración de la cadena petroquímica de plásticos en Perú.

Integración de la cadena petroquímica de plásticos = función (**competitividad de la industria petroquímica; la capacidad de innovación de las empresas de plásticos**)

### 4.3 ¿CÓMO SE MEDIRÁN LAS VARIABLES?

La competitividad de la industria petroquímica (que utiliza etano y propano como materias primas) se medirá mediante la identificación de los factores que la hacen competitiva.

La capacidad de innovación mediante la elaboración de un indicador de medición que permitirá a las empresas de plásticos del Perú conocer su nivel de innovación.

#### 4.4 MATRIZ DE CONSISTENCIA

	<b>Descripción</b>
<b>TITULO</b>	Competitividad e innovación. Integración de la cadena petroquímica de plásticos en el Perú con origen en las olefinas a partir del gas natural de Camisea.
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	¿Cómo integrar la cadena de valor de la petroquímica con origen en el etano y propano del gas natural procedente del área de Camisea para producir olefinas (etileno y propileno) y poliolefinas (polietilenos y polipropileno), y potenciar el crecimiento del sector industrial de plásticos en el Perú?.
<b>PROBLEMA ESPECÍFICO</b>	¿Son las empresas del sector de plásticos del Perú innovadoras, de manera que continúen elaborando productos de valor agregado para abastecer al mercado nacional e internacional, manteniendo una tasa creciente de producción y consumo de derivados petroquímicos de origen olefinico como son los polietilenos y polipropileno?.
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	Incrementar el valor agregado de los hidrocarburos con origen en el etano y propano procedentes del área denominada el Gran Camisea mediante la identificación de factores que ayuden a integrar la cadena petroquímica del plástico en el Perú.
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<p>a) Identificar los factores que actualmente hacen competitiva la industria petroquímica y en especial las que tienen origen en el etano y propano.</p> <p>b) Medir la capacidad de innovación de las empresas de plásticos en el Perú mediante la elaboración de un indicador para determinar si las empresas de este sector industrial son innovadoras en sus procesos de transformación y productos obtenidos.</p>
<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	La competitividad de la industria petroquímica y la capacidad de innovación de las empresas del sector de plásticos permiten la integración de la cadena petroquímica de plásticos en el Perú.
<b>VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES DE LA HIPÓTESIS</b>	Las variables independientes son la competitividad de la industria petroquímica y la capacidad de innovación de la industria de plásticos; y la variable dependiente es la integración de la cadena petroquímica de plásticos en Perú.
<b>¿COMO SE MEDIRÁN LAS VARIABLES?</b>	<p>La competitividad de la industria petroquímica se medirá mediante la identificación de los factores que la hacen competitiva.</p> <p>La capacidad de innovación mediante la elaboración de un indicador de medición que permitirá a las empresas de plásticos del Perú conocer su nivel de innovación.</p>

## **CAPITULO III**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **PRIMER RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **5.1 Factores de competitividad en la industria petroquímica**

En base a los factores de competitividad de la industria petroquímica desarrollados en los antecedentes de la investigación y las características de la industria petroquímica explicadas en el marco conceptual, todo esto correspondiente al marco teórico; la presente investigación identifica 14 factores de competitividad y sus respectivos objetivos. Estos factores identificados se han dividido en:

- Factores de competitividad basada en costos: materias primas, grandes plantas, localización, polo petroquímico, tecnología, plataforma logística, energía y combustible, y producción.
- Factores de competitividad para un crecimiento sostenido: grupo empresarial fuerte, fortaleza financiera, innovación, Estado-Gobierno, diversificación de la materia prima y productos, e integración del downstream.

##### **5.2 Factores de competitividad orientados a la reducción de costos**

La presente investigación plantea un grupo de 8 factores de competitividad por su relación directa con los costos de producción. A continuación se explican:

###### **5.2.1 Materia Prima**

La materia prima en la industria petroquímica es considerada el componente más importante del costo total de producción, pudiendo representar más del 50% de este costo (ver figura N° 2.1). Esta condición ha generado que la instalación de nuevas plantas petroquímicas migre a lugares donde la materia prima es abundante (grandes reservas de petróleo o gas natural), disponible, y se ofrezca con una significativa ventaja de costo. Este es el caso de los países productores del Medio Oriente, quienes para proyectos petroquímicos ofrecen el metano a un precio en el rango de 0.70 US\$/MMbtu a 1.2 US\$/MMbtu, y el etano entre 1.5 US\$/MMbtu a 2 US\$/MMbtu.

Otro aspecto importante a considerar de la materia prima es su alta dependencia del precio y volatilidad respecto del petróleo o del gas natural, el cual afecta el costo unitario del producto petroquímico incidiendo seriamente en los márgenes de ganancia, y haciendo menos competitiva la industria petroquímica. Una forma de protegerse es mediante contratos de largo plazo, los cuales, entregan estabilidad a los precios de las materias primas, y estabilidad en las relaciones entre productores y consumidores en los mercados nacionales, y entre exportadores e importadores en el comercio internacional.

### **5.2.2 Grandes plantas**

Las plantas de gran tamaño permiten alcanzar economías de escala, cuyos principales beneficios son los siguientes:

- Menores costos de inversión por unidad de capacidad instalada
- Los costos de producción decrecen por la implementación de plantas de cada vez mayor dimensión.

Aprovechar este factor de competitividad significa que se debe instalar la mayor capacidad que se acerque al mínimo costo de producción. Además, debe complementarse este concepto teniendo presente la demanda disponible, y utilizando un alto porcentaje de la capacidad instalada o altas tasa de operación, para realmente lograr una reducción de los costos unitarios.

A continuación se presentan el cuadro resumen N° 5.1 con tamaños de planta competitivos para la producción de etileno, propileno, polietilenos y polipropileno, ofertados por los licenciantes de tecnología y que actualmente vienen siendo instalados en el mundo.

### **5.2.3 Localización**

Es importante aprovechar las economías de escala en proyectos industriales nuevos con un tamaño de planta óptimo, pero también es importante su localización. Determinar la mejor zona de localización permite minimizar los gastos de transporte de las materias primas e insumos, y los de distribución de los productos a los centros de consumo, generando beneficios económicos para el proyecto y para el país.

CUADRO N° 5.1  
TAMAÑOS DE PLANTA COMPETITIVOS

MATERIA PRIMA	PRODUCTO	PROCESO	TAMAÑO PLANTA COMPETITIVO MM TM/AÑO
ETANO	ETILENO	Steam Cracking	1.2 – 1.6
PROPANO	PROPILENO	Deshidrogenación	0.45
ETILENO	LDPE	Polimerización	0.35 – 0.45
	HDPE	Polimerización	0.35 – 0.60
	LLDPE	Polimerización	0.35 – 0.65
ETILENO	PVC	Polimerización por Suspensión	0.32 – 0.46
ETILENO	BUTENO	Dimerización	0.03 – 0.04
PROPILENO	PP	Polimerización	0.40 – 0.65

Por lo tanto, la selección de un lugar es la combinación óptima de los beneficios de la economía de escala con los factores de localización (el técnico, el económico, y el social) de manera que se logre un costo total mínimo ( $C_{\text{TOTAL-MÍNIMO}}$ ) para llegar con éxito a un mercado de consumo:

$$\text{COSTO}_{\text{TOTAL-MÍNIMO}} = \text{COSTO}_{\text{PRODUCCIÓN}} + \text{COSTO}_{\text{TRANSPORTE-MATERIA-PRIMA}} + \text{COSTO}_{\text{TRANSPORTE-PRODUCTO}}$$

Este costo total mínimo ( $\text{COSTO}_{\text{TOTAL-MÍNIMO}}$ ) para acceder a un mercado de consumo, resulta de sumar el costo de producción ( $C_P$ ), el costo de transporte de materias primas e insumos ( $C_{\text{TMP}}$ ), y el costo de transporte y distribución de productos ( $C_{\text{TP}}$ ).

Otro efecto importante de la elección de un lugar para instalar un complejo petroquímico es el desarrollo económico, social, y territorial, en dicha zona en el mediano y largo plazo.

### **5.2.4 Polo petroquímico**

La confluencia de materias primas y el agrupamiento de plantas de gran tamaño para producir distintos productos en un mismo sitio, es una característica de la industria petroquímica, que genera beneficios económicos que a continuación se presentan:

- Economía de aglomeración
- Economía de alcance
- Economía en las transacciones e integración empresarial

**5.2.4.1 Economía de aglomeración** El objetivo es lograr ahorros en los costos de producción (específicamente en el costo variable) por optimización en el uso de los servicios tales como el vapor, la energía, el gas, etc, los cuales son de uso común y pueden ser compartidos por varias unidades productivas, dada su ubicación en un mismo lugar. Así mismo, la proximidad de las unidades productivas permite ahorros en el transporte de los productos todavía en fase de transformación (por camión, barco, otras formas), hacia otras unidades de proceso hasta obtener el producto final. Otro beneficio económico de la aglomeración está en compartir la misma infraestructura para el despacho de los productos a los distintos mercados.

**5.2.4.2 Economía de alcance** Si el costo de producir dos o más productos en conjunto es menor que el costo de producirlos por separado se ha logrado una economía de alcance. Su aplicación adecuada permite entregar más productos a un mismo mercado o la posibilidad de acceder a nuevos mercados con estos productos. Existen también economías de alcance cuando se consigue ahorro de costos al otorgar utilidades extras a los subproductos obtenidos en el proceso de producción.

Por ejemplo, si se tiene una abundante materia prima como el etano se puede producir etileno, y a partir de este, producir varios productos como los polietilenos (LDPE, HDPE, LLDPE, PE expandido), PVC, entre otros. En este caso, la producción de varios productos que utilizan la misma materia prima lleva a comprar un gran volumen de materia prima con los ahorros respectivos que hacerlo por separado para cada producto.

Para alcanzar una importante economía de alcance los productos producidos deben ser similares en su naturaleza, es decir, utilizar similares materias primas, servicios,

procesos de producción, conocimientos, infraestructura para su transporte. Estos ahorros inciden directamente en los costos de producción y se logran en un polo petroquímico.

**5.2.4.3 Economía de transacción** El Polo Petroquímico no solo debe de constituir una excelente localización para ubicar las unidades productivas, también debe crear un entorno ideal para los negocios y un marco apropiado para que en el tiempo ingresen más empresas y continúen las inversiones industriales, de forma que se produzcan cada vez más productos. En la economía de transacción se establecen los siguientes costos:

- Costos por investigación e información para determinar si el bien necesitado está disponible en el mercado, quien tiene el menor precio, etc;
- Costos de negociación y de decisión, para llegar a un acuerdo aceptable con la otra parte, como la redacción de un contrato apropiado.
- Costos de vigilancia y control, necesarios para que las partes mantengan los términos del contrato. En caso de incumplimiento, se tomarán las acciones necesarias a través del sistema legal.

La industria petroquímica se caracteriza no sólo por la enorme cantidad de productos que involucra y por la complejidad de sus operaciones, sino también por la variedad de rutas alternativas de producción y sub-productos producidos. La información confiable obtenida del complejo petroquímico sobre las materias primas disponibles, los sub-productos producidos, los productos terminados, su calidad y características, la I+D+i que se viene implementando, entre otros, facilitará el negocio y la reducción de los costos transaccionales.

**5.2.4.4 Integración empresarial** El polo petroquímico es un espacio geográfico donde se establecen y relacionan empresas, personas, actividades de investigación, y distintos tipos de proyectos, que conducen a la implementación de plantas petroquímicas para la producción de muchos productos petroquímicos. Este agrupamiento debe crear un atractivo natural y servir como incentivo para que otras empresas continúen integrándose e invirtiendo para la creación de valor.

Un ejemplo importante es el polo petroquímico ubicado en el puerto de Amberes en Bélgica, el cual es considerado el 2º complejo petroquímico más grande del mundo por su tamaño y diversificación de productos. Desde la década del 60 del siglo pasado se convirtió en un lugar importante para la industria química europea, actualmente produce más de 300 productos petroquímicos y están involucradas más de 500 empresas químicas de todo el mundo. Al menos 10 de las 20 empresas químicas más grandes del mundo tienen sus centros de producción en este polo petroquímico, entre las principales se tiene, Basf, Bayer, BP, DuPont, Total, Evonik, Ineos, Kaneka, Monsanto, Nippon Shokubai, Solvay, entre otros. Así mismo, es un gran centro de investigación, desarrollo, innovación y capacitación. Debido a las características antes indicadas, Amberes es considerado el cluster petroquímico más grande de Europa.

### **5.2.5 Tecnología**

La petroquímica es una industria que debido a los cambios e innovaciones en el tiempo ha evolucionado hasta un nivel de desarrollo tecnológico que permite calificarla de industria tecnológicamente madura. Sus productos en general corresponden a commodities o productos estandarizados, con una importante presencia en el mercado.

En este caso, la tecnología se refiere a los procesos de elaboración de los productos petroquímicos y dadas sus características de commodity, sus innovaciones preponderantemente están orientadas a la mejora del proceso.

Por este motivo, se debe emplear la última y mejor tecnología (tecnología “state of art”), que logre obtener más producto por unidad de materia prima procesada y utilizar menos energía por unidad de producto, obteniendo menores costos de producción, productos de alto grado de calidad deseables por sus compradores, y con menor contaminación al medio ambiente.

### **5.2.6 Plataforma logística e infraestructura**

La logística juega un rol importante para mantenerse en el competitivo mercado petroquímico, pudiendo representar más del 30% de los costos de producción si no es adecuadamente desarrollada y gestionada.

La industria petroquímica almacena y mueve una diversidad muy grande de productos de muy distintos tipos (sólidos, líquidos y gaseosos) desde el lugar en que se producen hasta el lugar en que se consumen. Por esta razón, muchas empresas petroquímicas sobre todo las comercializadoras de commodities prestan bastante atención a sus sistemas logísticos y de distribución para que sus productos lleguen a destino de forma segura, cumpliendo con las regulaciones respectivas y con bajos costos de entrega.

Otro aspecto de la logística de entrega es el suministro oportuno y fiable de manera que resulte en una disminución de costos por almacenamiento de stocks para el sector industrial que lo reciba (por ejemplo la industria de plásticos). Inclusive la empresa petroquímica puede ofrecer como soporte un servicio técnico (en destino) para una adecuada manipulación y uso dependiendo del producto petroquímico.

Por estos motivos, el polo petroquímico debe tener una plataforma logística, entendida como un área definida y especializada que cuenta con la infraestructura y los servicios necesarios, dentro del cual se desarrollan las actividades relativas al transporte, empaque y distribución tanto en el territorio nacional como internacional, y que concluya con una entrega oportuna y fiable de los productos petroquímicos.

### **5.2.7 Energía y combustible**

Uno de los más difíciles retos de competitividad que enfrenta la industria petroquímica son los costos de energía, que puede contabilizar hasta un 40% de los costos operativos de la planta. Las fluctuaciones en los precios de la energía pueden tener un impacto significativo en la rentabilidad de la planta. En adición, las regulaciones medioambientales continúan forzando a las compañías a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> hacia estándares cada vez más estrictos.

Los hidrocarburos pueden utilizarse en la industria petroquímica como materia prima o como combustible para la generación de calor o energía eléctrica. Por este motivo, la volatilidad de los precios de los hidrocarburos tiene un doble efecto, tanto en el costo de la materia prima como en la energía. Esta inestabilidad coloca a la industria petroquímica en una desventaja competitiva de orden global dado que altos costos de materia prima implica también altos costos de combustibles.

Desde un enfoque de procesos, la transformación de materias primas en productos requiere de energía bajo la forma de calor o electricidad. El calor se obtiene del poder calorífico de los combustibles en forma de calentamiento directo o de vapor de agua producido en las calderas. Respecto a la electricidad, esta es usada en toda la industria para el funcionamiento de bombas, compresores, la iluminación de la planta y edificios, la ventilación, el aire acondicionado, los sistemas de refrigeración, procesos de calentamiento, entre otros.

La importancia de tener bajos costos de energía, un suministro fiable, ahorrar energía por una adecuada utilización de gases residuales o co-productos de poco valor aprovechados para generar energía y vapor, la cogeneración, entre otras acciones, proporcionarán una gran ventaja competitiva sobre otros competidores con mayores costos en este rubro.

### **5.2.8 Producción**

Un aspecto importante de competitividad de la industria petroquímica está en la producción, referida a un alto porcentaje de uso de su capacidad instalada o altas tasas de rendimiento de la producción. A su vez, el nivel de uso de la capacidad instalada está muy relacionado con el ciclo del mercado petroquímico que es una característica de la industria petroquímica.

En general la ciclicidad del mercado petroquímico tiene origen en los ciclos económicos, y presenta amplitudes entre 8 años a 10 años, habiéndose alcanzado picos o niveles máximos en los años 1979, 1988, 1995 y 2005. Existen varias variables como la demanda, la producción, los márgenes de ganancia, la inversión, las fusiones y adquisiciones, entre otros, que se afectan en mayor o menor grado según su posición en el ciclo de mercado.

El alto crecimiento del mercado que corresponde al pico del ciclo implica una mayor demanda de productos petroquímicos sobre la oferta producida, por lo que se alcanzan altas tasas de uso de la capacidad instalada y altos márgenes de ganancia. En el caso de las plantas de etileno las tasas de producción se ubican por encima del 90%.

Esta situación atrae grandes inversiones sobre todo en adición de nuevas plantas de gran capacidad (beneficiándose de las economías de escala), las cuales al entrar en operación perturban el balance entre la oferta y demanda. De esta forma se inicia el camino hacia el valle o nivel inferior del ciclo creándose una sobreoferta que causa que las tasas de operación disminuyan y que los márgenes de ganancia se reduzcan significativamente o inclusive sea negativo. En el caso de las plantas de producción de etileno las tasas de producción disminuyen hasta menos del 75% de su capacidad instalada.

Por lo tanto, es importante conocer en el ciclo de mercado petroquímico las tendencias de demanda y oferta global, por lo menos por dos motivos:

- Iniciar las operaciones de plantas nuevas cuando empieza la tendencia de crecimiento en el mercado, logrando los mejores beneficios económicos
- Colocar en los mercados cantidades adecuadas de productos petroquímicos para mantener un alto nivel de producción

### **5.3 Factores de competitividad orientados para un crecimiento sostenido**

La presente investigación plantea un grupo de 6 factores de competitividad por su relación con el proceso de expansión o crecimiento y la generación de valor en la cadena petroquímica. A continuación se explican:

#### **5.3.1 Grupo empresarial fuerte o multinacional con tecnología propia**

En la industria petroquímica es importante la participación de un grupo empresarial fuerte o multinacional con tecnología propia, que sea capaz de crear un aparato industrial competitivo, mediante la aplicación de procedimientos de gestión técnica, económica y comercial de buen nivel, y que compita en el mercado internacional.

Actualmente, la industria petroquímica mundial está dominada por grandes empresas que disponen de tecnología y son grandes inversionista, tales como: Basf (Alemania), Chevron Phillips (USA), Dow Chemical (USA), DuPont (USA), ExxonMobil (USA), Formosa Plastic Co. (Taiwan), LyondellBasell (Holanda), Mitsubishi Chemical (Japón), Shell (Holanda-UK), SABIC (Arabia Saudita), Sinopec (China), Sumitomo Chemical (Japón), Ineos (UK), entre otros.

A continuación se presenta un resumen de la importancia de los grupos empresariales fuertes o multinacionales en el desarrollo petroquímico de países como España, Brasil y Arabia Saudita.

**5.3.1.1 La industria petroquímica española** Esta inició su desarrollo a mediados de la década del 60 con la asociación entre el Estado y Multinacionales que disponían de tecnología propia, capacidad y experiencia en operar plantas, y complementariamente empresas nacionales que pudieran participar en la faceta comercial. Las primeras multinacionales que participaron fueron: Montecatini (polipropileno), Phillips Petroleum (polietileno de alta densidad), ICI (polietileno de baja densidad), ARCO (estireno). Esta situación de partida se debió a la falta de tecnología propia del país, por lo que consideraron como adecuado la presencia de socios extranjeros capaces de suplir esta carencia y de aportar sistemas de gestión modernos.

Con el propósito consolidar empresas de tamaño suficiente en el sector de hidrocarburos español para participar en un mercado liberalizado, se procedió a un proceso de fusiones y adquisiciones que culminó con formación de la empresa privada española REPSOL, correspondiendo a REPSOL QUÍMICA el manejo de la petroquímica.

Repsol Química tiene a su cargo varios complejos petroquímicos, siendo el que se ubica en la ciudad de Tarragona el más importante de España y del Sur de Europa, con una producción actual de más de 60 productos petroquímicos y más de 47 empresas químicas instaladas.

**5.3.1.2 La industria petroquímica del Brasil** Se identifica por lo menos tres fases bien diferenciadas. La primera que culmina en 1985, periodo en el cual destaca el modelo tripartito constituido por Petroquisa (subsidiaria Petrobras), empresas brasileñas privadas y empresas multinacionales (poseedoras de tecnología). El modelo establecía que el capital nacional debería ser mayoritario y que la participación estatal nunca sería inferior a cualquier socio. Este modelo permitió la consolidación de 3 polos petroquímicos ubicados en Sao Paulo, Camacari y Rio Grande do Sul.

La segunda fase corresponde al periodo 1985 – 1995 que se caracteriza por una reducción de las inversiones; modificaciones regulatorias conducentes a la apertura de importaciones, reducción de las tarifas de protección y eliminación del control de precios; y los primeros movimientos de privatización de los activos petroquímicos a grandes grupos empresariales capaces de competir internacionalmente dada la apertura a las importaciones.

La tercera fase corresponde al periodo 1995 – 2010, que a mediados de los años 90 se encontraba constituida por muchas empresas pequeñas (comparadas con el tamaño de las empresas petroquímicas mundiales), lo cual dificultaba su integración y participación en un mercado abierto. Esto llevó a un proceso de fusiones y adquisiciones que culminó en el año 2010 con la formación de la empresa BRASKEM que es un grupo empresarial nacional privado fuerte capaz de competir globalmente y está clasificado entre las empresas petroquímicas más importantes del mundo.

**5.3.1.3 La industria petroquímica de Arabia Saudita** Se identifica tres fases de desarrollo diferenciados. La primera que culmina en 1983. En este periodo se consolida la empresa Corporación de Industrias Básicas Saudí (SABIC), 100 % propiedad del Estado Saudí creado para la producción de productos petroquímicos. En 1984 SABIC fue privatizado en un 30% a inversores saudíes e inversores del golfo pérsico.

La segunda fase corresponde al periodo 1983-1999 cuyo hecho destacable es la apertura del sector petroquímico a los inversores privados, siendo la Corporación

Saudi-Chevron-Phillips Co. la primera empresa totalmente privada en desarrollar petroquímica en Arabia Saudita.

La tercera fase 2000 – 2010 corresponde a la promoción de join-ventures con grandes empresas con el propósito de completar la carencia de tecnología y acceso al mercado. El 70% de los proyectos petroquímicos existentes en Arabia Saudita son bajo estas características. Este esquema consiste en que Saudi Aramco se compromete a suministrar los hidrocarburos a bajos precios y las grandes empresas aportan su tecnología y dominio de mercado. Las empresas que viene participando son Exxon Mobil, Shell, Mitsubishi, Chevron-Phillips, Sumitomo, entre otros.

### **5.3.2 Fortaleza financiera**

La industria petroquímica es por naturaleza intensiva en capital y requiere grandes inversiones para su implementación debido a que incluyen plantas de gran tamaño, tecnología “state of art”, ingeniería, adquisición, construcción y montaje, puesta en marcha, entre otros. Así mismo, las inversiones para el proceso de integración del complejo petroquímico también son substancialmente altas.

Financiar la inversión requiere determinar lo siguiente:

- Las fuentes de recursos que se pueden emplear tales como: recursos disponibles de la empresa, aportes de capital, colocación de bonos y obligaciones, préstamos (fuente externa más utilizada), y las condiciones para acudir a ellas tal como el costo del crédito.
- La estructuración del capital para llevar adelante el proyecto, para lo cual se debe determinar la parte que se financia con capital propio y la parte que se financia con créditos.

Dados los altos costos del proyecto, la estabilidad financiera es crucial y juega un papel crítico para la determinación de los beneficios o rentabilidad del proyecto.

### 5.3.3 La innovación

En general la petroquímica es una industria tecnológicamente madura, caracterizado porque varios de sus productos son commodities o productos estandarizados por lo que es poco frecuente el desarrollo de nuevos productos. En contraste, son importantes las actividades de I+D+i dedicadas a mejorar procesos antiguos o generar otros nuevos. En este contexto, existen dos grupos de innovadores, las empresas licenciantes de tecnologías y las empresas productoras.

Las empresas licenciantes de tecnología desarrollan actividades de innovación para la mejora de un proceso petroquímico que implica significativos progresos en los equipos, las condiciones para las reacciones químicas, las operaciones unitarias, etc, considerando las mismas materias primas y la aplicación de similares principios de ingeniería. Bajo estas consideraciones la mejora de un proceso existente alcanza eficiencias energéticas de hasta un 5%.

Estas mismas empresas licenciantes de tecnología desarrollan actividades para la innovación de nuevos procesos, que pueden incluir innovaciones radicales en equipos, catalizadores, flexibilidad en el uso de la materia prima (que puede ser la misma materia prima, similar o completamente nueva). Los procesos nuevos de estas características pueden lograr ahorros de energía de hasta un 20%.

Las empresas productoras que han licenciado tecnología también realizan actividades de innovación principalmente orientados a resolver: cuellos de botella y optimización de procesos, el mantenimiento y desarrollo del proceso ya instalado, ampliaciones de planta, etc.

Respecto de los países, Arabia Saudita a través de su empresa SABIC tiene centros de I+D en las ciudades de Riyadh, Jubail, Houston-USA, India, Holanda. Ha realizado adquisiciones de empresas que desarrollan tecnología como DSM y Scientific Design (catálisis industrial). Ha desarrollado tecnología propia para producir: 1-buteno (Sabic-IPF), ácido acético,  $\alpha$ -olefinas lineales (Sabic-Linde AG). Este trabajo de I+D+i es con el propósito de mantener su futuro crecimiento en el competitivo mundo de la industria petroquímica.

España inicia su petroquímica sin el apoyo de un Centro de Innovación, posteriormente la empresa REPSOL implementó un Centro Tecnológico para todas las actividades de Investigación, Desarrollo y Asistencia Técnica que funciona en Móstoles – Madrid. En cuanto a procesos petroquímicos, lograron mejoras importantes en la producción de óxido de propileno y estireno, esta investigación llevó a la instalación y construcción de plantas nuevas en la ciudad de Tarragona y actualmente se encuentran en la optimización de estas tecnologías.

En resumen, la innovación de proceso se orienta a reducir el consumo de materia prima y energía, incrementar la flexibilidad en la producción para procesar un rango más amplio de materias primas, logrando costos unitarios de producción más bajos. En referencia a la innovación de producto, la industria petroquímica busca mejorar la calidad del producto o productos con mejores y nuevas propiedades, expandir el rango de productos ofrecidos, reemplazo gradual con nuevos productos, entre otros.

#### **5.3.4 Estado – Gobierno**

La industria petroquímica se desarrolla en un ambiente muy competitivo. Es importante mencionar que una vez tomada la decisión de invertir transcurre un periodo de 4 a 5 años hasta el inicio de la producción, alcanzando el break-even point (punto de rentabilidad nula) al 4º o 5º año de iniciada la producción. Presenta ciclos de mercado con periodos de duración entre 8 a 10 años, en los que se registran márgenes de ganancia reducidos e inclusive negativos, tiene la necesidad de incrementar nuevas capacidades de producción, la instalación de nuevas tecnologías, y grandes inversiones en el largo plazo para mantener activa esta industria.

Por estas razones, el Estado a través de sus sucesivos Gobiernos debe generar las políticas de desarrollo adecuados, expandir la infraestructura, propiciar entornos favorables para la inversión y el negocio, para lograr la implementación, crecimiento y permanencia en el tiempo de esta industria. El resultado final de la consolidación de la industria petroquímica como cadena productiva son beneficios extraordinarios respecto a la creación de valor, puestos de trabajo, ingresos económicos y desarrollo social.

A continuación se presentan resumidamente los casos de Arabia Saudita, Brasil, España y Corea del Sur, respecto a la intervención o no intervención actual del Estado-Gobierno:

- Arabia Saudita tiene dos empresas nacionales, Saudi Aramco que suministra materias primas a muy bajos precios y SABIC (30% privado) para la producción de productos petroquímicos básicos, intermedios y finales. Debido a la falta de conocimientos y experiencia en el desarrollo de proyectos petroquímicos de gran escala, en 1995 ocurre la apertura del sector petroquímico a los inversores privados (locales y extranjeros) y en 1999 se inauguran nuevas plantas petroquímicas con inversión y manejo totalmente privado. Arabia Saudita también ha promovido join ventures entre Saudi Aramco y SABIC con grandes empresas (ExxonMobil, Shell, Mitsubhisi, etc) con muy buenos resultados, logrando que el 70% de los proyectos existentes sean de estas características y los proyectos petroquímicos concentren más del 60% del total de la inversión extranjera.
- En Brasil está la empresa BRASKEM con una composición accionarial privada del 51% (Odebrecht) y nacional del 49% (Petrobras). Esta empresa integra la petroquímica de primera y segunda generación del Brasil y es quien lidera la producción, la inversión e implementación de nuevas plantas petroquímicas a nivel nacional, así como en otros países como Venezuela, México, Estados Unidos, etc.
- En Corea del Sur y España la industria petroquímica está totalmente impulsado por el sector privado.

De los casos analizados, los puntos comunes son los siguientes: el Estado-Gobierno a través de sus empresas nacionales (si está en sus posibilidades) puede suministrar la materia prima a bajos precios, crea condiciones apropiadas o entornos favorable a la inversión y negocio, promociona join-venture totalmente privados o join-venture Estado-Sector privado, desarrolla de infraestructura (carreteras, puertos,etc), entre otros; pero en todos los casos analizados quien lidera el desarrollo de la industria petroquímica es la empresa privada.

### 5.3.5 Diversificar las materias primas para obtener más productos

En la industria petroquímica hay una relación directa entre la materia prima y los productos que pueden obtenerse a partir de ella. A continuación se presentan los rendimientos del proceso steam cracking según los diferentes tipos de carga.

CUADRO N° 5.2

#### RENDIMIENTOS DEL STEAM CRACKING SEGÚN ALIMENTACIÓN

Carga Producto	LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL			FRACCIÓN PETROLEO	
	Etano	Propano	Butano	Nafta Petroq.	Gas Oil
ETILENO	0.8	0.4	0.36	0.23	0.18
PROPILENO	0.03	0.18	0.20	0.13	0.14
BUTILENO	0.02	0.02	0.05	0.15	0.06
BUTADIENO	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04
FUEL GAS	0.13	0.38	0.31	0.26	0.18
GASOLINA	0.01	0.01	0.05	0.18	0.18
GAS OIL	-	-	-	0.01	0.12
RESIDUOS	-	-	-	-	0.10

En referencia al cuadro anterior, el etano es una carga al proceso de steam cracking (cracker) y el producto obtenido en mayor cantidad es el etileno, con muy poco de las otras olefinas o en cantidades que no justifican una recuperación comercial. A partir del etileno se obtienen principalmente los polietilenos (LDPE, HDPE, LLDPE) y PVC, que corresponde a un grupo reducido de productos considerando la amplia gama de productos petroquímicos (más de 3000).

El ejemplo anterior muestra que la dependencia de una sola materia prima o pocas materias primas generan pocos productos finales, lo cual limita en el tiempo el crecimiento del polo petroquímico.

A continuación se presenta la diversificación de materias primas emprendido por países como Arabia Saudita y Brasil.

Hasta mediados de los años 90, la petroquímica de Arabia Saudita utilizaba como materias primas metano y etano a partir del gas natural, obteniendo una gran producción de metanol y etileno y pocos productos derivados de ellos. Esta falta de diversidad en las materias primas generó un desbalance en el mix de productos finales porque era mínima la cadena de productos basados en el propileno, butilenos,

benceno, tolueno y xilenos (BTX). Los grandes pasos para la diversificación de sus materias primas fueron los siguientes: instalación de crackers flexibles para procesar desde etano hasta hidrocarburos pesados como el gas oil; instalación de unidades de deshidrogenación catalítica para transformar propano en propileno, butano en butadienos; mayor integración refinería-petroquímica y mejora del FCC para producir propileno; instalación del proceso Cyclar para transformar GLP en aromáticos. Esta estrategia de competitividad amplió el rango de productos producidos, incrementándose actualmente más de 30.

En el caso de Brasil, la nafta petroquímica ha sido la materia prima clásica utilizada en la industria petroquímica. El proceso de diversificación de la materia prima ha sido el siguiente: en el año 2005 se inicia las actividades del complejo RIOPOL con el uso del etano y propano a partir del gas natural para producir olefinas; también el desarrollo de tecnología propia de FCC para producción de propileno; y la producción de 200,000 TM/año de etileno a partir de etanol para producir polietilenos, en lo que han denominado el ciclo de producción de polietileno verde.

La diversificación de las materias petroquímicas es un factor importante de competitividad porque amplía la posibilidad de manufacturar más productos petroquímicos. Poner en valor las nuevas materias primas conduce a obtener más productos y sub-productos y la posibilidad de concretar nuevas rutas de producción. Esta transformación permitirá instalar más unidades, colocar grandes inversiones, la participación de nuevas empresas, coadyuvando al crecimiento sostenido del polo petroquímico.

### **5.3.6 Integración del downstream**

Respecto de las definiciones de competitividad mencionadas en el apartado 3.1.1, Scout [93] indica que se establece una competencia entre los bienes y servicios de los países, pero la medida última no es una balanza comercial favorable sino un aumento del nivel de vida. La OCDE [94] indica que la competitividad implica también la generación de ingresos y niveles de empleo altos de manera sostenible. La Norma Técnica Peruana NTP 732.001 [96] menciona que la competitividad significa interrelacionar diversos elementos para incrementar la productividad de las empresas y que conlleve un aumento del ingreso real de la población.

De los conceptos de competitividad mencionados en el párrafo anterior, la competitividad no solo trata de la reducción de los costos de los factores que determinan el precio de un producto o bien, también en simultaneo debe lograrse como dice Scout ...un aumento del nivel de vida; o la OCDE ...generación de ingresos y niveles de empleo altos de manera sostenible; la NTP 732.001 ....aumento del ingreso real de la población.

Es decir, del análisis del concepto de competitividad, se verifica que este va más allá de la sola reducción de los costos para ser competitivos.

La pregunta que surge es ¿como completar el concepto de competitividad?.

El presente trabajo plantea que la parte del concepto de competitividad referente a: ...aumento del nivel de vida; ...generación de ingresos y niveles de empleo altos de manera sostenible; ...un aumento del ingreso real de la población; en el caso de la petroquímica, esta relacionado con el modelo de integración petroquímico a seguir, según el país donde se instale esta industria.

La profundización en el downstream o integración de la cadena productiva permite completar el concepto de competitividad. Esto queda demostrado con la creación de mayor valor económico indicado en la figura N° 1.3 y la creación de muchos puestos de trabajos directos y empresas participantes según el cuadro N° 1.1 y cuadro N° 2.27.

En apartado 2.1.7 se analizó en sus aspectos más relevantes la historia de la industria petroquímica de cinco países: Trinidad y Tobago, Arabia Saudita, Brasil, Corea del Sur y España, con el propósito de entender los aspectos fundamentales que las hicieron exitosas y el grado de integración de su cadena productiva petroquímica.

Al respecto, se han identificado tres modelos de integración petroquímica: modelo exportador, modelo doméstico y modelo intermedio, los que a continuación se resumen:

**5.3.6.1 El modelo de integración exportador** se caracteriza por la disponibilidad propia de materia prima a bajos precios y porque los productos petroquímicos intermedios o finales (comodities) producidos tienen poca integración con otros sectores industriales del mercado nacional, por lo que se orientan casi en su totalidad a la exportación.

Ejemplos de este modelo son Trinidad y Tobago y Arabia Saudita. En el caso de Trinidad y Tobago ofrece su gas natural a 1 US\$/MMBTU y produce grandes cantidades de productos intermedios petroquímicos como el amoníaco y el metanol (ver cuadro N° 2.22), los cuales se destinan mayoritariamente al mercado mundial.

Otro ejemplo es el de Arabia Saudita que ha venido ofreciendo el metano o etano a 0.75 US\$/MMBTU para la industria petroquímica (a partir del 2012 y para nuevos proyectos petroquímicos etano a 1.25 US\$/MMBTU) y produce más de 30 productos (entre básicos, intermedios y finales) con liderazgo en la oferta mundial de etilenglicol, etileno, metanol, estireno, polietilenos, polipropilenos, los cuales se destinan mayoritariamente a la exportación.

Arabia Saudita exporta grandes cantidades de polietilenos a la China (más del 50% de la producción), y en este país son procesados y transformados a films o películas, carretes de plástico, bolsas plásticas, u otros productos que finalmente terminan siendo exportados a USA o Europa. Dada esta situación, el gobierno Saudí desea integrar en el downstream a la industria transformadora de plástico, para lo cual, está dispuesto a estimular la inversión y el empleo, para lograr exportar productos con mayor agregado. Tiene como gran objetivo acceder en el año 2020 al 15% del mercado global de plásticos procesados.

**5.3.6.2 El modelo de integración intermedio** tiene como principal característica que una parte de los productos petroquímicos producidos se suministran a otros sectores industriales nacionales continuando la transformación hasta obtener productos de mayor valor agregado, los cuales se insertan en el mercado nacional o exportan; la parte restante de productos petroquímicos se destinan al mercado mundial. Respecto a la materia prima (petróleo o gas natural) tienen reservas propias o importan según sus necesidades. Algunos ejemplos son países como Corea del Sur y España.

Corea del Sur es un gran importador de materias primas (petróleo y gas natural) y su petroquímica es liderada por el sector privado. El 60% de su producción de productos petroquímicos es utilizado en su mercado nacional y el 40% restantes a la exportación. La mitad de los petroquímicos exportados se dirigen a China y la diferencia a los países del sureste asiático.

España importa materias primas (petróleo y gas natural) y su petroquímica es liderada por el sector privado. Más del 70% de su producción de productos petroquímicos es utilizado en su mercado nacional en la producción de productos de mayor valor agregado y el porcentaje restante se destina a la exportación.

**5.3.6.3 El modelo de integración doméstico** tiene como principal característica que la industria petroquímica esta altamente integrada en su mercado nacional. Los productos petroquímicos se convierten en materia prima para otros sectores industriales nacionales continuando la transformación hasta obtener productos de alto valor agregado. Así mismo, hay poco excedente de productos petroquímicos finales para la exportación.

Un ejemplo de este modelo es la industria petroquímica del Brasil, que tiene un grado de integración mayor al 90 % (ver cuadro N° 2.26) y destina poco porcentaje ( $\approx 10\%$ ) de productos petroquímicos al mercado mundial.

Los factores de competitividad antes descritos y sus objetivos se resumen en el cuadro N° 5.3.

Es importante resaltar que el mercado no ha sido considerado como un factor de competitividad debido a que en la actualidad la industria petroquímica se desarrolla en un contexto de competencia internacional y en un mercado que presenta características propias de ciclicidad y periodicidad. En todo caso los productores de petroquímicos deben de tener las habilidades necesarias para adaptarse a estos cambios del mercado.

**CUADRO N° 5.3**  
**COMPETITIVIDAD EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA**

<b>FACTORES DE COMPETITIVIDAD BASADO EN COSTOS</b>	
<b>FACTORES</b>	<b>OBJETIVOS</b>
1 - MATERIA PRIMA	-Precios bajos y contratos de largo plazo -Disponibilidad con reservas probadas mayor a 20 años
2 - GRANDES PLANTAS	-Economía de escala para reducción del costo unitario y menores costos de inversión por capacidad instalada
3 - LOCALIZACIÓN	-Minimizar gastos de transporte y distribución de materias primas y productos -Acceso a la materia prima y mercados altamente competitivos
4 - POLO PETROQUIMICO	-Economía de aglomeración, economía de alcance, economía de transacción, integración empresarial
5 - TECNOLOGÍA	-Plantas "state of art" o modernas, productos de alta calidad y deseable por sus propiedades, reducir costos de producción, reducir contaminación ambiental
6 - PLATAFORMA LOGÍSTICA E INFRAESTRUCTURA	-Bajos costos de entrega de los productos -Suministro oportuno v fiable
7 - ENERGÍA Y COMBUSTIBLE	-Bajos costos de energía y combustible -Suministro fiable y ahorro de energía
8 - PRODUCCIÓN	-Tasas de producción altas, mínimo 90% de capacidad instalada, lograr buenos márgenes (ciclo mercado PQ)
<b>FACTORES DE COMPETITIVIDAD PARA UN CRECIMIENTO SOSTENIDO</b>	
9- GRUPO EMPRESARIAL FUERTE O MULTINACIONAL CON TECNOLOGÍA PROPIA	-Competir en el mercado internacional -Aportar tecnología, gestión técnica, económica y comercial de buen nivel
10 - FORTALEZA FINANCIERA	-Estructuración del capital y estabilidad financiera para lograr rentabilidad del proyecto petroquímico dado que son intensivos en capital
11- INNOVACIÓN	-Innovación de producto: productos con mejores y nuevas propiedades, reemplazo gradual con nuevos productos. -Innovación de procesos: reducir consumo de materia prima y energía por unidad producida, incrementar flexibilidad en producción para procesar rango más amplio de materias primas. -Desarrollar nuevas tecnologías para procesos -Reducir daño medioambiental -Crecimiento sostenido de industria petroquímica
12 - ESTADO - GOBIERNO	-Desarrollar políticas públicas e incentivos para la implementación y crecimiento de la cadena productiva. -Generar entornos propicios para la inversión privada, joint-venture Estado-Empresa o entre privados.
13- DIVERSIFICAR MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS	-Ingresar más materias primas para obtener más productos en el downstream -Evitar depender de una sola materia prima porque limita el crecimiento del polo petroquímico
14- INTEGRACIÓN DEL DOWNSTREAM	-Profundizar en la cadena productiva para incrementar valor agregado y optimizar inversiones y procesos -Medición de la integración mediante modelos exportador, intermedio y doméstico -Identificar políticas industriales de apoyo para generar mayor valor agregado, empleos sostenibles y aumento del nivel de vida.

## **5.4 Factores de competitividad en las Leyes y Reglamentos para la industria petroquímica del Perú**

Se revisaron las siguientes leyes y reglamentos: La Ley N° 29163 [138], su respectiva Reglamentación D.S. N° 066-2008-EM [139], La Ley N° 29690 [140] y la Ley N° 29817 [141] con el propósito de identificar factores de competitividad. Estos han sido comparados con los factores de competitividad resumidos en el cuadro N° 5.3. Los resultados de esta comparación se describen a continuación:

### **Factores de competitividad basada en costos**

#### **▪ 5.4.1 Materia Prima**

El precio de la materia prima es un factor clave de competitividad. La reglamentación establece que sea un acuerdo entre el productor y el consumidor de la materia prima petroquímica. En el caso de la Ley del Etano N° 29690 indica que a falta de acuerdo entre las partes sea el OSINERGMIN el dirimente. No se hace mención sobre suministro y plazos mínimos de contrato.

#### **▪ 5.4.2 Grandes plantas**

La Ley establece que deben tener tamaños para competir internacionalmente, en el cual se obtengan los beneficios de la economía de escala. No indica cuales son los tamaños mínimos que deben tener estas plantas.

#### **▪ 5.4.3 Localización**

La Reglamentación propone varios lugares geográficos estratégicos descentralizados (en el Sur del Perú y fuera de Lima o Callao). El Estado Peruano en aplicación a esta Reglamentación ha propuesto a la fecha cuatro (4) lugares distintos para ubicar polos petroquímicos. Este criterio va en contra del concepto de complejo petroquímico.

- **5.4.4 Polo Petroquímico**

Promueve la instalación de polos petroquímicos para obtener sinergías productivas y logísticas, pero no menciona que el desarrollo de un polo petroquímico es también la integración de muchas empresas, inversiones y la manufactura de variados productos en el tiempo y en un mismo lugar.

- **5.4.5 Tecnología**

La ley y reglamentación enfatizan el uso de avanzada tecnología obligando a usar equipos nuevos, pero permite también equipos y componentes nada deteriorados por su uso. No indica que productos deben de producirse (salvo la urea y etileno) y tampoco la calidad que deben de cumplir los mismos

- **5.4.6 Plataforma logística e infraestructura**

La ley indica que las instituciones competentes promuevan el desarrollo de facilidades portuarias y logísticas. No define que instituciones deben de intervenir, tampoco la forma (inversión del Estado, licitación pública, concesión a privados, etc) en que debe de consolidarse la plataforma logística.

- **5.4.7 Energía y combustible**

Las Leyes y Reglamentación no mencionan nada al respecto. Sin embargo, se conoce por la información técnica [127] que el proceso de steam cracking (producción de olefinas), el proceso para obtener amoniaco (producción de urea) y el proceso para obtener metanol, considerados como procesos de la petroquímica básica son grandes consumidores de energía. Los tres procesos juntos consumen más de la mitad de la energía utilizada en todos los procesos petroquímicos actualmente existentes en el mundo.

- **5.4.8 Producción**

No establece cual es el nivel de uso mínimo de la capacidad instalada de la planta petroquímica. Aunque esta dependerá de la habilidad de la empresa para colocar en los mercados los productos y mantener un nivel de producción alto.

## **Factores de competitividad para un crecimiento sostenido**

- **5.4.9 Grupos empresariales fuertes o multinacional con tecnología propia**

El reglamento establece que el grupo empresarial que intervenga en PQ acredite experiencia en esta industria, capacidad económica y nivel de inversión. Las Leyes y Reglamentación no indican con valores específicos el nivel de fortaleza del grupo empresarial o multinacional según el producto o productos que desea implementar.

- **5.4.10 Fortaleza financiera**

Las Leyes y Reglamentos no establecen nada específico, salvo que el titular de la industria petroquímica tenga capacidad económica y nivel de inversión. No está definida la forma de inversión join-venture Estado-Empresa Privada o solo entre Privados, tampoco la forma de financiación según el proyecto petroquímico.

- **5.4.11 Innovación**

No menciona que actividades de I+D+innovación debe o pueden desarrollarse en el Perú. No mencionan como se realizará la transferencia tecnológica, tampoco hay exigencias para la participación de los profesionales peruanos en la ingeniería básica, de detalle, montaje y funcionamiento, así como de las empresas contratistas peruanas, de manera que se genere un proceso de aprendizaje substancial respecto de este tipo de industria.

- **5.4.12 Estado-Gobierno**

La Ley y Reglamentación otorgan incentivos y beneficios importantes a la petroquímica básica e intermedia para su instalación y al sistema de transporte por ductos para la materia prima, tales como: estabilidad tributaria, estabilidad cambiaria, libre disponibilidad de divisas, libre importación de bienes para la PQ con suspensión de tributos por dos años. Estos incentivos y beneficios no alcanzan a la petroquímica final.

Todavía no hay propuestas de políticas públicas para el crecimiento de la cadena productiva petroquímica, tampoco está clara la participación del Estado Peruano en join-ventures con las empresas privadas interesadas y en que partes de dicha cadena productiva.

▪ **5.4.13 Diversificación de la materia prima y productos**

Las Leyes N° 29690 y N° 29817 solo hacen referencia al etano como materia prima y algunos productos que se pueden obtener a partir de este. No hay leyes y reglamentos específicos para promover el uso del propano, butano o nafta petroquímica a partir del gas natural, para lograr otros productos petroquímicos de gran valor.

▪ **5.4.14 Integración del downstream**

Las Leyes y Reglamentos no mencionan nada, dado que todavía no se inicia la petroquímica en el Perú. Pero en la medida en que se vaya implementando este proyecto en el país deberán identificarse políticas industriales de desarrollo e integración de la cadena petroquímica con otros sectores industriales tal como el sector de plásticos, generando mayor valor agregado, empleo sostenible e incremento del nivel de vida de la población.

Mientras tanto, las leyes y reglamentación indican que el inversionista o titular de la industria petroquímica tiene libre disponibilidad sobre los productos petroquímicos, así como en la elección de los productos que desea producir o manufacturar.

El cuadro N° 5.4 compara los factores de competitividad indicados en el cuadro N° 5.3 con los hallados en las Leyes y Reglamentos Peruanos dados a la fecha.

El cuadro N° 5.5 resume los factores de competitividad encontrados en las leyes y reglamentos peruanos.

CUADRO N° 5.4

FACTORES DE COMPETITIVIDAD EN LA LEY Y REGLAMENTACIONES PARA LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA DEL PERU				
	FACTORES	Ley N° 29163 Promoción Ind. PQ	Reglamento de la Ley N° 29163	Ley N° 29690 Ley Etano para el Sur del Perú
<b>FACTORES DE COMPETITIVIDAD BASADA EN COSTOS</b>				
1	MATERIA PRIMA	-	Cap. III – Art.4 Acuerdo de precios entre contratista y productor	Artículo 4 - Acuerdo de precios entre productor, transportista y consumidor del etano
2	GRANDES PLANTAS	Artículo N° 1 Uso de economías de escala	Uso de economías de escala	Artículo N° 1 Uso de economía de escala
3	LOCALIZACIÓN	-	Artículo N° 6-a Las Entidades y Organismos vinculados a la promoción de la Ind. PQ, proponer lugares geográficos estratégicos para la instalación de Complejos PQs.	Sur del Perú, hay 4 posibles lugares.
4	POLO PETROQUÍMICO	Artículo 2, definición 2 Obtener sinergias productivas y logísticas	-	-
5	TECNOLOGÍA	Artículo N° 1 Uso de avanzada tecnología. Artículo N° 9 - La Ind. PQ básica e intermedia debe usar equipos y componentes nuevos.	Cap. IV artículo N° 10 La Ind. PQ básica e intermedia usaran equipos y componentes sin uso o nada deteriorados por su uso.	Artículo N° 6 Usar equipos y componentes nuevos.
6	PLATAFORMA LOGÍSTICA E INFRAESTRUCTURA	Artículo N° 7-b Promover con las instituciones competentes el desarrollo de facilidades portuarias y logísticas.	-	-
7	ENERGÍA Y COMBUSTIBLE	-	-	-
8	PRODUCCIÓN			
<b>FACTORES DE COMPETITIVIDAD PARA UN CRECIMIENTO SOSTENIDO</b>				
9	GRUPO EMPRESARIAL FUERTE O MUTINACIONAL CON TECNOLOGÍA PROPIA	-	Artículo N° 9 - El titular de la Ind. PQ deberá acreditar experiencia en la operación de actividades de dicha industria, así como capacidad económica y nivel de inversión.	-
10	FORTALEZA FINANCIERA	-	Artículo N° 9	-
11	INNOVACIÓN	-	-	-
12	ESTADO - GOBIERNO	Artículo N° 7 - Promover la creación de Complejos PQs propiciando las inversiones en coordinación con las entidades competentes. Artículo N° 8 - Incentivos y beneficios a la Ind. PQ básica e intermedia y sistema de transporte relacionado a la PQ	Artículo N° 12 -Incentivos y beneficios a la PQ básica e intermedia, descentralizado. Artículo N° 24 - Estabilidad tributaria. Artículo N° 30 - Importación de bienes para la PQ básica e intermedia, con suspensión de tributos por dos años. Artículo N° 33 - Estabilidad Cambiaria Artículo N° 34 - Libre disponibilidad de divisas.	Artículo N° 5 Medidas de promoción e incentivos para los sistemas de transporte por ductos que incluyan al etano. Artículo N°3 (Ley 29817) PetroPerú participa económicamente en el gasoducto del Sur.
13	DIVERSIFICACIÓN DE LA MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS	Artículo N° 5-a Promover la PQ básica a partir del gas natural y sus condensados y otros hidrocarburos líquidos, considerando el uso racional de las reservas de gas natural y sus condensados.	-	Artículo N° 1 Petroquímica basada en el Etano (1 sola materia prima).
14	INTEGRACIÓN DEL DOWNSTREAM	Artículo N° 2 - Clasifica a la PQ en básica, intermedia y final. Artículo N° 5-b -El MINEM normar las actividades de PQ básica Artículo N° 6-b –Min. Producción normas actividades de PQ intermedia y final.	Artículo N° 32 El inversionista tiene libre disponibilidad de los productos de la PQ básica e intermedia, puede exportar inafecto de todo tributo.	Artículo N° 2 - Productos PQs para atención prioritaria de mercado interno. ¿modelo doméstico?

Fuente: (135), (136), (137), (138), Elaboración propia

**CUADRO N° 5.5**  
**FACTORES DE COMPETITIVIDAD INDICADOS EN LA LEY Y**  
**REGLAMENTACIÓN PARA LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA DE PERÚ**

<b>FACTORES DE COMPETITIVIDAD BASADO EN COSTOS</b>	
<b>FACTORES</b>	<b>ESTABLECIDO EN LA LEY Y REGLAMENTACIÓN</b>
1 - MATERIA PRIMA	-Acuerdo de precios entre productor, transportista y consumidor de la materia prima.
2 - GRANDES PLANTAS	-Uso de economía de escala
3 - LOCALIZACIÓN	-Propone varios lugares geográficos estratégicos para la instalación de complejos petroquímicos
4 - POLO PETROQUIMICO	-Promover la instalación de polos petroquímicos para obtener sinergias productivas y logísticas
5 - TECNOLOGÍA	-Uso de avanzada tecnología -La industria PQ básica e intermedia deberá usar equipos y componentes nuevos. Permite también equipos y componentes sin uso o nada deteriorados por el uso
6 - PLATAFORMA LOGÍSTICA E INFRAESTRUCTURA	-Promover con las instituciones competentes el desarrollo de facilidades portuarias y logísticas
7 - ENERGÍA Y COMBUSTIBLE	-No menciona nada
8 - PRODUCCIÓN	-No menciona nada
<b>FACTORES DE COMPETITIVIDAD PARA UN CRECIMIENTO SOSTENIDO</b>	
9- GRUPO EMPRESARIAL FUERTE O MULTINACIONAL CON TECNOLOGÍA PROPIA	-El titular de la industria petroquímica deberá acreditar experiencia en la operación de actividades de dicha industria, así como capacidad económica y nivel de inversión
10 - FORTALEZA FINANCIERA	-Nada específico pero puede relacionarse con el factor 11
11- INNOVACIÓN	-No menciona nada
12 - ESTADO - GOBIERNO	-Promover la creación de complejos PQs propiciando las inversiones en coordinación con entidades competentes. -Incentivos y beneficios a la PQ básica e intermedia y sistema de transporte relacionado a la PQ -Estabilidad tributaria, cambiaria y libre disposición de divisas -Suspensión de tributos por 2 años en la importación de bienes para PQ básica e intermedia -Participación (PetroPerú) en el sistema de transporte de ductos de Camisea hacia el sur del país.
13- DIVERSIFICAR MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS	-Promover la PQ básica a partir del gas natural y sus condensados y otros hidrocarburos líquidos. -Específicamente ha dado solo Ley para el etano -Por el momento posibilidad de hacer pocos productos
14- INTEGRACIÓN DEL DOWNSTREAM	-El MINEM norma actividades de PQ básica y Ministerio de Producción la PQ intermedia y final -El inversionista tiene libre disponibilidad de los productos de la PQ básica e intermedia, puede exportar inafecto a todo tributo -Las leyes y reglamentos no definen nada concreto

Fuente: Elaboración propia

## **5.5 Experiencia de desarrollo de la petroquímica en el Perú**

La industria petroquímica en el Perú nació en el cumplimiento del Acuerdo N° 6 de Complementación de la Industria Petroquímica suscrito en el seno de la Asociación Latinoamericana de Libre Comercio (ALALC) y bajo el amparo de la Ley General de Industrias D.L. N° 18350 promulgado el 28 de julio de 1970, cuya finalidad es sentar las bases para un desarrollo industrial permanente y autosostenido; primordial para el desarrollo socio-económico del país y esencial para garantizar su efectiva independencia económica.

Esta Ley General de Industrias [142] establece un sistema de prioridades para la producción industrial. En el primer nivel de prioridad están las industrias básicas que se caracterizan por ser proveedoras de insumos fundamentales y comprenden a la química básica, los fertilizantes, la siderúrgica, la metalurgia no ferrosa, entre otros. Así mismo, este tipo de industrias está exclusivamente reservado, en lo que respecta a la producción, al Estado Peruano.

Este modelo productivo establece varias estrategias de desarrollo, una de ellas respecto a la necesidad de desconcentrar geográficamente a la actividad industrial, que hasta entonces se hallaba centralizada en Lima y el Callao. En base a las ventajas comparativas de las distintas regiones del país se realizarían importantes inversiones en industria básica. En el caso de la región norte, que comprende Tumbes y Piura, y por la naturaleza de sus recursos era propicia para el desarrollo de las industrias petroquímicas, textiles y alimentarias de origen marino.

Otro aspecto importante de esta Ley era que otorgaba buenos incentivos económicos y protección absoluta frente a las importaciones.

El cuadro N° 5.6 muestra las plantas petroquímicas que se instalaron en la década de los años 70 en el Perú.

**CUADRO N° 5.6**  
**PLANTAS PETROQUÍMICAS INSTALADAS EN EL PERÚ**  
**QUE DESDE PRINCIPIOS DE LA DÉCADA DEL 90 ESTAN CERRADOS**

PLANTA	LUGAR	LICENCIANTE TECNOLOGÍA	MATERIA PRIMA	TAMAÑO TM/AÑO	PRODUCTO	INICIO OPERACION
FERTILIZANTES	TALARA	MITSUI CHEMICAL	GAS NATURAL	170,000	UREA	1975
SOLVENTES	TALARA	LURGI	PROPILENO DE REFINERÍA	10,650	ALCOHOL ISOPROPÍLICO	1979
				5,000	ACETONA	
NEGRO DE HUMO	TALARA	CONTINENTAL CARBON CO.	A.C. (*) DE REFINERÍA	7,700	NEGRO DE HUMO	1975

A.C.: ACEITE CLARIFICADO

Esta experiencia de desarrollo petroquímico no culminó bien, a principios de la década del año 90 estas plantas cerraron sus operaciones. En referencia a los factores de competitividad identificados y resumidos en el cuadro N° 5.3, algunas de las razones por las cuales terminaron sus operaciones estas plantas son:

- Limitada disponibilidad de materia prima (gas natural y derivados de refinería)
- Plantas pequeñas orientadas solo para abastecer el mercado nacional
- La localización fue adecuada pero no se aplicó el concepto de polo petroquímico dado que las plantas petroquímicas estaban alejadas una de otras.
- Ausencia de socios tecnológicos importantes que aporten gestión técnica, económica y comercial
- Limitada o casi nula inversión del Estado Peruano para una sustantiva ampliación de capacidad, que permita ampliar el comercio a un mercado por lo menos regional según lo acordado en el ALALC.
- Baja prioridad a las actividades de I+D+innovación

## SEGUNDO RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.6 Tasa de integración como medición del modelo petroquímico

El modelo petroquímico (exportador, doméstico e intermedio) es una herramienta que ayuda a entender los siguientes aspectos:

- El grado de integración de la cadena petroquímica nacional, respecto de las empresas que intervienen en la cadena productiva y la transformación de la materia prima en productos de mayor valor agregado
- La identificación de políticas industriales para apoyar la integración petroquímica para generar mayor valor agregado, empleo sostenible, incremento del ingreso real de la población y mejora del nivel de vida.

Al respecto, esta tesis plantea considerar la tasa de integración que relaciona la demanda interna con la oferta interna (consumo/producción) sobre la base de los productos petroquímicos producidos en el país. Este indicador ayuda a caracterizar el modelo petroquímico (modelo exportador, doméstico o intermedio) y aporta información sobre el grado de integración de la cadena petroquímica.

El cuadro N° 5.7 presenta valores de la tasa de integración para cada tipo de modelo según lo estudiado en el presente trabajo.

CUADRO N° 5.7  
MODELO PETROQUÍMICO Y LA TASA DE INTEGRACIÓN (TI)

	MODELOS PETROQUÍMICOS	TASA DE INTEGRACIÓN (TI) Consumo / Producción Sobre la base de Prods. Pqs. Producidos en el país %
1	<b>MODELO EXPORTADOR</b>	
	Trinidad y Tobago	≈ 0
	Arabia Saudita	≈ 10
2	<b>MODELO DOMÉSTICO</b>	
	Brasil	94
3	<b>MODELO INTERMEDIO</b>	
	Corea del Sur	60
	España	73

Fuente: Elaboración propia

## 5.7 Proyección de tamaños de planta y tasa de integración en el Perú

### 5.7.1 Demanda y oferta mundial de plásticos incluidos las poliolefinas

La demanda global de los principales plásticos en los años 2010, 2011 y 2012 han sido 190 MM TM/año, 205 MM TM/año y 211 MM TM/año respectivamente, con la siguiente distribución porcentual según los productos:

CUADRO N° 5.8 DEMANDA GLOBAL DE LOS PRINCIPALES POLÍMEROS EN MILLONES (MM) DE TM/AÑO, AÑO 2010, AÑO 2011, AÑO 2012

N°	PRODUCTO	2010		2011		2012	
		%	MM TM/AÑO	%	MM TM/AÑO	%	MM TM/AÑO
1	LDPE	10	19	9	18.4	9	19.0
2	HDPE	17	32.3	17	34.8	17	35.8
3	LLDPE	11	20.9	11	22.5	11	23.2
4	PVC	18	34.2	18	37.0	18	38.0
5	PP	25	47.5	25	51.2	25	52.7
6	PS (Poliestireno)	6	11.4	6	12.3	5	10.5
7	PET (PoliEtilenTereftalato)	7	13.3	8	16.4	9	19.0
8	ABS (AcilonitriloButadienoEstireno)	4	7.6	4	8.2	4	8.4
9	PC (Policarbonato)	2	3.8	2	4.2	2	4.4
	<b>TOTAL</b>	100	190	100	205	100	211

Fuente: (143), (144), (145)

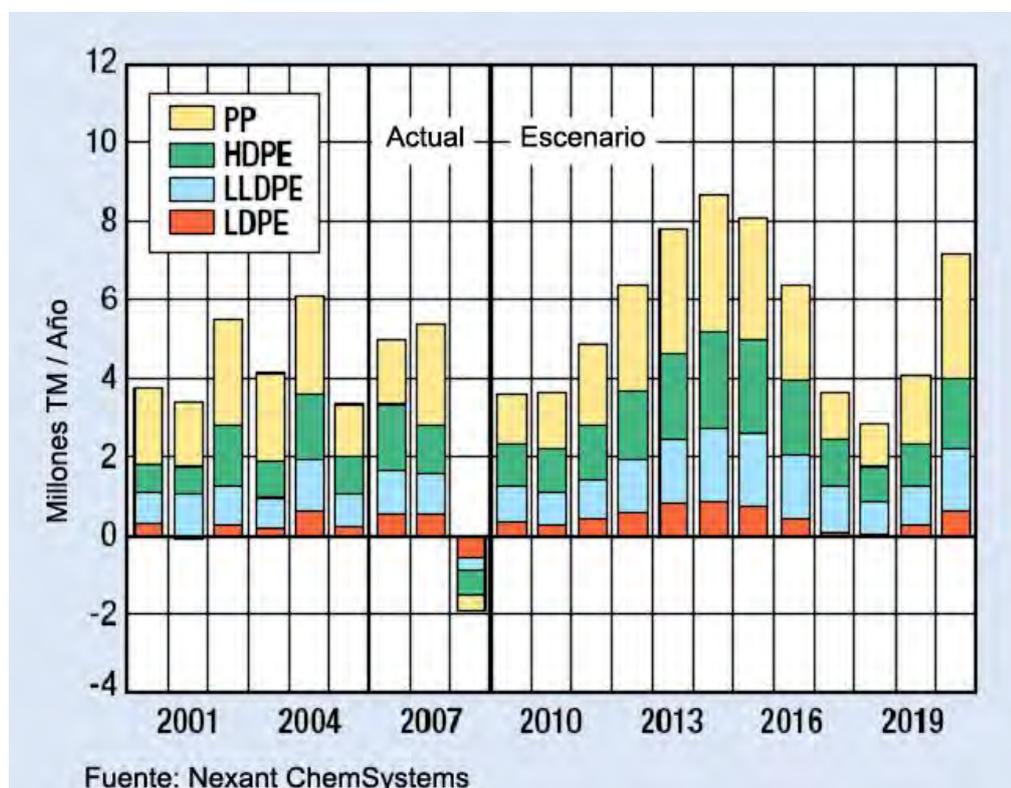
Los polietilenos LDPE, HDPE, LLDPE, representaron para los años 2010, 2011 y 2012 un consumo de 72.2 MM TM/año, 75.5 MM TM/año, y 78 MM TM/año respectivamente, registrando un crecimiento promedio del 4.5%. Mientras que el PVC y PP registran crecimientos importantes en el periodo de años analizado del orden del 6%. Este grupo de 5 productos representó en promedio el 80% del consumo de plásticos en el mundo para el periodo de 3 años mostrados.

La figura N° 5.1 muestra la demanda de poliolefinas en el mundo, con las siguientes proyecciones:

- En los próximos años, la demanda proyectada de LDPE se mantiene prácticamente constante debido a la competencia en usos y precios con el LLDPE. Esta tendencia se verifica en el cuadro N° 5.8.

- El LLDPE proyecta un crecimiento del 6% en los próximos años, limitando o estancando el crecimiento del LDPE.
- El HDPE mantiene una proyección de crecimiento fuerte. De los dos tipos de HDPE (unimodal o bimodal según la distribución molecular), el HDPE bimodal es que presentará la mejor proyección de crecimiento.
- El PP mantendrá una proyección fuerte de mantenimiento del orden del 6%, aunque algunas limitaciones en su crecimiento se deberán a la competencia en usos y precios con el poliestireno (PS), ABS (Estireno, Butadieno y Acrilonitrilo) y el HDPE.

FIGURA N° 5.1 CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE PEs Y PP



La capacidad instalada y demanda específica para los 5 productos más importantes para el año 2011 se presentan a continuación en el cuadro N° 5.9-A:

CUADRO N° 5.9-A

	AÑO 2011, EN MILLONES DE TM/AÑO					
	ETILENO	LDPE	HDPE	LLDPE	PVC	PP
<b>CAPACIDAD</b>	141	22	42	28	50	63
<b>DEMANDA</b>	Ver cuadro 5.9-B	18	35	22	37	52

Fuente: (147), (148), (149)

A continuación se presenta la distribución porcentual de los productos producidos en el mundo a partir del etileno y propileno, según el cuadro N° 5.9-B.

CUADRO N° 5.9-B

PRODUCTOS A PARTIR DEL ETILENO Y PROPILENO A NIVEL MUNDIAL

MATERIA PRIMA	% USO		PRODUCTOS	MATERIA PRIMA	% USO	PRODUCTOS
ETILENO	60%	17%	LDPE	PROPILENO	67%	Polipropileno (PP)
		27%	HDPE		7 %	Acrilonitrilo
		16%	LLDPE		8 %	Oxo alcohols
	11.6 %	PVC	8 %		Óxido de Propileno	
	12.7 %	Óxido Etileno (OE)	6 %		Cumeno	
	6.7 %	Etilbenceno (EB)	4%		Ácido Acrílico	
	9 %	Otros: 1-buteno, 1-hexeno, etc.				

Fuente: (150)+Elaboración propia

Los cuadros N° 5.8, N° 5.9-A, N° 5.9-B y figura N° 5.1 confirman que los productos petroquímicos que más se consumen en el mundo son: el LDPE, HDPE, LLDPE, PVC y PP, todos ellos con una tendencia fuerte de crecimiento en la demanda mundial en los próximos años. Esta tendencia de crecimiento coincide con el que viene dándose en el Perú (ver cuadro N° 1.15), por lo que la proyección de construcción de plantas petroquímicas en el país debe de considerar estos productos.

### 5.7.2 Proyección de tamaños de planta en Perú con referencia a tamaños competitivos

La definición de los productos a producir y los tamaños de planta adecuados para desarrollar un complejo petroquímico en Perú debe obedecer a un exhaustivo estudio de mercado y disponibilidad de materia prima. Sin embargo, se realizarán proyecciones para hallar una tasa hipotética de integración de la PQ en Perú.

Los cuadros N° 5.10 y N° 5.11 corresponden a escenarios elaborados sobre la base de tamaños de planta de escala mundial competitivos de Steam Cracking y Deshidrogenación catalítica para producir etileno y propileno respectivamente y sobre la tendencia de crecimiento de productos en el mercado.

**CUADRO N° 5.10 - ESCENARIO-1 TAMAÑOS DE PLANTA COMPETITIVOS  
PARA PRODUCIR POLIOLEFINAS EN EL PERU**

<b>PRIMERA TRANSFORMACIÓN</b>				
<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>CANTIDAD MAT. PRIMA Miles TM/AÑO</b>	<b>PROCESO</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>TAMAÑO PLANTA COMPETITIVO Miles TM/AÑO</b>
ETANO	1500 (≈80,000 bl/día)	S. Cracking	ETILENO	<b>1200</b>
PROPANO	560 (≈21,000 bl/día)	Deshidrogenación	PROPILENO	<b>450</b>
<b>SEGUNDA TRANSFORMACIÓN</b>				
ETILENO (1200)	260	Polimerización	LDPE	<b>250</b>
	315	Polimerización	LLDPE	<b>350</b>
	35	Dimerización	1-BUTENO (Comonomero LLDPE)	-
	420	Polimerización	HDPE	<b>400</b>
	165	Polimerización	PVC	<b>350</b>
PROPILENO	450	Polimerización	PP	<b>430</b>

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO N° 5.11 ESCENARIO-2 – TAMAÑOS DE PLANTA COMPETITIVOS  
PARA PRODUCIR POLIOLEFINAS EN EL PERU**

<b>PRIMERA TRANSFORMACIÓN</b>				
<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>CANTIDAD MAT. PRIMA Miles TM/AÑO</b>	<b>PROCESO</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>TAMAÑO PLANTA COMPETITIVO Miles TM/AÑO</b>
ETANO	1625 (≈85,000 bl/día)	S. Cracking	ETILENO	<b>1300</b>
PROPANO	560	Deshidrogenación	PROPILENO	<b>450</b>
<b>SEGUNDA TRANSFORMACIÓN</b>				
ETILENO (1300)	315	Polimerización	LDPE	<b>300</b>
	360	Polimerización	LLDPE	<b>400</b>
	40	Dimerización	1-BUTENO (Comonomero LLDPE)	-
	420	Polimerización	HDPE	<b>400</b>
	165	Polimerización	PVC	<b>350</b>
PROPILENO	450	Polimerización	PP	<b>430</b>

Fuente: Elaboración propia

El **Escenario 1** proyecta un tamaño de planta de steam cracking de 1.2 millones de TM/año de producción de etileno, y una planta de deshidrogenación de 0.45 millones de TM/año de producción de propileno, ambas plantas casi en límite tecnológico según los licenciantes de tecnología indicados en los cuadros N° 2.11 y N° 2.13.

Respecto a los poliolefinas que pueden producirse, los tamaños de planta considerados han tratado de acercarse a los tamaños de planta competitivos según los cuadros N° 2.14, N° 2.15 y N° 2.16. Adicionalmente se ha considerado una planta de 0.35 MM TM/año para producir 1-buteno, mediante el proceso de dimerización (a partir de etileno), el cual se utiliza como co-monómero (máximo 10% y según licenciante de tecnología) en la producción de LLDPE.

En este escenario, para cubrir los requerimientos mínimos de materia prima debe de producirse un mínimo de 1400 MMPCD de gas natural con una composición como el indicado en el cuadro N° 1.4, en un periodo de 10 años de producción requerirá 4.7 TCF de gas natural. En 1400 MMPCD de gas natural se producen aproximadamente 1.5 MM TM/año de etano, que equivale aproximadamente a 80,000 barriles/día de etano.

El **escenario 2** proyecta a un tamaño de planta de steam cracking de 1.3 millones de TM/año de producción de etileno, y una planta de deshidrogenación de 0.45 millones de TM/año de producción de propileno, ambas plantas casi en límite tecnológico según los licenciantes de tecnología indicados en los cuadros N° 2.10 y N° 2.12.

Respecto a los poliolefinas que pueden producirse, los tamaños de planta considerados han tratado de acercarse a los tamaños de planta competitivos según los cuadros N° 2.14, N° 2.15 y N° 2.16. Adicionalmente se ha considerado una planta de 0.4 MM TM/año para producir 1-buteno, mediante el proceso de dimerización (a partir de etileno), el cual se utiliza como co-monómero (máximo 10% y según licenciante de tecnología) en la producción de LLDPE.

En este escenario, para cubrir los requerimientos mínimos de materia prima debe de producirse un mínimo de 1500 MMPCD de gas natural con una composición como el indicado en el cuadro N° 1.4, en un periodo de 10 años de producción requerirá 5.0 TCF de gas natural. En 1500 MMPCD de gas natural se producen aproximadamente 1.625 MM TM/año de etano, que equivale a 85,000 barriles/día de etano.

### 5.7.3 Tasa de integración hipotética en el Perú

La tasa de integración referida a un país mide el porcentaje de utilización de los productos petroquímicos en los sectores industriales nacionales. El cuadro N° 5.12 toma como referencia los tamaños de plantas competitivos desarrollados en el escenario 1 (no considera la tasa producción o uso real de la capacidad instalada), y las proyecciones de consumo de productos petroquímicos para el sector industrial de plásticos en el año 2017 y año 2027 según valores del cuadro N° 1.16.

CUADRO N° 5.12  
TASA DE INTEGRACIÓN HIPOTÉTICO DE PRODUCTOS PETROQUÍMICOS  
EN EL SECTOR DE PLÁSTICOS EN EL PERÚ

PRODUCTO	TAMAÑO DE PLANTA Miles TM/año	AÑO 2017 PROYECCIÓN CONSUMO Miles TM/año (Cuadro 1.16)	TASA INTEGRACIÓN (TI) PORCENTAJE 2017	AÑO 2027 PROYECCIÓN CONSUMO Miles TM/año (Cuadro 1.16)	TASA INTEGRACIÓN (TI) PORCENTAJE 2027
LDPE	250	162	27 %	290	48 %
LLDPE	350				
HDPE	400	170	43 %	303	76 %
PVC	350	191	55 %	343	98 %
PP	430	219	61 %	392	91%
<b>Totales</b>	1780	742		1328	
<b>Tasa Integración Global</b>			<b>42 %</b>		<b>75 %</b>

Fuente: Elaboración propia

La relación entre los tamaños de planta competitivos y la proyección de consumo nacional para el año 2017 (posible inicio de operaciones del complejo petroquímico) permite obtener una **TI-Global de 42%**, este escenario **corresponde a un Modelo Intermedio**, ver figura N° 5.2. Los polietilenos de baja densidad presentan una integración baja del orden del 27%, el HDPE de 43%, el PVC de 55%, y el PP de 61%.

En esta etapa inicial se demuestra que se debe buscar un equilibrio entre el uso de los productos petroquímicos en el mercado nacional para lograr mayor valor agregado y la exportación para consolidar la petroquímica en el Perú.

FIGURA N° 5.2 PERU – MODELO INTERMEDIO CON INTEGRACIÓN  
HIPOTÉTICA DEL 42% EN EL INICIO DE OPERACIONES



Fuente: Elaboración propia

La relación entre los tamaños de planta competitivos con la proyección de consumo para el año 2027 (10° año de operaciones del Complejo PQ) permite obtener una **TI-Global de 75%**, este escenario se acerca a un **Modelo Doméstico**. Ver figura N° 5.3.

FIGURA N° 5.3 PERU – MODELO INTERMEDIO CON INTEGRACIÓN  
HIPOTÉTICA DEL 75%, EN EL 10° AÑO DE INICIADAS LAS OPERACIONES



Fuente: Elaboración propia

Este último escenario implica que en los años previos se deberán aplicar políticas industriales adecuadas de apoyo para incrementar el consumo nacional, especialmente de los polietilenos de baja densidad (LDPE y LLDPE) y de las otras poliolefinas para incrementar el TI-Global por encima del 75%, con el propósito de maximizar el impacto en la economía nacional.

## TERCER RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

### **5.8 Ubicación del Complejo Petroquímico en el Perú**

En el apartado 2.1.3 se ha mencionado que hay por lo menos 4 factores que influyen en la localización de un complejo industrial petroquímico: técnico, económico, político social, y estratégico.

Respecto de la localización específica Guzmán [151] indica que el problema de la determinación de la ubicación de la unidad productiva se suele abordar por etapas:

- En la primera etapa se decide la Región en la que se instalará el proyecto,
- En la segunda etapa la Comunidad,
- En la tercera etapa y última se escoge el Sitio Específico

Respecto a **la primera etapa** y en el caso del Perú, el Estado Peruano mediante Leyes y Reglamentos ha definido al Sur del Perú como la zona donde debe de instalarse el Polo Petroquímico.

- Esto debido a la disponibilidad de gas natural ubicado en esta zona,
- El objetivo de un desarrollo descentralizado y equilibrado del país mediante la industrialización y suministro de energía a partir del gas natural en esta zona,
- Propiciar este tipo de industria mediante incentivos y beneficios económicos siempre y cuando se instalen en esta zona.
- La construcción de un gasoducto y ducto con un trazo o recorrido por los principales lugares de esta zona del Perú.

En **la segunda etapa**, el Estado Peruano ha recomendado posibles lugares para instalar el Complejo Petroquímico ubicados en la costa de la zona sur del país. Estos son lugares:

- San Juan de Marcona en Nazca, departamento de Ica
- Pisco, Departamento de Ica
- Ilo, provincia de Ilo en el departamento de Moquegua
- Matarani, provincia de Islay, Departamento de Arequipa

En **la tercera etapa** se define la elección de un sitio específico. En el caso de la industria petroquímica, y como se ha mencionado anteriormente (apartado 2.4.3) la tendencia es a establecer complejos productivos en un mismo sitio, en el cual, y en el tiempo distintas unidades de procesos, empresas e inversiones progresivamente se instalaran, pasando de producir inicialmente unos pocos productos petroquímicos a muchos productos petroquímicos.

Se tiene como ejemplo el complejo petroquímico de **Amberes en Bélgica** (apartado 2.4.3.4) el cual inicia sus operaciones petroquímicas a inicios de la década de los años 60, con pocos productos y empresas, hoy en día produce más de 300 productos químicos y hay más de 400 empresas químicas instaladas, que incluye a las 10 empresas químicas más grandes del mundo.

Ejemplos similares son el complejo petroquímico de **Tarragona en España** (el complejo petroquímico más importante del sur de Europa) que inicio sus operaciones a mediados de los años 70 con pocos productos y hoy produce más de 60 productos petroquímicos y están instaladas 47 empresas químicas. El complejo en **Jurong, en Singapore**, que inicio operaciones a fines de los años 70 y actualmente produce más de 60 productos petroquímicos y está considerado entre los 10 complejos petroquímicos más grandes del mundo.

Algo parecido debería suceder en el caso de instalarse la petroquímica en el Perú, las materias primas provenientes de los yacimientos del Sur del Perú como el metano, etano, propano, butano, etc., deben confluir e integrarse progresivamente en el tiempo en un solo lugar para desarrollar las operaciones químicas conducentes a su transformación. De esta forma, promover las sinergias, las economías de escala, las economías de aglomeración y alcance, fomentar la integración empresarial e inversión, creando un cluster para producir muchos productos químicos y competir en el mundo.

Esta condición para la creación de una industria petroquímica implica que de los cuatro (4) lugares propuestos en la zona sur del Perú, uno de ellos debería de convertirse en un gran complejo petroquímico.

En esta tercera etapa, también deberán realizarse otros estudios técnicos exhaustivos, aunque, dos criterios serán determinantes: los accesos a los mercados destino y el transporte de la materia prima.

En el caso de las distancias a los mercado, la Tasa Global de Integración estimada esta en el orden del 42% (cuadro N° 5.12 - referencia año 2017, 1° año de operación), esto significa que inicialmente más de la mitad de los productos petroquímicos deberán ser exportados, siendo los mercados regionales naturales Chile, Colombia, Ecuador y Bolivia, países importadores de estos productos. Esto significa que el lugar elegido debe permitir una eficiencia en el transporte y distribución de productos.

Respecto al traslado de las materias primas hasta el lugar donde se ubica el complejo petroquímico, debe realizarse mediante gasoducto y ducto, para lo cual la cantidad de materia prima o caudal a transportar, así como la longitud y recorrido, definirán los costos de transporte de materia prima, favoreciendo finalmente a un lugar u otro.

### **5.9 Precios de la materia prima etano**

La materia prima es el factor de competitividad basada en costos más importante, así lo demuestra el hecho que las grandes compañías petroquímicas se desplacen a aquellos lugares del mundo donde ofrecen la materia prima con significativas ventajas en costos.

En el apartado 3.1.1.2 se identificaron las dos zonas del mundo con los precios más bajos para el etano como son: primero el Medio Oriente y en segundo lugar los Estados Unidos.

En el Medio Oriente destaca Arabia Saudita, país en el cual la Empresa Estatal Saudi Aramco ha estado ofreciendo bajo contratos de largo plazo etano a un precio de 0.75 US\$/MMbtu (37 US\$/TM), se espera que en nuevos proyectos petroquímicos el precio del etano se eleve a 1.5 US\$/MMbtu. Otros países de la zona como Qatar y Emiratos Árabes Unidos (UAE) ofrecen el etano a precios en el rango de 1.25 US\$/MMbtu a 1.5 US\$/MMbtu. Ver figura N° 5.4.

FIGURA N° 5.4

MEDIO ORIENTE - PRECIOS DEL ETANO PARA PETROQUÍMICA



Fuente: Elaboración propia

La segunda zona del mundo con el cash cost mas bajo es Estados Unidos y Canadá, los cuales utilizan etano como materia prima en sus crackers para producir etileno. En el caso de Estados Unidos, al culminar el año 2011 [152] su cash cost fue de 600 US\$/TM, con un costo estimado del etano en 4US\$ -5US\$/MMBTU (240 US\$/TM).

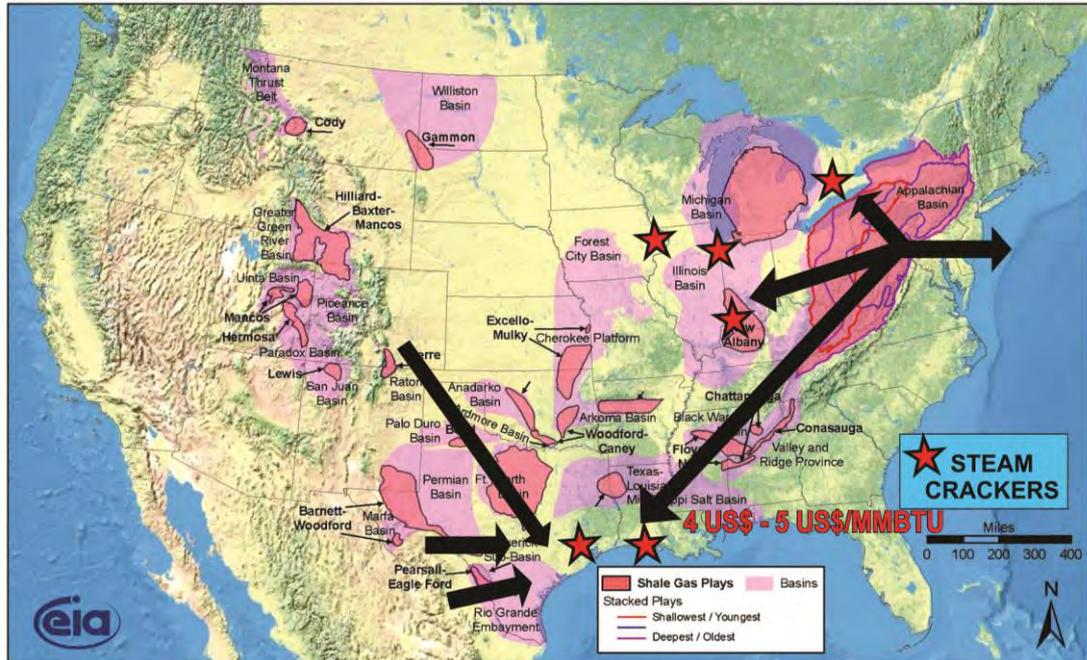
La abundancia de etano y propano con origen en las áreas con shale gas tales como Barnett, Eagle Ford (ambos en Texas) y Marcellus (West Virginia), han interesado a las compañías petroquímicas (Formosa Plastic, Chevron Phillips, Dow Chemical, Shell, entre otras) para instalar plantas de steam cracking para producir etileno y plantas de deshidrogenación para producir propileno.

Actualmente, la capacidad instalada para producir etileno en los Estados Unidos es de 26.6 MMTM/año, se estima que estas empresas expandan para el año 2017 en 7.6 MM TM/año de capacidad de etileno, representando un 28 % adicional.

De acuerdo a lo anunciado por las empresas antes mencionadas, tienen el interés en instalarse en Texas (por su cercanía a los campos Barnett, Eagle Ford), Pennsylvania, West Virginia u Ohio (por su cercanía al campo Marcellus). La figura N° 5.5 toma como referencia la ubicación de los campos de shale gas y direcciona los posibles lugares donde se instalen plantas de steam cracking.

FIGURA N° 5.5

LUGARES PARA LA INSTALACIÓN DE STEAM CRACKING EN LOS ESTADOS UNIDOS CON ORIGEN EN EL ETANO DEL SHALE GAS

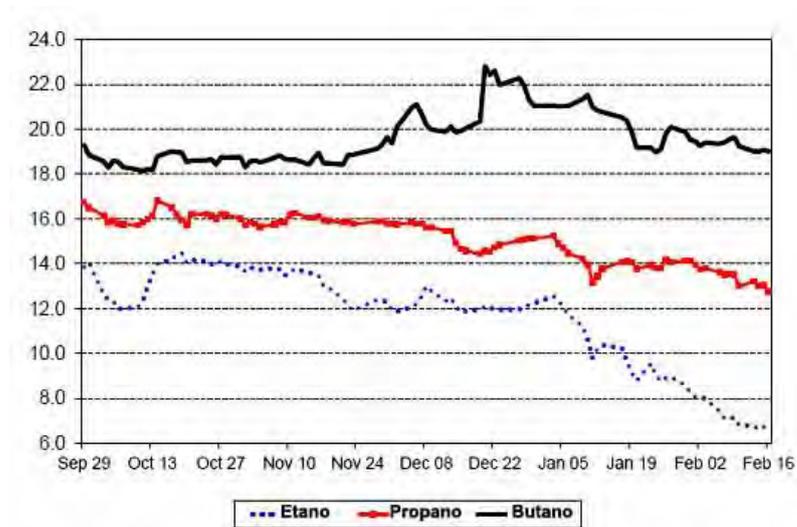


Fuente: Energy Information Administration (EIA) + Elaboración propia

Se estima que debido a la abundancia de líquidos obtenidos a partir del shale gas los precios del etano y propano continuarán disminuyendo por debajo de los precios actuales, tal como muestra la figura N° 5.6, años 2011 y 2012.

FIGURA N° 5.6 – PRECIOS DEL ETANO, PROPANO Y BUTANO

Año vs US\$/MMBtu



Fuente: IHS Chemical

En el Perú, están establecidos precios en boca de pozo cuando el gas natural seco es utilizado como insumo energético, todavía no ha sido definido en este punto de transferencia un precio para uso petroquímico, respecto del gas natural seco, etano, propano o los líquidos del gas natural. Ver cuadro N° 5.13.

CUADRO N° 5.13 PRECIOS EN BOCA DE POZO DEL GAS NATURAL COMO INSUMO ENERGÉTICO Y QUÍMICO - 2011

USO	CLIENTE	PRECIO EN BOCA DE POZO US\$/MMbtu
INSUMO ENERGÉTICO	GENERADOR ELÉCTRICO	1.7
	INDUSTRIAS NACIONALES	2.95
	Otros Clientes (GNV)	0.8
INSUMO QUÍMICO	PETROQUÍMICA	ACUERDO ENTRE PARTES

En el caso de la Ley de Etano N° 29690, en el artículo 4° establece que los productores de gas natural, las concesionarias de transporte y los consumidores de etano se ponen de acuerdo en los términos y condiciones bajo los cuales operan los suministros de dicho producto al amparo de la presente Ley. A dicho efecto, los precios a fijarse deben de considerar los costos para la obtención del etano. Ante la falta de acuerdo entre las partes, el OSINERGMIN actúa como dirimente considerando los criterios técnicos necesarios.

De la Ley se deduce que los tres aspectos básicos para determinar el precio del etano a partir del gas natural son:

- El costo de extracción del gas natural suministrado por los Productores del gas natural. En esta etapa el etano es un componente más del gas natural.
- Los costos de separación del etano del gas natural
- El costo de transporte

La cantidad de gas natural para desarrollar una petroquímica de escala mundial a partir del etano y propano son grandes (producir un mínimo diario de 1400 MMPCD de gas natural para obtener 1.5 MM TM/año de etano) tal como se demuestra en los cuadros N° 5.10 y 5.11.

Para cubrir estos volúmenes mínimos indicados en el párrafo anterior son necesarios los suministros desde los lotes 56, 88, 57 y 58, esto implicará que se deba construir una infraestructura adecuada (sistema de recolección) para acopiar el gas natural desde estos lotes al gasoducto y ducto. Sin embargo, en este punto surge una primera diferencia entre los lotes 56 y 88, con los lotes 57 y 58.

Respecto a los lotes 56 y 88, en 1984 la empresa Shell descubre estos yacimientos, posteriormente y en una segunda etapa del proyecto que corresponde a poner en valor el gas natural, por distintos motivos (que no analiza el presente trabajo) la Shell-Mobil decide irse definitivamente, revirtiendo el integro de las reservas probadas de estos lotes al Estado Peruano, sin costo alguno. Esta situación de origen, es la causa principal para que actualmente los precios del gas natural en boca de pozo provenientes de Camisea sean relativamente bajos, al no considerar en su estructura de costos la inversión por las actividades realizada hasta determinar las reservas probadas del gas natural.

En el caso de los lotes 57 y 58, una vez en producción, deben de considerar esta inversión, por lo que tendrán unos precios en boca de pozo superiores al de los lotes 56 y 88. Es decir, los lotes 56 y 88 entregarán un flujo de gas más barato que los lotes 57 y 58.

Otro aspecto importante a considerar son los precios internacionales de referencia para el etano. En el caso del Medio Oriente (figura N° 5.4), sus empresas productoras de origen estatal ofrecen en contratos de largo plazo, el etano para petroquímica, en el rango de 1.25 a 1.5 US\$/MMbtu.

El mercado spot en Mont Belvieu, Texas, Estados Unidos, en diciembre del 2011 tuvo un valor referencial de 0.8 US\$/galón (12 US\$/MMbtu) y en marzo del 2012 un valor de 0.4 US\$/galón (6 US\$/MMbtu), continuando con una fuerte tendencia a la baja. Ver figura N° 5.6.

Esta situación de bajos precios de materia prima en estos dos lugares del mundo definitivamente hacer menos rentable o atractivo los proyectos petroquímicos en el país.

Las condiciones antes mencionadas indican que los interesados como son: los productores, transportistas y consumidores del etano y propano (incluido el Estado Peruano si participa en el join-venture) deben ponerse de acuerdo para lograr un precio estable y atractivo en el largo plazo para implementar exitosamente la petroquímica en el Perú.

### **5.10 Importancia de la petroquímica en el Perú**

Anteriormente ha sido mencionado que la industria petroquímica es considerada estratégica debido a que contribuye a la industrialización de un país, porque unido a otros sectores industriales conforman eslabones productivos para obtener productos de alto valor agregado.

Otra ventaja es que la industria petroquímica provee con sus productos a otros sectores industriales, promoviendo la creación de nuevas empresas y muchos puestos de trabajo. Permite la sustitución de productos petroquímicos importados por una producción propia, exportando la producción restante.

Entre los efectos económicos favorables correspondiente a una primera etapa de instalación de un complejo petroquímico en el sur del Perú están:

- El ahorro en divisas de unos 800 MM US\$/año por sustitución de las importaciones de poliolefinas (cuadro N° 1.11), y exportaciones en el orden de los 1000 MM de US\$/año.
- Inversión en una primera etapa por 6,000 MM US\$ en plantas petroquímicas (cuadro N° 2.8), más sistema de transporte, plantas de separación, infraestructura y logística, hacen un estimado de 10,000 MM US\$.
- Generación de 1,100 puestos de trabajo directos en planta y 2000 puestos de trabajo indirectos, total 3100 puestos (referencia Petroquímica de Bahía Blanca Argentina). Adicionalmente, 8,000 puestos de trabajo en la industria transformadora de plástico.
- Un impacto del 1.5 en el PBI en el periodo de construcción de las plantas.
- En lo social, un desarrollo industrial más proporcional en el territorio nacional con incremento de la calidad y nivel de vida.

## CUARTO RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

En el apartado 2.2 del presente trabajo se mencionó que dos de los factores de competitividad más importantes en la industria de plásticos son:

- La competitividad de la industria petroquímica a través de la oferta de sus productos
- La capacidad de innovación de las empresas transformadoras de plásticos

En el apartado 2.3.1 se presentó una metodología para la medición de la innovación y en el apartado 3.3 los conceptos de la innovación. En consideración a todo este desarrollo se elaboró una encuesta compuesta de 52 preguntas para medir la capacidad de innovación. En el **anexo N° 4** están los detalles de la encuesta.

### 5.11 Medición de la capacidad de innovación de las empresas de plásticos

#### 5.11.1 Aplicación de la metodología y encuesta para hallar Índice de Innovación Potencial -IIP

Se aplicó la metodología sobre medición de la innovación expuesta en el apartado 2.3.1 a cuatro empresas de plásticos ubicados en la ciudad de Lima que contestaron la encuesta. Las 02 primeras empresas encuestadas corresponden a la categoría de MEDIANA empresa, y las dos últimas a la categoría de PEQUEÑA empresa

En aplicación a la metodología y respuesta a la encuesta se tiene el cuadro N° 5.14 con los siguientes resultados:

CUADRO N° 5.14

#### APLICACIÓN METODOLOGÍA - RESULTADOS POR EMPRESA

EMPRESA N° 1 - MEDIANA EMPRESA						
N°	Prácticas o atributos de la Innovación	Preguntas de la Encuesta (Sub-prácticas)	Rpta Positiva a la Encuesta (Sub-práctica observable)	Grado de desarrollo del atributo SubpObservable/ Subpácticas (p <sub>i</sub> ) Puntaje del atributo	Peso del Atributo o Práctica (w <sub>i</sub> )	$\Sigma(w_i * p_i) / \Sigma w_i$
1	Concepción	12	8	0.67	38	0.253
2	Gestión del proyecto	4	4	1.00	3	0.030
3	Estrategia integrada	5	2	0.40	20	0.080
4	Gestión Portafolio	4	1	0.25	1	0.003
5	Retroalimentación del proceso	3	0	0.00	10	0.000
6	Organización de las tareas	3	1	0.33	2	0.007
7	Asignación de competencias	2	0	0.00	1	0.000
8	Motivación para la innovación	4	2	0.50	2	0.010
9	Aprendizaje colectivo	3	0	0.00	4	0.000
10	Memorización nuevo conocimiento	2	0	0.00	2	0.000
11	Vigilancia tecnológica	3	2	0.67	2	0.013
12	Funcionamiento en red	2	0	0.00	5	0.000
13	Capitalización de ideas	5	1	0.20	10	0.020
		<b>52</b>	<b>21</b>		<b>100.000</b>	
				<b>INDICE DE INNOVACION POTENCIAL (IIP)</b>		<b>0.416</b>

EMPRESA N° 2 - MEDIANA EMPRESA						
N°	Prácticas o atributos de la Innovación	Preguntas de la Encuesta (Sub-prácticas)	Rpta Positiva a la Encuesta (Sub-práctica observable)	Grado de desarrollo del atributo SubpObservable/ Subpácticas (p <sub>i</sub> ) Puntaje del atributo	Peso del Atributo o Práctica (w <sub>i</sub> )	$\Sigma(w_i \cdot p_i) / \Sigma w_i$
1	Concepción	12	9	0.75	38	0.285
2	Gestión del proyecto	4	3	0.75	3	0.023
3	Estrategía integrada	5	2	0.40	20	0.080
4	Gestión Portafolio	4	1	0.25	1	0.003
5	Retroalimentación del proceso	3	2	0.67	10	0.067
6	Organización de las tareas	3	1	0.33	2	0.007
7	Asignación de competencias	2	2	1.00	1	0.010
8	Motivación para la innovación	4	3	0.75	2	0.015
9	Aprendizaje colectivo	3	3	1.00	4	0.040
10	Memorización nuevo conocimiento	2	2	1.00	2	0.020
11	Vigilancia tecnológica	3	2	0.67	2	0.013
12	Funcionamiento en red	2	0	0.00	5	0.000
13	Capitalización de ideas	5	4	0.80	10	0.080
		<b>52</b>	<b>34</b>		<b>100.000</b>	
						<b>INDICE DE INNOVACIÓN POTENCIAL (IIP)</b>
						<b>0.642</b>

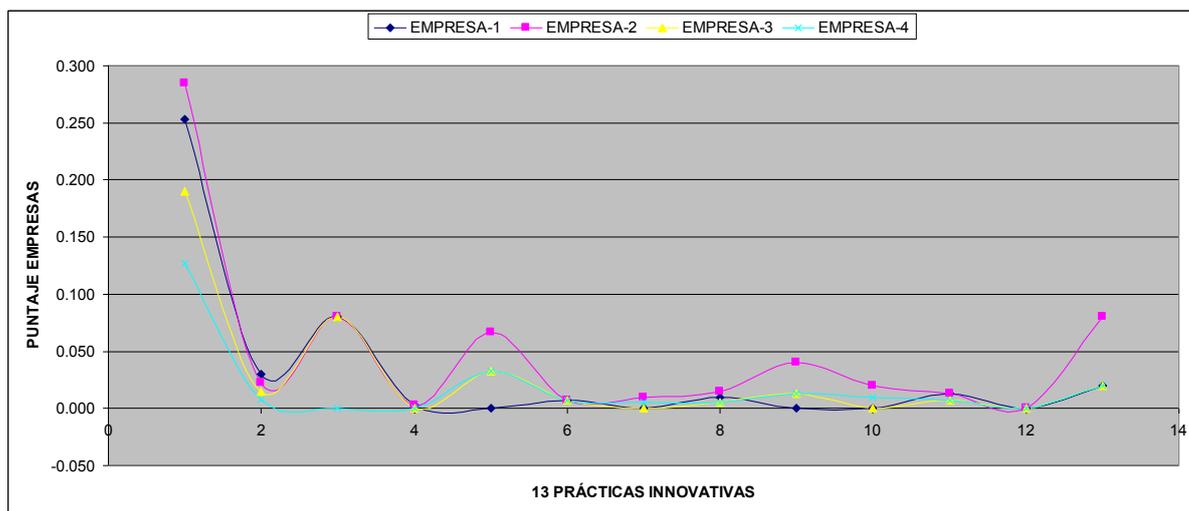
EMPRESA N° 3 - PEQUEÑA EMPRESA						
N°	Prácticas o atributos de la Innovación	Preguntas de la Encuesta (Sub-prácticas)	Rpta Positiva a la Encuesta (Sub-práctica observable)	Grado de desarrollo del atributo SubpObservable/ Subpácticas (p <sub>i</sub> ) Puntaje del atributo	Peso del Atributo o Práctica (w <sub>i</sub> )	$\Sigma(w_i \cdot p_i) / \Sigma w_i$
1	Concepción	12	6	0.50	38	0.190
2	Gestión del proyecto	4	2	0.50	3	0.015
3	Estrategía integrada	5	2	0.40	20	0.080
4	Gestión Portafolio	4	0	0.00	1	0.000
5	Retroalimentación del proceso	3	1	0.33	10	0.033
6	Organización de las tareas	3	1	0.33	2	0.007
7	Asignación de competencias	2	0	0.00	1	0.000
8	Motivación para la innovación	4	1	0.25	2	0.005
9	Aprendizaje colectivo	3	1	0.33	4	0.013
10	Memorización nuevo conocimiento	2	0	0.00	2	0.000
11	Vigilancia tecnológica	3	1	0.33	2	0.007
12	Funcionamiento en red	2	0	0.00	5	0.000
13	Capitalización de ideas	5	1	0.20	10	0.020
		<b>52</b>	<b>16</b>		<b>100.000</b>	
						<b>INDICE DE INNOVACIÓN POTENCIAL (IIP)</b>
						<b>0.370</b>

EMPRESA N° 4 - PEQUEÑA EMPRESA						
N°	Prácticas o atributos de la Innovación	Preguntas de la Encuesta (Sub-prácticas)	Rpta Positiva a la Encuesta (Sub-práctica observable)	Grado de desarrollo del atributo SubpObservable/ Subpácticas (p <sub>i</sub> ) Puntaje del atributo	Peso del Atributo o Práctica (w <sub>i</sub> )	$\Sigma(w_i \cdot p_i) / \Sigma w_i$
1	Concepción	12	4	0.33	38	0.127
2	Gestión del proyecto	4	1	0.25	3	0.008
3	Estrategía integrada	5	0	0.00	20	0.000
4	Gestión Portafolio	4	0	0.00	1	0.000
5	Retroalimentación del proceso	3	1	0.33	10	0.033
6	Organización de las tareas	3	1	0.33	2	0.007
7	Asignación de competencias	2	1	0.50	1	0.005
8	Motivación para la innovación	4	1	0.25	2	0.005
9	Aprendizaje colectivo	3	1	0.33	4	0.013
10	Memorización nuevo conocimiento	2	1	0.50	2	0.010
11	Vigilancia tecnológica	3	1	0.33	2	0.007
12	Funcionamiento en red	2	0	0.00	5	0.000
13	Capitalización de ideas	5	1	0.20	10	0.020
		<b>52</b>	<b>13</b>		<b>100.000</b>	
						<b>INDICE DE INNOVACIÓN POTENCIAL (IIP)</b>
						<b>0.234</b>

Fuente: Elaboración propia

A continuación se ha elaborado la figura N° 5.7 para graficar las prácticas innovativas con el puntaje, para cada una de las cuatro empresas.

FIGURA N° 5.7  
GRÁFICO COMPARATIVO DE LAS EMPRESAS ENCUESTADAS  
RESPECTO DE LOS PUNTAJES ALCANZADOS



Fuente: Elaboración propia

Las cuatro empresas presentan un mayor interés en el atributo CONCEPCIÓN, logrando un puntaje mayor respecto de sus otras prácticas de innovación.

La empresa N° 2 tiene las mejores prácticas de innovación, destacando (por los picos que presenta el gráfico) la concepción, la estrategia integrada, la retroalimentación del proceso, el aprendizaje colectivo y la capitalización de ideas.

Según la curva presentada por la empresa N° 1, las prácticas de innovación que destacan son la concepción, la estrategia integrada, la retroalimentación del proceso, el aprendizaje colectivo.

A continuación se presenta el cuadro N° 5.15 con los valores de los índices de innovación alcanzados por cada una de las empresas. El promedio alcanzado por el grupo de empresas es de 0.416.

CUADRO N° 5.15  
 ÍNDICES DE INNOVACIÓN POTENCIAL (IIP) PARA CADA EMPRESA

EMPRESA	ÍNDICE DE INNOVACIÓN POTENCIAL (IIP)
01	0.416
02	0.642
03	0.370
04	0.234
Promedio de las empresas ( <b>IIP<sub>promedio</sub></b> )	<b>0.416</b>

Fuente: Elaboración propia

Una vez conocido el puntaje individual de cada empresa y su respectivo Índice de Innovación Potencial (IIP), surge la pregunta ¿Cuál es el nuevo puntaje objetivo que deben alcanzar estas empresas?

Para definir estos nuevos valores se elaboró el cuadro N° 5.16, que consiste en comparar los puntajes obtenidos por cada empresa según la práctica de innovación (ubicados en las columnas) y elegir la práctica de innovación con el puntaje más alto para convertirlo en puntaje objetivo.

Los puntajes alcanzados en las prácticas de innovación por cada empresa constituyen un conocimiento logrado por dicha empresa. Dado que las empresas encuestadas corresponden a un mismo sector industrial, es de suponer que los valores alcanzados por una de las empresas es factible de alcanzar por la otra o viceversa.

Por ejemplo, de las 4 empresas encuestadas, el puntaje más alto en la práctica CONCEPCIÓN corresponde a la empresa 2, con un valor de 0.285. Esto significa, que las otras tres empresas por lo menos deben de fijarse el objetivo de mejorar sus sub-prácticas de innovación respectivos para lograr este puntaje.

Otro ejemplo, es la empresa N° 1 que en la práctica GESTIÓN DEL PROYECTO tiene el más alto puntaje con un valor de 0.03. Esto significa, que las otras tres empresas por lo menos deben de fijarse el objetivo de mejorar sus sub-prácticas de innovación respectivos para lograr este puntaje.

CUADRO N° 5.16 PUNTAJE OBJETIVO ALCANBLE POR LAS 4 EMPRESAS SOBRE LA BASE DEL MEJOR PUNTAJE EN LA PRÁCTICA DE INNOVACIÓN

PUNTAJE OBJETIVO VS PUNTAJES OBTENIDOS						
N°	Prácticas de innovación (pi)	PUNTAJE OBJETIVO	Puntaje obtenido Empresa 1	Puntaje obtenido Empresa 2	Puntaje obtenido Empresa 3	Puntaje obtenido Empresa 4
1	Concepción	0.285	0.253	0.285	0.190	0.127
2	Gestión del proyecto	0.030	0.030	0.023	0.015	0.008
3	Estrategía integrada	0.080	0.080	0.080	0.080	0.000
4	Gestión Portafolio	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000
5	Retroalimentación del proceso	0.067	0.000	0.067	0.033	0.033
6	Organización de las tareas	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
7	Asignación de competencias	0.010	0.000	0.010	0.000	0.005
8	Motivación para la innovación	0.015	0.010	0.015	0.005	0.005
9	Aprendizaje colectivo	0.040	0.000	0.040	0.013	0.013
10	Memorización nuevo conocimiento	0.020	0.000	0.020	0.000	0.010
11	Vigilancia tecnológica	0.013	0.013	0.013	0.007	0.007
12	Funcionamiento en red	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	Capitalización de ideas	0.080	0.020	0.080	0.020	0.020
		<b>0.650</b>	<b>0.416</b>	<b>0.640</b>	<b>0.370</b>	<b>0.234</b>

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo este criterio se conformaron los puntajes objetivos para cada práctica de innovación, y el puntaje promedio objetivo que deben alcanzar las empresas es de 0.65. Es un valor superior a los valores obtenidos por cualquiera de las empresas encuestadas, dicho valor puede ser alcanzado en base a la aplicación de conocimientos y prácticas que puedan ir implementando para mejorar la innovación.

### 5.11.2 Identificación de las empresas según la visión de su futuro

Godet y Roubelat [153] indican que en el enfrentamiento a los nuevos cambios dramáticos, las organizaciones no solo deben de ser reactivas y preactivas, deben ser proactivas y así unirse a la anticipación y acción. En esta perspectiva las compañías pueden clasificarse en 4 tipos según la visión de su futuro. Estas se indican a continuación: proactivo, preactivo, reactivo, pasivo.

- **Proactivo** Es la empresa más dinámica y ofensiva, porque causa los cambios deseados con una visión de largo plazo. Trabaja en la dirección de crear ambientes deseados.

- **Preactivo** Es una empresa que no causa los cambios, pero se enfrenta y anticipa a ellos creando escenarios y estrategias preventivas. Es una empresa ofensiva y dinámica, pero su visión estratégica es a mediano plazo.

- **Reactivo** Es una empresa que espera los cambios y reacciona solo a eventos externos, estas empresas no tienen escenarios claros. Su visión estratégica es de corto plazo y posición defensiva.

- **Pasivo** Esta empresa va detrás de los cambios, tiene una posición defensiva y se aferra a medios para sobrevivir.

Seguidamente se presenta el cuadro N° 5.17 que ejemplifica las actitudes hacia el futuro de las empresas y su relación con la innovación y específicamente a través del Índice de Innovación Potencial (IIP).

CUADRO N° 5.17  
EL INDICE DE INNOVACIÓN POTENCIAL (IIP) Y SU RELACIÓN CON LAS EMPRESAS SEGÚN SU VISIÓN DE FUTURO

ACTITUD	RANGO IIP
Pasiva	0.100 – 0.300
Reactiva	0.310 - 0400
Preactiva	0.410 – 0.590
Proactiva	0.600 – 1.000

Fuente: (133) - Elaboración propia

Relacionando la visión de futuro o actitud ante los cambios de las empresas indicadas en el cuadro anterior con los valores de IIP logrados por cada una de las empresas encuestadas, se elaboró cuadro N° 5.18 obteniendo el siguiente clasificatorio:

CUADRO N° 5.18  
LAS EMPRESAS SEGÚN SU VISIÓN DE FUTURO Y LA IIP

ACTITUD	RANGO	EMPRESA
Proactiva	0.600 – 1.000	Empresa-2 – [0.650]
Preactiva	0.410 – 0.590	Empresa-1 – [0.416]
Reactiva	0.310 - 0400	Empresa-3 – [0.370]
Pasiva	0.100 – 0.300	Empresa-4 – [0.234]

Fuente: Elaboración propia

Al respecto, la empresa N° 2 respondió en la encuesta que ingresaron al mercado más de un producto nuevo o mejorado en el periodo 2009-2011 y antes que cualquiera de sus competidores. Por lo tanto esta es una empresa que lidera el cambio.

La empresa N° 1 respondió en la encuesta que ingresaron al mercado más de un producto nuevo o mejorado en el periodo 2009-2011 y antes que cualquiera de sus competidores. Pero presenta debilidades en sus otras prácticas de innovación, por lo que aparece en la condición de preactiva.

La empresa N° 3 respondió en la encuesta que ingresaron al mercado más de un producto nuevo o mejorado en el periodo 2009-2011 pero después que sus competidores. Presenta debilidades en sus otras prácticas de innovación, por lo que aparece en la condición de reactiva.

La empresa N° 4 respondió en la encuesta que no ingresaron al mercado ningún producto nuevo o mejorado en el periodo 2009-2011, sus esfuerzos de innovación están dirigidos a colocar productos después que sus competidores y en periodos más largos a los tres años. Presenta debilidades en sus otras prácticas de innovación, por lo que aparece en la condición de pasiva.

### **5.11.3 Aplicación de la metodología para hallar Índice de Innovación Potencial con Efecto Límite $IIP_{EF}$**

En la encuesta no se ha preguntado a las empresas sobre el periodo de tiempo que vienen aplicando las subprácticas de la innovación que han implementado, tampoco sobre la profundidad de conocimiento, habilidad, destreza y efectividad al aplicarlo en sus procesos de innovación, tampoco de la integración y sinergías entre todas las prácticas de innovación.

Sobre la base de cada valor de la práctica de innovación y por aplicación de modelos matemáticos se hallará este valor. Este nuevo índice es el Índice de Innovación Potencial con Efecto Límite o  $IIP_{EF}$ .

El cuadro N° 5.19 es el resultado de la aplicación a las cuatro empresas de la metodología sobre medición de la innovación expuesta en el apartado 2.3.1.

CUADRO N° 5.19 - CUADRO COMPARATIVO IIP y IIP<sub>EF</sub> PARA CADA UNA DE LAS CUATRO EMPRESAS

<b>EMPRESA N° 1 CALCULO DE IIP E IIP<sub>EF</sub></b>					
<b>Práctica</b>	<b>Preguntas de la Encuesta</b>	<b>Respuestas Positivas a la Encuesta</b>	<b>Valor de la Práctica (P)</b>	<b>IIP</b>	<b>IIP<sub>EF</sub></b>
1	12	8	0.667	0.253	0.256
2	4	4	1.000	0.030	0.030
3	5	2	0.400	0.080	0.120
4	4	1	0.250	0.003	0.004
5	3	0	0.000	0.000	0.000
6	3	1	0.333	0.007	0.011
7	2	0	0.000	0.000	0.000
8	4	2	0.500	0.010	0.014
9	3	0	0.000	0.000	0.000
10	2	0	0.000	0.000	0.000
11	3	2	0.667	0.013	0.016
12	2	0	0.000	0.000	0.000
13	5	1	0.200	0.020	0.021
<b>SumaTotal</b>	<b>52</b>	<b>21</b>		<b>0.416</b>	<b>0.472</b>

<b>EMPRESA N° 2 CALCULO DE IIP E IIP<sub>EF</sub></b>					
<b>Práctica</b>	<b>Preguntas de la Encuesta</b>	<b>Respuestas Positivas a la Encuesta</b>	<b>Valor de la Práctica (P)</b>	<b>IIP</b>	<b>IIP<sub>EF</sub></b>
1	12	9	0.750	0.285	0.285
2	4	3	0.750	0.023	0.022
3	5	2	0.400	0.080	0.120
4	4	1	0.250	0.003	0.004
5	3	2	0.667	0.067	0.067
6	3	1	0.333	0.007	0.011
7	2	2	1.000	0.010	0.010
8	4	3	0.750	0.015	0.016
9	3	3	1.000	0.040	0.040
10	2	2	1.000	0.020	0.020
11	3	2	0.667	0.013	0.016
12	2	0	0.000	0.000	0.000
13	5	4	0.800	0.080	0.079
<b>SumaTotal</b>	<b>52</b>	<b>34</b>		<b>0.642</b>	<b>0.691</b>

EMPRESA N° 3 CALCULO DE IIP E IIP <sub>EF</sub>					
Práctica	Preguntas de la Encuesta	Respuestas Positivas a la Encuesta	Valor de la Práctica (P)	IIP	IIP <sub>EF</sub>
1	12	6	0.500	0.190	0.190
2	4	2	0.500	0.015	0.015
3	5	2	0.400	0.080	0.120
4	4	0	0.000	0.000	0.000
5	3	1	0.333	0.033	0.032
6	3	1	0.333	0.007	0.011
7	2	0	0.000	0.000	0.010
8	4	1	0.250	0.005	0.009
9	3	1	0.333	0.013	0.040
10	2	0	0.000	0.000	0.020
11	3	1	0.333	0.007	0.011
12	2	0	0.000	0.000	0.000
13	5	1	0.200	0.020	0.021
<b>SumaTotal</b>	<b>52</b>	<b>16</b>		<b>0.370</b>	<b>0.479</b>

EMPRESA N° 4 CALCULO DE IIP E IIP <sub>EF</sub>					
Práctica	Preguntas de la Encuesta	Respuestas Positivas a la Encuesta	Valor de la Práctica (P)	IIP	IIP <sub>EF</sub>
1	12	4	0.333	0.127	0.123
2	4	1	0.250	0.008	0.007
3	5	0	0.000	0.000	0.000
4	4	0	0.000	0.000	0.000
5	3	1	0.333	0.033	0.032
6	3	1	0.333	0.007	0.011
7	2	1	0.500	0.005	0.010
8	4	1	0.250	0.005	0.009
9	3	1	0.333	0.013	0.040
10	2	1	0.500	0.010	0.020
11	3	1	0.333	0.007	0.011
12	2	0	0.000	0.000	0.000
13	5	1	0.200	0.020	0.021
<b>SumaTotal</b>	<b>52</b>	<b>13</b>		<b>0.234</b>	<b>0.284</b>

Fuente: Elaboración propia

El cuadro N° 5.20, es un resumen que relaciona a las empresas con los respectivos Índices de Innovación hallados.

En el **anexo N° 5** se muestra los cálculos para el IIP e IIP<sub>EF</sub>.

CUADRO N° 5.20

LAS EMPRESAS Y SUS RESPECTIVOS ÍNDICES DE INNOVACIÓN

EMPRESAS	IIP	IIP <sub>EF</sub>
EMPRESA-1	0.416	0.472
EMPRESA-2	0.642	0.691
EMPRESA-3	0.370	0.479
EMPRESA-4	0.234	0.284

La aplicación de las prácticas de innovación en el tiempo permitirá a las empresas encuestadas tener un mejor conocimiento y dominio de dichas prácticas mejorando su IIP según el cuadro N° 5.20.

**5.11.4 Otros resultados de la encuesta**

Algunas precisiones realizadas por las empresas encuestadas:

- Una de ellas tiene un área destinada específicamente para el diseño o concepción de nuevos productos. Así mismo, 03 de las empresas informan que en periodo de tres años han logrado ingresar nuevos productos y 02 empresas han mejorado sus procesos de producción.
- Respecto a las barreras que obstaculizan o generan abandono de actividades de innovación (dentro del periodo de tres años) una de las empresas indica que la falta de espacio ha limitado su desarrollo innovador. Otra indica que no registra abandono en sus proyectos de innovación. Las pequeñas empresas han abandonado sus proyectos de innovación por falta de presupuesto, falta de competencias de su personal o porque no hallaron consultor externo.
- Las 04 empresas indican que el grado de innovación en sus productos es del tipo incremental.
- Entre sus fuentes para la generación de ideas están las revistas técnicas, los clientes, proveedores, productos de los competidores, la visita a ferias y congresos técnicos.

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES**

**6.1** Respecto a la hipótesis planteada en el capítulo IV, se concluye que es posible medir las variables independientes como son la competitividad de la industria petroquímica (medición cualitativa) y la capacidad de innovación de las empresas de plásticos (medición cuantitativa).

La competitividad de la industria petroquímica es un factor clave en la competitividad de la industria de plásticos porque una industria petroquímica competitiva entregará productos petroquímicos (materia prima para la industria de plásticos) a precios asequibles, con una calidad de producto apropiada, con bajos costos de entrega, de forma oportuna, fiable y continua en el tiempo.

Así mismo, la innovación genera nuevos o mejorados productos y procesos con éxito comercial en el mercado, que hacen que una industria como la de plásticos con una capacidad de innovación adecuada, continúe el consumo de materias primas y mantenga o mejore su posición en el mercado.

De esta forma se establece una causalidad entre la competitividad de la industria petroquímica y la innovación de la industria de plásticos, como factores importantes para la integración de la cadena de plásticos en el Perú.

**6.1.1** Producto del análisis de varios artículos técnicos indicados en la bibliografía se identificó catorce (14) factores de competitividad aplicables a la industria petroquímica. Para su mejor entendimiento la presente investigación los ha dividido en factores de competitividad basada en costos y factores de competitividad para un crecimiento sostenido. El cuadro N° 5.3 presenta estos factores y sus respectivos objetivos.

También se efectuó un análisis comparativo entre los factores de competitividad explicados en el cuadro N° 5.3 y los establecidos en la Ley y Reglamentación nacional aplicado a petroquímica, obteniéndose el cuadro N° 5.5. El apartado 5.4 presenta las principales diferencias por completar.

Entre lo más resaltante está la falta de reglamentación respecto a la innovación, la diversificación de las materias primas y productos, la forma en que deberá la petroquímica integrarse a otros sectores industriales nacionales o la integración del downstream.

**6.1.2** Respecto a la segunda variable independiente de la hipótesis planteada puede concluirse que si es posible hallar un indicador de los procesos de innovación para las empresas del sector de plásticos del Perú.

Este indicador denominado **Índice de Innovación Potencial (IIP)** permite medir la capacidad de innovación de una empresa y su comparabilidad con otras empresas del sector industrial.

El Índice de Innovación Potencial (IIP) genera valores en el rango [0 – 1] correspondiendo al valor cero ninguna capacidad de innovación y al valor 1 total capacidad de innovación. Así mismo, mide específicamente lo siguiente:

- Capacidad de innovación de una empresa y su comparabilidad con otras **IIP**
- La capacidad de innovación promedio para un grupo de empresas **IIP<sub>promedio</sub>**
- El grado de aplicación y sinergia de las prácticas de innovación **IIP<sub>EF</sub>**
- Clasificar a las empresas según su visión de futuro **Rango IIP**

Adicionalmente, la encuesta ofrece información sobre las barreras que obstaculizan o generan abandono de actividades de innovación, el grado de innovación del producto o proceso, fuentes para la generación de ideas, grado de capacitación del personal relacionado a innovación, entre otros, como se indica en el apartado 5.11.4.

**6.2** Otro aspecto resaltante de la investigación es la **tasa de integración** como medida de los **modelos petroquímicos** exportador, intermedio y doméstico. Los modelos petroquímicos constituyen una herramienta útil que ayuda a entender:

- El modelo de industria petroquímica que desea desarrollar o está desarrollando un país
- El valor agregado que viene alcanzando el hidrocarburo y
- El grado de integración de la cadena petroquímica nacional.

La **tasa de integración (TI)** relaciona la demanda interna con la oferta interna de productos petroquímicos provenientes del complejo petroquímico nacional, e identifica al modelo petroquímico.

Se concluye que este indicador **TI** cuantifica el grado de integración de la cadena petroquímica. Este se aplicó al caso del Perú, para lo cual se consideró tamaños de planta máximos que pueden instalarse y proyecciones de consumo de productos petroquímicos. Esta información permitió realizar una proyección hipotética para el primer año de operación del complejo petroquímico a producción máxima, obteniéndose **una tasa de integración del 42%** que corresponde a un modelo intermedio, y para el décimo año de producción **una tasa de integración del 75%** que corresponde todavía a un modelo intermedio, pero cerca del doméstico.

Así mismo, otra posible utilidad para el indicador es la identificación de políticas de desarrollo e incentivos para orientarse hacia un modelo petroquímico determinado.

**6.3** El presente trabajo de investigación identificó en el apartado 1.2 como problema general la ausencia de integración de la cadena de valor de la petroquímica en el Perú. Así mismo, en el apartado 1.4 como objetivo general la identificación de factores que ayuden a integrar la cadena petroquímica del plástico para incrementar el valor agregado de los hidrocarburos producidos en el país.

Se concluye que es posible la aplicación de los factores indicados en el cuadro N° 6.1 como integradores de la cadena petroquímica de plásticos.

CUADRO N° 6.1

FACTORES PARA LA INTEGRACIÓN DE LA CADENA PETROQUÍMICA

1	Competitividad de la industria petroquímica	08 basado en costos y 06 para un crecimiento sostenido. Total 14 factores de competitividad
2	Grado de integración de la cadena petroquímica según modelo petroquímico: exportador, intermedio y doméstico	TI
3	Medición de la capacidad de innovación en sector de plásticos	IIP IIP <sub>promedio</sub> IIP <sub>EF</sub> Rango IIP

**6.4** El precio de la materia prima es el factor de competitividad basada en costos más importante. Al respecto, hay dos lugares del mundo donde la materia prima se ofrece con una significativa ventaja de costos, el Medio Oriente y Estados Unidos de América.

En el caso del Medio Oriente, Arabia Saudita ofrece para proyectos petroquímicos nuevos el etano al precio de 1.25 US\$/MMbtu y Estados Unidos debido al efecto del shale gas en el orden de 4 US\$ - 5 US\$/MMbtu.

Esta situación de bajos precios de materia prima en estas dos zonas del mundo hace menos atractivos los proyectos petroquímicos en otras partes del mundo que no cuenten con esta ventaja de costos.

En el caso del Perú y tal como se verifica en el cuadro N° 1.19 la mayor importación de poliolefinas en términos porcentuales proviene de USA y en menor proporción del Medio Oriente. Por esta razón, es muy importante que los interesados como pueden ser: los productores, transportistas y consumidores del etano y propano (incluido el Estado Peruano si participa en el join-venture) deben ponerse de acuerdo para lograr un precio atractivo y estable en el largo plazo para implementar exitosamente la petroquímica en el país.

**6.5** Este trabajo concluye que la ubicación del complejo petroquímico debe ser en un solo lugar del sur del Perú. En esta única ubicación geográfica deben llegar el metano, etano, propano, otros hidrocarburos y químicos, para maximizar el valor de cada uno de ellos, así como, de los subproductos o corrientes residuales que se forman en el proceso de transformación hacia productos finales.

Esta concepción aplicada desde un inicio permitirá trabajar con varias materias primas y diversificar los productos finales. Permitirá también la integración de procesos, servicios, energía, logística, inversiones, empresas, gestión integrada (de la producción, compras, contratos, seguridad industrial y medioambiente, mantenimiento, etc). De esta forma, se garantizará en el tiempo el crecimiento del polo petroquímico.

Así lo demuestran los complejos petroquímicos de Amberes – Bélgica (más de 300 productos producidos y más de 400 empresas químicas instaladas), Tarragona – España (más de 70 productos y más de 47 empresas químicas instaladas), Jurong – Singapore (más de 60 productos y más de 50 empresas químicas instaladas).

**6.6** De la investigación realizada, puede concluirse que si después de 25 a 30 años de iniciado la producción en el complejo petroquímico (periodo de referencia para el éxito de la petroquímica en Jurong y Tarragona) se logra producir muchos productos petroquímicos con la integración de muchas empresas petroquímicas (Ejemplo, más de 60 productos producidos y más de 50 empresas químicas instaladas); con un grado de integración del tipo doméstico (más del 80% de los commodities petroquímicos producidos continúan su transformación en el mercado nacional), será un indicativo que la petroquímica se ha desarrollado adecuadamente en el Perú.

## CAPITULO V

### RECOMENDACIONES

**7.1** La identificación de los 14 factores de competitividad se realizó sobre la base de un conjunto de artículos técnicos revisados, los cuales están mencionados en la bibliografía. Por lo tanto, se recomienda continuar investigando en más artículos técnicos y textos apropiados la identificación de más factores de competitividad de manera que vayan conformando un conjunto más completo que ayude a implementar y mantener en el mercado a la industria petroquímica.

**7.2** En referencia a la tasa de integración (TI) como medida del modelo petroquímico, la presente investigación no ha definido valores de TI que limiten cuando termina un modelo y cuando empieza el otro. Por lo que se recomienda continuar investigando en la definición de los límites de TI sobre la base del máximo beneficio económico que puede ofrecer cada modelo petroquímico

**7.3** Respecto de las encuestas para hallar los Índices de Innovación, esta se aplicó solo a cuatro empresas del sector de plásticos. Esto permitió conocer la aplicación de la metodología para determinar la capacidad de innovación de las empresas.

El universo de las empresas de plásticos en el Perú sobrepasa las 800, si se aplican las formulas estadísticas, la muestra representativa supera a las 160 empresas. Es decir, tendría que aplicarse la encuesta a 160 empresas de plásticos para lograr un Índice de Innovación Potencial representativo. Por lo tanto se recomienda realizar la encuesta con el apoyo de las autoridades competentes y el soporte económico adecuado.

**7.4** Una vez instalada la industria petroquímica en el Perú es recomendable correlacionar cuantitativamente las dos variables independientes como son la competitividad de la industria petroquímica y la innovación de las empresas de plásticos, para establecer con mayor precisión la incidencia de cada una de ellas en la integración de la cadena petroquímica de plásticos.

## 7.5 Recomendaciones para avanzar el proyecto petroquímico peruano

### ▪ 7.5.1 Las Materias Primas

Acelerar los procesos para la certificar reservas en los lotes 57 y 58

Acuerdo en la definición de precios en boca de pozo entre los productores de los lotes 56, 88, 57 y 58, quienes entregaran el etano y propano para petroquímica. De ser necesario el Estado Peruano debe apoyar para que se logre el acuerdo.

Promover contratos de largo plazo para suministro de las materias primas petroquímicas

### ▪ 7.5.2 La compra del gas por parte de grandes usuarios

Asegurar la viabilidad económica de los ductos mediante contratos de venta preliminares para comprometer a grandes compradores finales. Estos serían las empresas mineras, plantas térmicas para generación eléctrica a partir de gas natural, y las plantas petroquímicas.

### ▪ 7.5.3 Ruta del gasoducto y ducto del Sur

Definir los puntos principales por donde será la ruta del gasoducto y ductos en el sur del Perú, según ubicación de los grandes clientes.

### ▪ 7.5.4 Polo petroquímico

Establecer una única localización para el Polo Petroquímico que ayude a definir la ruta final de los ductos. La propuesta de nuevas localizaciones en las costas del Sur del Perú solo demorará el proyecto y crearan falsas expectativas en los lugares donde finalmente no sean elegidos. El espacio para el polo petroquímico debe ser suficientemente extenso para en el tiempo ir integrando más unidades de procesos, empresas e inversiones, con el objetivo de producir cada vez más productos petroquímicos. Su ubicación debe facilitar la logística y el comercio nacional e internacional.

### ▪ 7.5.5 Grupos empresariales fuertes o multinacionales con tecnología propia

En la etapa inicial de implementación de la PQ permitir la participación solo de grupos empresariales fuertes o multinacionales con tecnología propia, y con

experiencia demostrada en plantas petroquímicas. Deben tener suficiente capacidad de inversión, fortaleza financiera y dominio en los mercados de productos petroquímicos

- **7.5.6 Economías de escala y tecnologías modernas**

Instalación de grandes plantas denominadas “world-scale” o de escala mundial y de última tecnología para beneficiarse de las economías de escala y el respeto al medio ambiente.

- **7.5.7 El Estado Peruano**

- **A. Ampliar la ley del etano incorporando al propano**

El cuadro N° 1.10 demuestra que en el Perú hay importaciones crecientes de polipropileno, manteniendo esta tendencia en los próximos años. Así mismo, según el cuadro N° 1.14 en el año 2010 se exportaron cantidades importantes de propano.

Debido a las características del gas en el área de Camisea, se dispondría de suficiente propano, por lo tanto, se requiere ampliar la Ley del Etano para dotar de legalidad al propano y aplicarlo como materia prima petroquímica.

El propósito es diversificar el uso de la materia prima desde un inicio.

- **B. Reformular las facultades de los Ministerios**

El Ministerio de Energía y Minas, por su amplia experiencia y conocimiento de las actividades del upstream y downstream en el campo de los hidrocarburos, es el que debería generar las leyes y normas técnicas para las actividades de la industria petroquímica básica, intermedia y final hasta la obtención del producto petroquímico. Esto en similitud al concepto de integración vertical muy aplicado en la industria del petróleo.

El Ministerio de la Producción debería encargarse de desarrollar las políticas industriales adecuadas para continuar impulsando el crecimiento del sector industrial de plásticos del país. Una vez implementada la petroquímica aplicar las normas pertinentes para utilizar los productos petroquímicos en todos los sectores industriales nacionales posibles, uno de ellos el sector industrial de plásticos para conformar una cadena productiva, que apunte a un modelo doméstico.

El Osinergmin debe mantener su función de regulador y supervisor de las actividades de la petroquímica básica, ampliando sus facultades a la intermedia y final, hasta la obtención del producto petroquímico.

El propósito de esta reformulación de facultades, es porque el sector petroquímico se caracteriza por ser dinámico e inclusive cambiante, se requiere una gestión ágil y respuestas rápidas frente a los cambios continuos.

▪ **C. Infraestructura, plataforma logística y suministro de energía**

La industria petroquímica debido al tamaño de sus plantas produce grandes volúmenes de productos, por lo que debe tener un área especializada para el transporte, empaque y distribución de los productos petroquímicos, tanto para el territorio nacional como internacional.

Definida la ubicación del polo petroquímico, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, y ProInversión, deberían emprender los estudios para estimar los costos en infraestructura (facilidades portuarias, transporte por carretera, etc), suministro de energía, plataforma logística. Con el propósito de licitar la inversión de estos requerimientos en el sector privado.

▪ **D. Innovación**

Involucrar a las instituciones pertinentes de Estado Peruano para lograr una adecuada transferencia tecnológica, así como un grado de exigencia a las empresas que desarrollarán la petroquímica, para la participación de los profesionales y empresas peruanos.

En el caso de los profesionales peruanos, asegurar su participación en la ingeniería básica, de detalle, montaje y funcionamiento. Respecto de las empresas contratistas peruanas, su participación en el transporte, logística y fabricación de determinados equipos. Todo esto con el propósito de generar un proceso de aprendizaje substancial respecto de este tipo de industria, que permita tener un background para las actividades posteriores de innovación en procesos o productos.

▪ **E. Participación del Estado Peruano en la economía del proyecto**

Es importante y urgente clarificar la participación del Estado Peruano en el Proyecto. Es importante también conocer más características del proyecto, a la fecha solo hay estimados gruesos de su costo e ideas generales de lo que debe ser dicho proyecto.

Al respecto, el gobierno debería licitar en el más breve plazo, la contratación de una consultoría de alto nivel para evaluar la naturaleza, ubicación y acciones necesarias para el desarrollo del gran proyecto del sur que incluye: el suministro de la materia prima, la ruta y dimensiones de los ductos, los grandes clientes entre ellos el polo petroquímico, entre otros.

De esta forma, se conocerían mas detalles del proyecto y sus costos, que permitirían realmente saber cuanto podría invertir en el conjunto del proyecto el Estado Peruano, los inversionistas privados nacionales, y por supuesto el inversionista internacional quién sería el accionista mayoritario y quién lideraría dicho proyecto.

En este mismo trabajo de consultoría, y para hacer más competitivo la parte del proyecto petroquímico se debería entrar en conversaciones para interesar a más empresas internacionales en desarrollar petroquímica en el Perú, como el caso de la Shell, Dow Chemical, Totalfina, SK, entre otros.

Con una definición básica y clara de los aspectos técnicos y económicos del proyecto, así como la posible participación en una parte de la inversión total del proyecto por parte del Estado Peruano, el siguiente paso es proponer las bases para un concurso público internacional de la integridad del proyecto. En la parte de la oferta petroquímica y como criterios de evaluación, debería considerarse la cantidad de productos petroquímicos finales que pueden fabricarse en esta primera etapa, los compromisos comerciales de adquisición de los productos petroquímicos, los compromisos de nuevas inversiones en nuevas unidades de procesos para incrementar la cantidad de productos finales producidos, etc.

## **CAPÍTULO VI**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- 1** Libro anual de reservas de hidrocarburos–resumen ejecutivo, Al 31 de diciembre del 2010. Ministerio de Energía y Minas–Dirección General de Hidrocarburos. Perú.
- 2** Informe de la consultora Netherland, Swell & Associates Inc (NSAI) sobre las reservas de los Lotes 56 y 88, del 18 de mayo del 2010. Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Hidrocarburos.
- 3** Ley de promoción para el desarrollo de industria petroquímica N° 29163. 18 de diciembre del 2007 – Lima Perú. Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Hidrocarburos.
- 4** Reglamento de la Ley de promoción N° 29163 para el Desarrollo de la Industria Petroquímica. D.S. N° 066-2008-EM 31 de diciembre del 2008.
- 5** Poliolefins Consulting, LLC, Alfredo Friedlander. Curso: introducción a la industria petroquímica. Junio 2007 Lima – Perú.
- 6** Vergara, W y Brown, D. (1988). The new face of the World petrochemical sector: implications for developing countries. World Bank technical paper number 84. Industry and energy series, the World Bank, Washington, D.C.
- 7** La industria plástica en la Argentina, 2010. Centro de Estudios para la Producción, Secretaria de Industria, Comercio y PYME, Ministerio de Economía y Producción.
- 8** Banco Wiese Sudameris. Camisea: impacto en el sector energético
- 9** Luis F. Cáceres Graziani. Libro: El gas natural. 2° Edición 2000. Revisado por CAREC MINEM.
- 10** Potencial hidrocarburífero del Perú, Perupetro. II Foro de Petroquímica en el Perú – Instituto de Petróleo y Gas de la Universidad Nacional de Ingeniería. 12 Mayo 2010.
- 11** SUNAT – Aduanas. Anuarios Estadísticos 2001 – 2011; publicados en su Portal [www.sunat.gob.pe/operatividadaduanera/descargainformación/resumenpartida/país](http://www.sunat.gob.pe/operatividadaduanera/descargainformación/resumenpartida/país).
- 12** Robert A. Meyers, 2005. Handbook of Petrochemicals Production Processes. Editorial McGraw-Hill Companies.
- 13** Nikola Luburic. Competitiveness criteria and possible recovery strategies for petrochemical business. Business Intelligence Journal – Vol.4 N°1 pag 79 – 89 – January 2011.

- 14** Pacheco, H. Transformaciones de la industria petroquímica global. Innovación y desplazamientos de ejes productivos. Revista: Petróleo Internacional N° 6 – Diciembre 2010-Enero 2011.
- 15** Alejandro Destuet. Panorama de la industria petroquímica en América Latina. Convención internacional de ingeniería en petróleo y gas. 12 – 14 noviembre de 2009 Mérida – Venezuela.
- 16** The price of natural gas, Saudi Petrochemical Strategy 2011. NCB Capital, Diciembre 2011.
- 17** Will MENA (Middle East & North Africa) emerge as a global petrochemical hub?. MENA Petrochemical: A global advantage...Which companies do you buy?, 2010.
- 18** Tariq Al-Alaiwat 2010, Saudi Petrochemical, entering the expansion phase. NCB Capital Research Department, April 2010.
- 19** Ahmed Shams, Malak Youssef, 2009. Yanbu National Petrochemical Company (YANSAB), 24 may 2009.
- 20** Adibi, S., A special report - Middle East. Hydrocarbon Processing, april 2009, pp. 29-37.
- 21** Palmer, E., Glasgow, I., Nijhawan, S., Clark, D., Guzman, L., 2012. High purity propylene from refinery LPG. Petroleum Technology Quartely (PTQ) Q2 2012.
- 22** Matt Ridley, 2011. The shale gas shock. The global warming policy foundation.
- 23** Bullin, K., Krouskop, P., Composition variety complicates processing plans for US shale gas. Oil & Gas Journal, March 09, 2009.
- 24** Holditch, S., Madani, H., 2010. Global unconventional gas - it is there, but is it profitable?. JPT December 2010. Official publication of the society of petroleum engineers.
- 25** Shell taps Pennsylvania site for ethane cracker. Hydrocarbon Processing, 20, abril 2012.
- 26** Scott Jenkins, 2012. Shale gas ushers in ethylene feed shift. Revista: Chemical Engineering, pages 17-19, October 2012.
- 27** Dow to build world-scale ethylene plant by 2017 at Freeport complex. Hydrocarbon Processing, 20, abril 2012.
- 28** Report: Shale gas and new petrochemicals investment: benefits for the economy, job, and US manufacturing. American Chemistry Council (ACC) - Economics & Statistic. March 2011.

- 29** United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 1981. Second World-Wide Study on the Petrochemical Industry. Process of Restructuring. Viena.
- 30** Peter H. Spitz. Petrochemicals: the rise of and industry. Chapter 11 Large Plants: the new economics. John Wiley & Sons, Inc. 1988.
- 31** L.C. Axelrod and T.E. O'Hare - Kellogg. Aspect of large scale ammonia production, Unitec Nations Interregional Seminar, held at Kiev, Ukranian Soviet Socialist Republic, August 24 – September 13.
- 32** W. Tucker and M. A. Abrahams. Feedstock trends: the changing economics of petrochemical production. World Congress of the Societe de la Chimie Industrielle – October 1976.
- 33** Roger Williams Jr. Six-tenth factor aids in approximating cost. Chemical Engineering 1947.
- 34** Year Book International – 2005. Process Economics Programs (PEP)
- 35** Manuel Castro T. y Fernando Portuondo P. Acerca de las economías de escala, el tamaño y la localización de inversiones. Revista Industrial Vol. XXX/Nº 1/2009, Cuba.
- 36** Alejandro Destuet. Panorama de la industria petroquímica en America Latina. Convención Internacional de Ingeniería de Petróleo y Gas. Del 12 al 14 de noviembre de 2009. Mérida – Venezuela.
- 37** Handbook Hydrocarbon Processing's Petrochemical Processes 2010. Revista Hydrocarbon Processing.
- 38** Ganguly, S.K., Sen, S., Garg, M.O., 2012. Alternate feedstock options for petrochemiclas: a roadmap. Hydrocarbon Processing, April 2012.
- 39** Orjuela,J; Castro,O. Operadores y plataformas logísticas. Revista Tecnura, año8, Nº 16, primer semestre 2005.
- 40** Conn, Iain; 2003. Is Europe competitive?. CAN: Asian Chemical News; Sep. 2003.
- 41** Milmo, Sean, 2004. Cost of Logistics Hinders European Chemical Distribution. ICIS Chemical Business Americas; Nov. 22 – Nov. 29, 2004.
- 42** Al-Sadoun Abdulwahab. Saudi Arabia's petrochemical industry diversifies to face challenges. Oil & Gas Journal: August 16, 1999.
- 43** Dennis B. Malpass, 2010. Libro: Introduction to industrial polyethylene. Properties, catalyst, processes. Edition: Scrivener Publishing LLC.

- 44** Walsh Vivien, 1984. Invention and innovation in the Chemicals industry: Demand-pull or Discovery-push?. Department of Management Science, UMIST Manchester United Kingdom. February 1984.
- 45** Jasso Javier, 1999. La madurez tecnológica en la industria petroquímica mundial. Revista de la CEPAL 69, diciembre 1999.
- 46** Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 2001. Environmental Outlook for the Chemical Industry. Environment Directorate, Paris. [www.oecd.org/ehs](http://www.oecd.org/ehs).
- 47** Ren, Tao, 2009. Barriers and drivers for process innovation in the petrochemical industry: a case study. Journal of Engineering and Technology Management. Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Utrecht University, Utrecht, The Netherland.
- 48** Manual de Oslo, 2005. Objetivos, barreras y resultados de la innovación – Capítulo VII. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación – la medida de las actividades científicas y tecnológicas. 3º edición. Publicación conjunta de OCDE y EUROSTAT. 2005.
- 49** Stobaugh, R., 1988. Innovation and competition: the global management of petrochemical products. Harvard Business School Press, Boston.
- 50** Eurostat, 2001. Statistic on innovation in Europe (data 1996-1997): result from community innovation survey (CIS II) Eurostat and Enterprise DG European Commission, Luxembourg.
- 51** Tom Crotty, 2010, Product differentiation is key to the future success of Europe's Petrochemical Industry. Chemical Week; sep 27 – Oct 4, 2010.
- 52** Gustavo Svarzman, 2007. Empresas transnacionales: sus estrategias de investigación y desarrollo y el papel de Argentina y el Mercosur. Naciones Unidas – CEPAL. Febrero de 2007.
- 53** Chudnovsky D., López A., 1997. Capitulo VI De la sustitución de importaciones al régimen neoliberal. Libro: Auge y Ocaso del Capitalismo Asistido – La industria petroquímica latinoamericana. Alianza Editorial 1997.
- 54** Doing Business in Trinidad and Tobago. Word Bank Report 2010.
- 55** BP. Statical Review of World Energy. June 2011.
- 56** Ann Marie Bissessar and Roger Hosein. The role of the state in the economic development of Trinidad and Tobago with special reference to the petrochemical sector.

- 57** [www.energy.gov.tt/energy\\_industry](http://www.energy.gov.tt/energy_industry). Página oficial del Ministerio de Energía de Trinidad y Tobago.
- 58** Lou Anne A. Barclay. Foreign Direct Investment – Facilitated Development: the case of the natural gas industry of Trinidad and Tobago. United Nations University, Institute for new technologies. September 2003.
- 59** Al-Sadoun Abdulwahab. Saudi Arabia to become major petrochemical hub by 2010. Oil & Gas Journal: January 02, 2006.
- 60** Al-Sadoun Abdulwahab. Five strategies drive Saudi Arabia’s petchem industry growth. Oil & Gas Journal: January 09, 2006.
- 61** Middle East – Oversupply in the olefin market – Saudi Arabia. ACHEMA 2009 – Mayo 11 – 15 Frankfurt, Germany. Revista: Hidrocarbon Processing April 2009.
- 62** Roberto Bischoff. Braskem and the Brazilian Petrochemical Industry. I Foro de Petroquímica en el Perú – Instituto de Petróleo y Gas de la Universidad Nacional de Ingeniería. 27 Abril 2007.
- 63** Fabio Erber - Capitulo IV Desarrollo y Reestructuración de la Petroquímica Brasileña. Libro: Auge y Ocaso del Capitalismo Asistido – La industria petroquímica latinoamericana. Daniel Chudnovsky y Andrés López. Alianza Editorial 1997.
- 64** Oliveira J. Desenvolvimento tecnológico da industria e a constituicao de un sistema nacional de innovación no Brasil. O sector petroquímico. Universidade Estadual de Campinas – Instituto de Economia, Campinas. 1990.
- 65** Bernardo Gridin. Braskem, Quattor merge to create sole Brazilian PE firm. Page – 7 Chemical Week. February 01 – 2010.
- 66** Brazil Plastic Industry. Massachusetts Office of International Trade & Investment. June 2007.
- 67** Brazil Petrochemical Report (incluye 5 years forecast to 2014). Business Monitor International, Q3, 2010.
- 68** Carlos Brenner. Braskem - Proyecto etileno polietilenos. II Foro Petroquímico en el Perú – Instituto de Petróleo y Gas de la Universidad Nacional de Ingeniería. 12 Mayo 2010.
- 69** Yeol-Kyu Kim, 2007. Ministerio de Comercio, Industria y Energía. Exposición: Industria Petroquímica de Corea. Políticas, asuntos de la industria petroquímica. 1º Foro de Petroquímica el 26 abril del 2007. Instituto de Petróleo y Gas de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- 70** South Korea, Petrochemical Report. Business Monitor International Ltd., 2011.

- 71** Oey Patricia, 1998. Japan and South Korea face tough times ahead. ICIS Chemical Business Americas, mar 23, 1998.
- 72** Ministerio de Hacienda. Real Decreto-Ley número 1142, de 28 de junio de 1927, estableciendo el Monopolio de Petróleos (Gaceta de Madrid de 30 de junio)
- 73** Comisión Nacional de Energía (CNE) – Dirección de Petróleo, 2006. Cronología del sector petrolero español. Julio 2006. [www.cne.es](http://www.cne.es).
- 74** Jefatura del Estado. Ley de 17 de julio de 1947 por la que se reorganiza el Monopolio de Petróleos (Boletín Oficial del Estado de 18 de julio).
- 75** Ministerio de Industria. Decreto 1.087/1971 de 14 de mayo, por el que se encomienda al Instituto Nacional de Industria la creación de una Empresa nacional para el establecimiento de una refinería de petróleo en la provincia de Tarragona (Boletín del Estado de 28 de mayo).
- 76** Gabriel Tortella, Alfonso Ballester, José Luis Díaz Fernández, 2003. Libro: Del Monopolio al libre mercado. La historia de la industria petrolera española, Capítulo 12 – Los aires de cambio - páginas 390, 391 y 392. LID Editorial Empresarial, S.L. Madrid – España, Mayo 2003.
- 77** Jefatura del Estado - 30103 Ley 45/1981, de 28 de diciembre, de creación del Instituto Nacional de Hidrocarburos.
- 78** Jefatura del Estado - 27430 Ley 45/1984, de 17 de diciembre, de Reordenación del Sector Petrolero.
- 79** Real Decreto – Ley 5/1985, de 12 de diciembre, de Adaptación del Monopolio de Petróleos.
- 80** Ley 34/1992, de 22 de diciembre, de ordenación del sector petrolero
- 81** Gabriel Tortella, Alfonso Ballester, José Luis Díaz Fernández, 2003. Libro: Del Monopolio al libre mercado. La historia de la industria petrolera española, Capítulo 17 – Aires de cambio en el sector público empresarial – páginas 457, 458. LID Editorial Empresarial, S.L. Madrid – España, Mayo 2003.
- 82** Spain – Petrochemical Report, Q4-2010, página 23. Business Monitor International, London – UK.
- 83** Gabriel Tortella, Alfonso Ballester, José Luis Díaz Fernández, 2003. Libro: Del Monopolio al libre mercado. La historia de la industria petrolera española, Capítulo 22 – Análisis crítico del periodo – página 541. LID Editorial Empresarial, S.L. Madrid – España, Mayo 2003.

- 84** Spain – Petrochemical Report, 2011, páginas 35 y 36. Business Monitor International, London – UK.
- 85** Estudio del Sector de Plástico Español, 2010. Centro Español del Plástico (CEP).
- 86** Farah, E. Potencialidades de la industria plástica vinculada al desarrollo petroquímico en el Perú. I Foro de petroquímica en el Perú – Instituto de Petróleo y Gas de la Universidad Nacional de Ingeniería. 27 abril 2007.
- 87** Phillips R., 1997 Innovation and firm performance in Australian manufacturig. Industry Commission, staff research paper (Canberra).
- 88** Manual de Oslo, 2005. Medidas de las Actividades de Innovación – Capítulo VI. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación – la medida de las actividades científicas y tecnológicas. 3º edición. Publicación conjunta de OCDE y EUROSTAT. 2005.
- 89** Morel, L., Boly, V., 2004. Mastering innovativeness potencial: the results of an expert consultation. Issue 42 Vol. 10 N°6, Dec. 2004. Institut National Polytechnique de Lorraine – INPL.
- 90** Griffin A. PDMA research on new product development practices: updating trends, and benchmarking best practice. Journal of Product Innovation Management, N° 14, 1997, pp 429-458.
- 91** Corona, J., Morel-Guimaraes, L., Boly, V., 2005. A methodology to measure the innovation processes capacity in enterprises. IAMOT 2005. France.
- 92** Rejeb, H.B., Morel-Guimaraes, L., Boly, V., N'Doli Guillaume Assiélou, 2008. Measuring innovation best practice: improvement of an innovation index integrating threshold and synergy effects. Equipe de Recherche sur les Processus Innovatifs, Nancy-France. Technovation N° 28 838-854, 2008.
- 93.** Bruce R. Scott; George C. Lodge; Joseph L. Bower. Libro U.S. Competitiveness in the world economy. Harvard Bussines School Press 1985.
- 94** Industrial Competitiveness, 1997. Organization for Economic Cooperation and Development (OCDE). Paris.
- 95.** Michael Porter, 1990. Competitiveness of the nations.
- 96** Norma Técnica Peruana NTP 732.001, 2009. Gestión de la I+D+i. terminología y definiciones de las actividades de I+D+i. INDECOPI - 1º Edición.
- 97.** Rosario Ramos Ramos, 2001. Modelos de Evaluación de la Competitividad Internacional: Una aplicación empírica al caso de las Islas Canarias. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

- 98.** Hirschman Albert, 1958. *The Strategy of Economic Development*. New Haven, Yale University Press.
- 99.** Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), 2004. Capítulo 2 – Aspectos conceptuales básicos – Manual de Minicadenas.
- 100.** Jorge Gonzales Soler, 2002. Cadenas Productivas de la Petroquímica. II Congreso Prospectiva de la Industria Petrolera Colombiana, Octubre 24 y 25. Barrancabermeja Colombia.
- 101.** Organización para el Desarrollo y Co-operación Económica OECD, 1991. The nature of innovation and the evolution of the productive system, *Technology and productivity-the challenge for economic policy* p. 303-14. Paris.
- 102.** Smith BLR, Barfield CE, 1996. *Technology, R&D and the economy*. Washington DC: The Brookings Institution.
- 103.** Mark Rogers, 1998 Definition and measurement of innovation. Working paper N° 10/98, Melbourne Institute of Applied Economic and Social Research. The University of Melbourne.
- 104** Utterback JM, Abernathy WJ. A dynamic model of process, and product innovation. *Omega* 1975; 33:639-56.
- 105** Rothwell R, Gardiner P, 1988. Reinnovation and robust design: producer and user benefits. *Journal of marketing Management* 1988; 3(3): 372-87.
- 106** Rosanna Garcia, Roger Calantone, 2002. A Critical Look at Tachnological Innovation Typology and Innovativeness Terminology: a Literature Review. *The Journal of product innovation management* 19 (2002) 110 – 132.
- 107.** Schumpeter, Joseph., 1934. *The theory of economics development*. Oxford, London.
- 108.** Schumpeter, Joseph, 1942. *Capitalism, Socialism and Democracy*. London.
- 109.** Schmookler, Jacob, 1966. *Invention and Economic Growth*. Harvard University Press. Edición 1966.
- 110** Manual de Bogota, 2001. Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe. RICYT/OEA/CYTED. Marzo 2001.
- 111** Medina Salgado, C y Espinoza, M., 1994. La innovación en las organizaciones modernas. Disponible [www-azc.uam.mx/publicaciones/gestion/num5/doc06.htm](http://www-azc.uam.mx/publicaciones/gestion/num5/doc06.htm).
- 112** Manual de Oslo, 2005. Los vínculos en el proceso de innovación – Capítulo V. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación – la medida de las

actividades científicas y tecnológicas. 3º edición. Publicación conjunta de OCDE y EUROSTAT. 2005.

**113** The Oxford Handbook of Innovation. Capítulo VI – Measuring Innovation. Editado por: Jan Fagerberg, David C. Mowery y Richard R. Nelson. Oxford University Press.

**114** Santamaría, L., Nieto, M.J., Barge-Gil, A.. ¿Hay innovación más allá de la I+D?. El papel de otras actividades innovadoras”. *Universia Business Review*, Segundo trimestre 2009.

**115** Alfredo Friedlander, 2007. Introducción a la industria petroquímica

**116** Carlos Brenner. La experiencia de la petroquímica en Brasil y sus ventajas frente a los modelos adoptados en Latinoamérica. *Revista del Gas Natural – Año I – Número I – Noviembre 2009*. Organismo Supervisor de la Inversión de Energía y Minería (OSINERGMIN).

**117** Sami Matar. Chapter II – Chemistry of Petrochemical Processes. Gulf Publishing Company – 1994.

**118** Adnan M. Jarallah, Hesham Al-Fares, Faiz Rahman. Towards modeling the development of petrochemical industry in the Kingdom of Saudi Arabia. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, Volume 23, Number 18. April 1998.

**119** Alain Chauvel, Gilles Lefebvre. Capítulo Introductorio del texto *Petrochemical Processes, Technical and Economical Characteristics – Tomo I*. Ediciones Technip 1989.

**120** Brazil Plastic Industry, June 2007. Massachusetts Office International Trade & Investment (MOITI).

**121** Kline, C., 1976. Maximizing profits in chemicals. *Chemtech* Vol. 6 N° 2 pp 110-117. February 1976.

**122** John Panzar y Robert Willig, 1975. Economies of scale and economies of scope in multi-output production. *Econ. Disc. Paper N° 33* Bell Laboratories.

**123** Port of Antwerp Europe’s World Scale Chemical Cluster, 2000. [www.essenscia.be](http://www.essenscia.be).

**124** Innovation, Evolution and Growth, Chemical Industry in Singapore, 2010. *Chemical Week*, March 22 – March 29 – 2010.

**125** Williamson Oliver, 1981. The economic of organization, the transaction cost approach. *American Journal of Sociology*, v. 87, n. 3, p. 548-77.

- 126** Chauvel, Alain, 1984. L' evaluation des avant-projets - Direction de l'economie et de l'evaluation. Institut Francais du Petrole. Décembre 1984.
- 127** Global industrial energy efficiency benchmarking. An energy policy tool – working paper. United Nations – Industrial development organization, November 2010.
- 128** Neelis M., Worrell E., Masanet E., 2008. Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the petrochemical industry. Berkeley National Laboratory, Environment Technologies Division. June 2008.
- 129** Ramachandran, R., 2005. The petrochemical world according to Dow Canada. Energy Processing Canada. May/Jun 2005.
- 130** Abdulaziz F. Al-khayyal – Saudi Aramco, 2007. Energy as the lifeblood of the petrochemical industry . the future role of the Middle East Region. Hydrocarbon World 2007.
- 131** Qatar Petroleum, Shell plan US\$ 6.4 billion petrochemical Project by 2017. Hydrocarbon Processing, December 2011.
- 132** Planta petroquímica de PetroPerú y Braskem demandaría inversión mínima de US\$ 3000 millones. CADE 2011. Andina Peruana de Noticias, 02 diciembre 2011.
- 133** CF Industries, 2010. Complejo Petroquímico CF Industries San Juan de Marcona. II Foro de Petroquímica en el Perú – Instituto de Petróleo y Gas de la Universidad Nacional de Ingeniería. 12 Mayo 2010.
- 134** Simposio La industria petroquímica en el Perú 2011. Organizado por la Facultad de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica – Universidad Nacional de Ingeniería. 29 y 30 de Noviembre 2011.
- 135** Shu Zhaoxia. Financial Crisis Impacts on Petrochemical Market Cycle. The Economic and Development Research Institute of Sinopec Group. China Chemical Reporter April 16<sup>th</sup> 2009.
- 136** Butler, J., Ninios, P., Sabert H., Morecraft J., 1998. Wooing investors to prevent cyclicality. The Mckinsey quarterly 1998 number 1.
- 137** Key Factors for Development of China's Petrochemical Industry. China Chemical Reporter May 16<sup>th</sup> 2007.
- 138** Ley N° 29163. Ley de Promoción para el desarrollo de la industria petroquímica en el Perú. Diciembre 18, 2007.
- 139** Decreto Supremo N° 066-2008-EM. Reglamento de la Ley N° 29163, Ley de Promoción para el desarrollo de la industria petroquímica en el Perú. Diciembre 31, 2008.

- 140** Ley N° 29690, Ley para la promoción del desarrollo de la industria petroquímica basada en el etano y el nodo energético en el sur del Perú. Mayo 25, 2011.
- 141** Ley N° 29817, Ley que declara de necesidad pública e interés nacional la construcción y operación del sistema de transporte de hidrocarburos (gas natural, líquidos del gas natural y derivados), y la creación de un polo industrial petroquímico, con fines de seguridad energética nacional.
- 142** Portocarrero, F., Nunura, J., 1984. Industria y crisis, la década de los 70. DESCO centro de estudios y promoción del desarrollo. Perú.
- 143** Rappaport, H., Ethylene and polyethylene global overview. CMAI may 2011.
- 144** Sagel, E. Polyethylene global overview. Foro PEMEX 2012, Ciudad de México, junio 2012.
- 145** Blanchard, P., Denet, B., 2012. Review of industry, energy/feedstock and polypropylene. May 2012.
- 146** Economy, capacity additions pressure polyolefins markets. Hydrocarbon Processing, April, 2009.
- 147** Chemical & Petrochemical Manufacturer's Association of India. Cpmaindia.com
- 148** Polypropylene growth slows but versatility is an underlying strength, Revista IHS Chemical Week, October 25, 2012.
- 149** True, W., Global ethylene capacity continues advance in 2011. Revista Oil and Gas Journal, February 2012.
- 150** Carr, C., 2011. A power surge in the global propylene markets, World Petrochemical Conference, Houston, March 2011.
- 151** Guzman, F., 2008. Libro: Preparación y evaluación de proyectos de la industria química. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. Bogota Colombia.
- 152** Tariq Al-Alaiwat 2011, Saudi Petrochemical Strategy – The Price of Natural Gas. NCB Capital Research Department, December 2011.
- 153** Godet, M., Roubelat, F., 1996. Creating the future: the use and misuse of scenarios. Published in Long Range Planning, vol. 29, N° 02, pp. 164-171, 1996.
- 154** Kucharavy, D., Roland de Guio. Application of S-shaped curves. LGECO – Design Engineering Laboratory, INSA Strasbourg – Graduate School of Science and Technology, France, 2007.

## **CAPÍTULO VII**

### **ANEXOS**

**- ANEXO N° 1**

LOS 13 ATRIBUTOS DEL PROCESO DE INNOVACIÓN

**- ANEXO N° 2**

EL ÍNDICE DE INNOVACIÓN POTENCIAL Y MEDICIÓN DE SU EFECTO  
LÍMITE  $PII_{EL}$

**- ANEXO N° 3**

EL ÁRBOL PETROQUÍMICO

**- ANEXO N° 4**

LA ENCUESTA Y SUS PREGUNTAS

**- ANEXO N° 5**

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE INNOVACIÓN Y SU EFECTO LÍMITE  
INCLUYENDO LOS MODELOS MATEMÁTICOS

## **ANEXO N° 1**

### **TRECE(13) ATRIBUTOS PARA MEDIR LA CAPACIDAD DE INNOVACIÓN DE LAS EMPRESAS PLANTEADOS POR MOREL Y BOLY**

#### **I LAS TAREAS DE DISEÑO/CONCEPCIÓN SON PLANIFICADOS**

Los actores de la innovación organizan las tareas de diseño/concepción para desarrollar nuevos productos/procesos y asegurar la evolución tecnológica.

El propósito es reducir las demoras, garantizar la calidad de los productos, definir los costos, beneficiarse de la novedad.

#### **II UN SEGUIMIENTO DE LOS PROYECTOS**

Seguimiento y supervisión del proyecto de innovación debe ser estructurado. La gestión del proyecto debe guiar la transformación de ideas en productos y procesos nuevos o mejorados.

#### **III INTEGRACIÓN DE LAS DECISIONES ESTRATEGICAS**

Una supervisión global de los proyectos innovadores (presupuesto, principales decisiones técnicas, plazos de tiempo, etc) permite la integración de las decisiones estratégicas elaboradas por la Alta Dirección.

#### **IV GESTIÓN DE PORTAFOLIOS DE PROYECTOS**

La Dirección asegura la gestión coherente de las diferentes iniciativas.

Dos variables son supervisadas: la asignación de los recursos y la coherencia entre las futuras actividades.

Debe haber coherencia respecto de los recursos destinados a los diferentes proyectos.

La empresa dedica recursos financieros, humanos, materiales, económicos y estos deben ser adecuadamente repartidos entre los proyectos.

La gestión del portafolio de proyectos en las empresas innovadoras busca la coherencia entre las futuras actividades resultantes de los proyectos.

## **V. CONTROL Y RETRO-ALIMENTACIÓN EN EL PROCESO DE INNOVACIÓN**

La Dirección y los responsables del proyecto de innovación controlan y reciben retro-alimentación de los procesos de innovación para mejorar las prácticas de los participantes involucrados en la innovación.

En esta práctica la empresa innovadora tiene la necesidad de adaptación y aprendizaje continuo. Se enfoca en describir métodos y secuencias de trabajo, haciéndolas evolucionar, ensayando nuevos enfoques y extrayendo enseñanzas. Esta se construye con una lógica de desarrollo y dentro del proceso de innovación.

## **VI. CONTEXTO Y CONDICIONES DE TRABAJO ADECUADOS PARA INNOVAR**

Un contexto apropiado y unas condiciones de trabajo favorable deben organizarse para fomentar la innovación. Esta práctica se refiere a las condiciones de trabajo de los participantes del proyecto y en particular a la organización en la cual trabajan.

## **VII. ASIGNACION DE COMPETENCIAS PARA EL PROCESO DE INNOVACIÓN**

Gestión clara para asegurar la asignación de competencias necesarias para el proceso de innovación. El desarrollo de aptitudes de los participantes involucrados en el proceso de innovación está relacionado con la formación/capacitación, la calidad del personal que es asignado en el proyecto de innovación y un sistema adecuado de rotación del personal en las diferentes áreas o departamentos de la empresa.

## **VIII. SOPORTE MORAL/MOTIVACIÓN PARA LOS INNOVADORES**

Soporte moral y motivación a los participantes de la innovación debe ser dado por la dirección y los responsables del proyecto. El propósito es crear un contexto favorable para la novedad y la adopción de iniciativas tanto al nivel personal como colectivo.

## **IX. EL APRENDIZAJE COLECTIVO DEBE SER GARANTIZADO**

A medida que los proyectos van desarrollándose o culminan debe lograrse un aprendizaje colectivo. La capacidad de desarrollar un nuevo producto, proceso o tecnología está directamente influenciada por los conocimientos obtenidos a través del proceso de aprendizaje colectivo en la empresa.

Las empresas innovadoras buscan dar un valor intelectual colectivo a todas sus iniciativas, es decir que los proyectos, las experimentaciones, las investigaciones, deben ser una fuente para la adquisición de competencias. La capacidad de desarrollar nuevas tecnologías, adquirir nuevas tecnologías y respectiva adaptación para el desarrollo de nuevos productos, se logra si hay una cultura en la materia.

## **X. EL NUEVO CONOCIMIENTO (KNOW HOW) Y LA EXPERIENCIA SON CAPITALIZADOS**

La memorización del nuevo conocimiento (know how) y la experiencia adquirida en los proyectos de innovación pasados, deben ser capitalizados para el beneficio de proyectos en curso y futuros.

La memorización del nuevo conocimiento es posterior a la innovación, pero permitirá estimular la creatividad y reutilizar los trabajos realizados en nuevos proyectos, evitando de reinventar lo aprendido.

## **XI. LAS TAREAS DE VIGILANCIA Y ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS SON PLANIFICADAS**

Las tareas de vigilancia (tecnológica, competitividad, economía, gestión) son organizadas con el fin de abrir la empresa al exterior. Es un proceso organizado, selectivo y permanente, de captar información del exterior e inclusive de la propia organización sobre tendencias tecnológicas, novedades, invenciones, potenciales socios o competidores, aplicaciones tecnológicas emergentes, aspectos regulatorios y de mercado que pueden condicionar el éxito de una innovación tecnológica. Toda esta información recogida debe ser seleccionada, analizada, difundida y comunicada, para convertirla en conocimiento que ayude a tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios.

## **XII. ASOCIACIÓN DE LA EMPRESA CON REDES TECNOLÓGICAS**

La Dirección debe administrar las redes tecnológicas y asociaciones en las cuales está integrada la empresa.

## **XIII. LAS NUEVAS IDEAS SON RECOGIDAS DURANTE SESIONES DE CREATIVIDAD**

Las nuevas ideas obtenidas de la investigación, del marketing o de propuestas de los empleados o personal de la empresa, deben ser continuamente recogidas y organizadas a través de sesiones de creatividad, para hacer emerger futuros proyectos de innovación.

## ANEXO N° 2

### EL ÍNDICE DE INNOVACIÓN POTENCIAL Y SU EFECTO

#### LÍMITE $PII_{EL}$

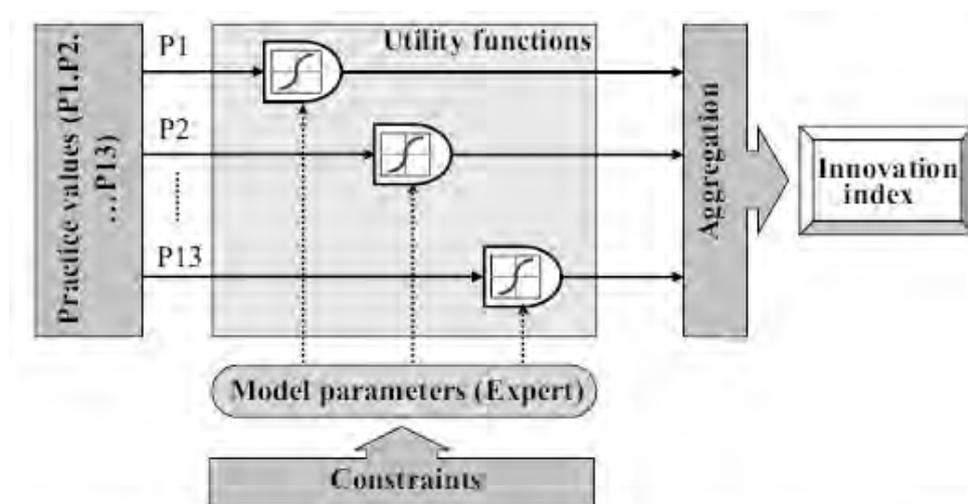
A2.1 ¿Cómo determinar el efecto límite?, ¿que clase de modelos matemáticos pueden aplicarse?.

El nuevo índice será desarrollado aplicando los siguientes principios:

- La analogía es posible gracias a modelos que ilustran el efecto límite en el campo de la física, la biología y la química.
- Los efectos límite son analizados para y en el nivel de cada práctica (**cada práctica es descrita con un modelo matemático particular**). Las características de la representación matemática son discutidas por expertos.
- Una combinación lineal de trece (13) modelos permite el cálculo del nuevo índice Global  $PII (Ei)_{límite}$ . Entonces solo un agregado es requerido en el nivel de la práctica. Notar que los valores de las prácticas no son usados directamente para determinar el **índice de de capacidad de innovación**. Funciones de utilidad son introducidas para corregir los valores iniciales de las prácticas.

Estos principios son resumidos en la figura N° A2.1:

FIGURA N° A2.1  
PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DEL  
MODELO



### A.2.2 Búsqueda del modelo

Los dos modelos para formalizar el **efecto límite** son: el modelo de la “**curva S**” y el modelo del “**condensador cargado**”. Estos dos modelos son relevantes y de especial interés y además son conocidos en el campo de la gestión tecnológica.

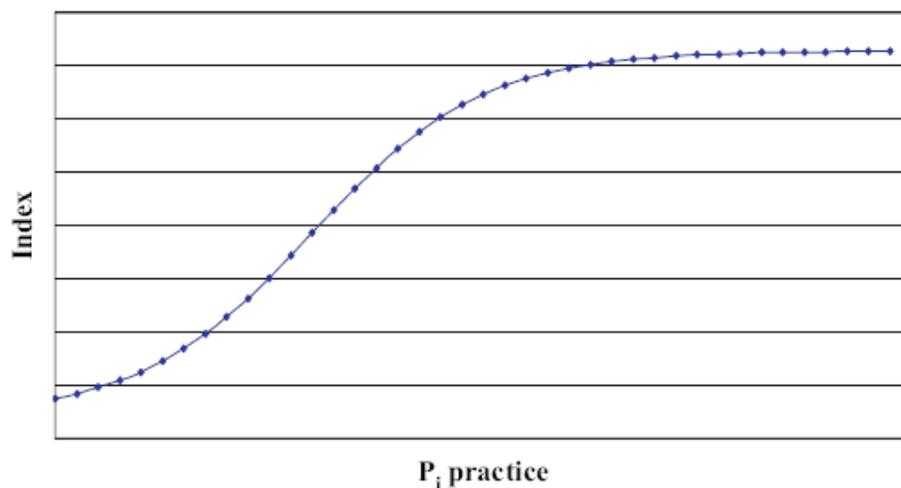
#### A.2.2.1 Modelo matemático de la Curva S

Kucharavy [154] indica que el significado esencial de esta función es “la tasa de crecimiento es proporcional a ambos, la cantidad de crecimiento ya completado y la cantidad de crecimiento pendiente de completar”. La curva S y la ecuación logística representan el crecimiento natural en competición.

La curva S es utilizada para representar la relación entre esfuerzos acumulados dedicados a mejorar procesos o productos y los resultados obtenidos debido a la inversión. De acuerdo a este modelo, el progreso empieza lento al inicio, entonces, por dedicar adicionales recursos, el know how o nuevo conocimiento es mejor controlado y el progreso se acelera. Finalmente, el nivel de rendimiento llega a ser marginal aún si la inversión se incrementa.

La **curva S** ilustra un muy importante **efecto límite** y puede totalmente ilustrar la innovación. La figura N° A2.2 relaciona la Práctica con el Índice de Innovación.

FIGURA N° A2.2  
EFECTO LÍMITE EN LA CURVA S



Una ecuación que relacionada a este modelo es la **Ecuación de Richard o Curva Logística Generalizada**. Es usado para describir fenómenos de crecimiento en biología, representado por **Y** en el modelo de la ecuación y como una función del tiempo representado por la variable **t**. Su forma general es representado por la siguiente ecuación (**t** es la variable tiempo, **B**, **C** y **M** son parámetros del modelo):

$$Y = A + \frac{C}{\left(1 + Te^{-B(x-M)}\right)^{\frac{1}{r}}}$$

Un caso particular de esta función esta dado por el **modelo de la curva logarítmica**, cuya ecuación es (con **k**, **a**, **b**>0):

$$Y = \frac{k}{1 + be^{(-at)}}$$

Con propósitos de simplicidad, este modelo es el utilizado. El **Índice de Innovación Potencial que incluye el Efecto Límite (IIP<sub>EL</sub>)** esta en función de la práctica **P<sub>j</sub>**, adaptándose el modelo a la siguiente forma:

$$IIP_{EL} = \frac{k}{1 + be^{(-aP_j)}}$$

Donde **P<sub>j</sub>** representa el **valor o puntaje de la práctica j** correspondiente a algún atributo del proceso de innovación.

El siguiente paso consiste en determinar los parámetros del modelo **k**, **a** y **b**.

### **A.2.3 Determinación de los parámetros del Modelo de Curva S aplicado al proceso de innovación**

En el caso del modelo específico de la curva S la función varía en el intervalo [0;1] y el puntaje de la práctica siempre esta localizado en este intervalo.

$$IIP_{EL} = \frac{k}{1 + be^{(-aP_j)}}$$

En la determinación de los parámetros ciertas condiciones relacionadas a las siguientes variables deben establecerse:

- Una asíntota horizontal superior, la cual tiene la ecuación  $y=k$
- Los puntos de inflexión (punto en el cual la curva cambia)  $x_{INF}$ ,  $y_{INF}$ .
- El espacio o distancia entre la curva y la asíntota horizontal, en el punto  $X=1$

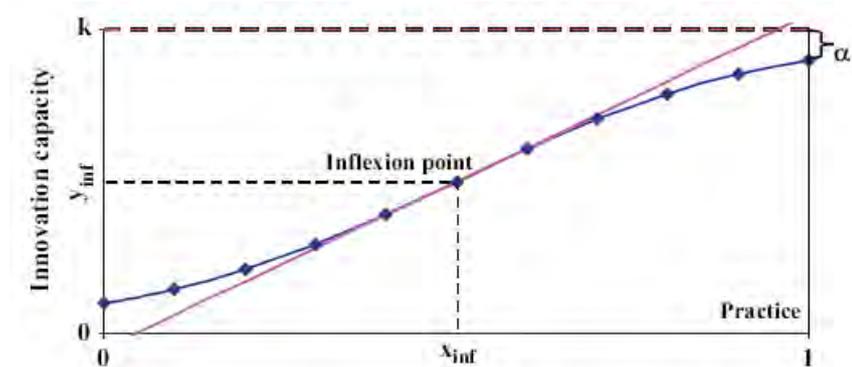


Figura N° A2.3  
Parámetros a determinar para definir la ecuación de la curva S

Como la capacidad de innovación es modelada usando un índice con un rango entre 0 y 1, la ecuación de la asíntota horizontal debe ser  $y=1$ , entonces  $k=1$ .

Con la determinación de este parámetro la función se define así:

$$IIP_{EL} = \frac{1}{1 + be^{(-aP_j)}}$$

Esta función es la respuesta a la ecuación diferencial ordinaria:

$$\frac{dC}{dP} = a.C(1 - C)$$

Donde C es el  $IIP_{EL}$ .

La ecuación diferencial establece que la variación de la Capacidad de Innovación respecto de la Práctica es proporcional a la Capacidad de Innovación alcanzada multiplicada por la Capacidad de Innovación restante de lograr.

Adicionalmente, es fácil demostrar que la ordenada (2° derivada igual a cero) del modelo tiene un punto de inflexión igual a  $\frac{1}{2}$ . Por consiguiente  $Y_{INF}=1/2$ .

Queda por definir las variables  $x_{INF}$  y  $\alpha$ , para poder determinar los dos restantes parámetros del modelo, es decir, **a** y **b**.

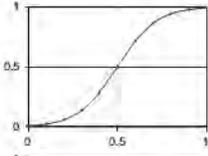
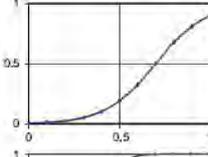
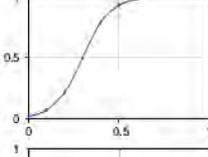
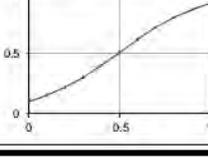
La elección de  $x_{INF}$  y  $\alpha$  condicionaran la forma de la curva. Esta condición no debe tomarse arbitrariamente.

En opinión de expertos en innovación no hay una definición exacta de los parámetros **a** y **b**, tiene que elegirse entre varias formas de curvas que representan la variación de la capacidad de innovación de acuerdo a cada práctica y varios valores de  $x_{INF}$  y  $\alpha$ . Las elecciones sugeridas por los expertos son resumidas a continuación en el cuadro N° A2.1:

#### A.2.4 Modelo matemático del condensador cargado

Manteniendo un voltaje continuo y fijo, el condensador es cargado hasta que su voltaje alcanza un máximo valor denominado voltaje generador. A continuación se presenta la figura N° A2.4.

**CUADRO N° A2.1  
PROPUESTA DE 4 PLOTEOS PARA EL MODELO DE CURVA S Y SUS  
PARÁMETROS**

Choice	$k$	$y_{inf}$	$x_{inf}$	$\alpha$	$a$	$b$	Plot	Features
1	1	0.5	0.5	0.01	9.19	99		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Symmetric growth</li> <li>● Quite rapid learning</li> <li>● Quick growth</li> <li>● Maximal efficiency is reached quickly</li> </ul>
2	1	0.5	0.7	0.1	7.32	168.5		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Asymmetric growth</li> <li>● Rapid learning</li> <li>● Quick growth</li> <li>● Maximal efficiency is reached at the end</li> </ul>
3	1	0.5	0.3	0.0001	13.6	51.79		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Asymmetric growth</li> <li>● Very rapid learning</li> <li>● Quick growth</li> <li>● Maximal efficiency is reached quickly</li> </ul>
4	1	0.5	0.5	0.1	4.39	9		Innovation capacity has initial value and does not reach the maximal value

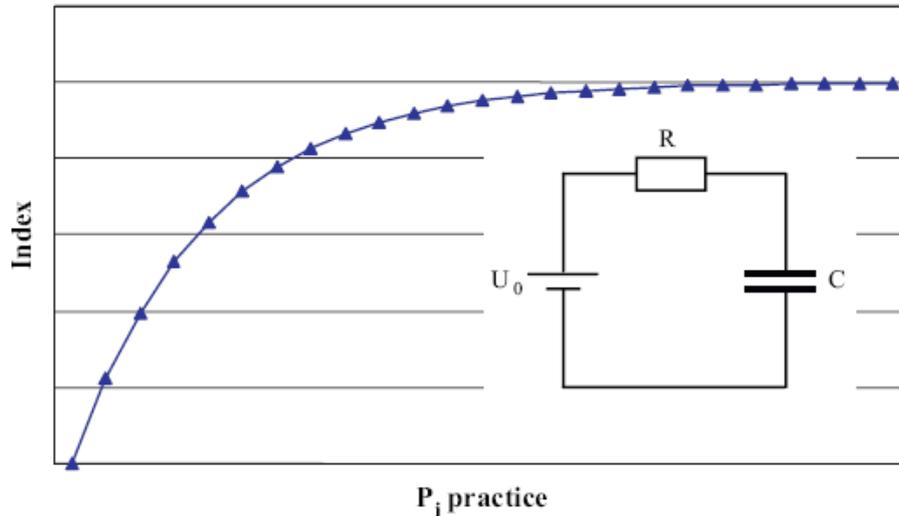


Figura N° A2.4  
Diagrama del Condensador Cargado (Duffin 1990)

La ecuación del voltaje del condensador toma la siguiente forma:

$$U = U_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Donde  $t$  es la variable tiempo,  $U_0$  es el voltaje del generador y  $\tau$  es la constante-tiempo (parámetro del modelo).

### A.2.5 Aplicación del modelo condensador al proceso de innovación

En el caso de la innovación, el modelo puede ser adaptado y escrito en la siguiente forma:

$$IIP_{EL} = k \left( 1 - e^{-aP_j} \right)$$

Donde  $P_j$  es el valor o puntaje de la práctica  $j$ ,  $k$  y  $a$  parámetros del modelo.

Las condiciones para determinar los parámetros  $k$  y  $a$  de este modelo son:

- Asimptota horizontal superior la cual tiene la ecuación  $y=k$
- El punto de la curva, cuyas coordenadas son  $(x_\alpha; \alpha)$  y que determinan la forma de la curva.

Como en el primer modelo, la primera condición resulta de  $k=1$ .

La segunda condición es usada para definir la forma de la curva. Los parámetros que caracterizan la velocidad con la cual la curva tiende a la asíntota  $y=1$  debe ser determinada.

Es necesario dar el valor de la abscisa para el punto en que alcanza el 90% del valor del índice máximo. Por consiguiente,  $\alpha=0.9$ . Entonces, debe obtenerse el valor de  $x_\alpha$ . Ver la siguiente figura:

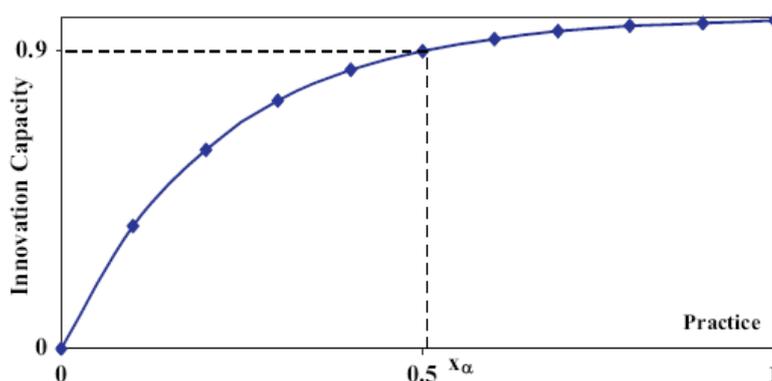


Figura N° A2.5  
Parámetros a determinar para definir el modelo del condensador

Al igual que en el modelo de la curva S, en opinión de expertos en innovación no hay una definición exacta del parámetro  $a$ , tiene que elegirse entre varias formas de curvas que representan la variación de la capacidad de innovación de acuerdo a cada práctica y varios valores de  $x_\alpha$  y  $a$ . Las elecciones sugeridas por los expertos son resumidas a continuación:

**CUADRO A2.2**  
**Propuesta de 4 ploteos para el modelo del condensador y sus parámetros**

Choice	$k$	$\alpha$	$x_0$	$a$	Plot	Features
5	1	0.9	1	2.3		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Slow growth</li> <li>• Maximal efficiency is reached slowly</li> </ul>
6	1	0.9	0.5	-4.61		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quick growth</li> <li>• Maximal efficiency is reached quickly</li> </ul>
7	1	0.9	0.15	15.35		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Very quick growth</li> <li>• Maximal efficiency is reached quickly</li> </ul>
8	1	0.9	0.5	-4.61		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quick growth</li> <li>• Innovation capacity has an initial value</li> </ul>

A continuación, se presenta las respuestas dadas por los expertos respecto del efecto límite asociadas a las prácticas de innovación:

**CUADRO N° A2.3**  
**Modelos de la curva S y modelo del condensador aplicado a las prácticas de innovación para determinar las sinergias**

Innovation practices	Proposed models for threshold effect							
	S-curve model				Condenser model			
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Conception	X							
2 Project follow-up	X							
3 Strategy integration					X			
4 Project portfolio management					X			
5 Innovation evolution	X							
6 Suitable organisation					X			
7 Competence management					X			
8 Moral support					X			
9 collective learning	X							
10 Knowledge management					X			
11 Survey tasks					X			
12 Network animation					X			
13 Research/creativity	X							

De las 8 ecuaciones definidas se aplican 2 ecuaciones.

**La ecuación N° 1** que corresponde al modelo de la curva S, se caracteriza por tener un crecimiento simétrico, aprendizaje y crecimiento rápido, la eficiencia es alcanzada rápidamente. La ecuación es:

$$IIP_{EL} = \frac{1}{1 + 99e^{-9.19P_j}}$$

**La ecuación N° 5** que corresponde al modelo del condensador, se caracteriza por tener un crecimiento lento, y la máxima eficiencia se alcanza lentamente. La ecuación es:

$$IIP_{EL} = 1 - e^{-2.3P_j}$$

La capacidad de innovación global es establecida por una combinación de estos modelos obtenidos individualmente. Véase figura N° A2.6.

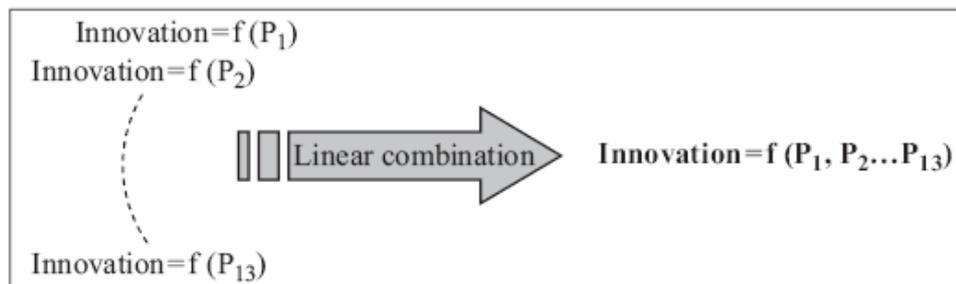


Figura N° A.2.6

Innovación según todas las prácticas

### ANEXO N° 3

## ÁRBOL PETROQUÍMICO I

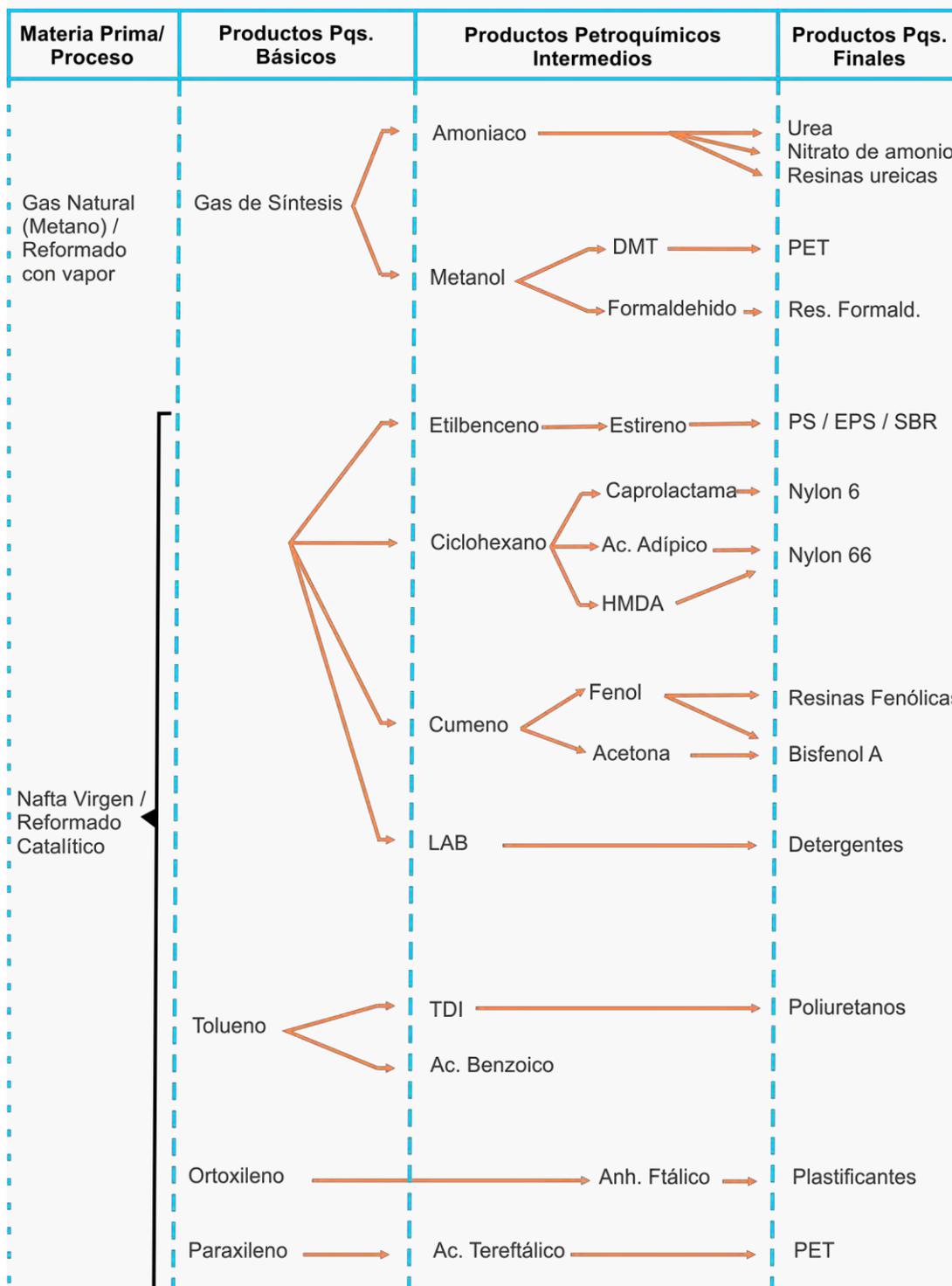


Figura A3.1

# ÁRBOL PETROQUÍMICO II

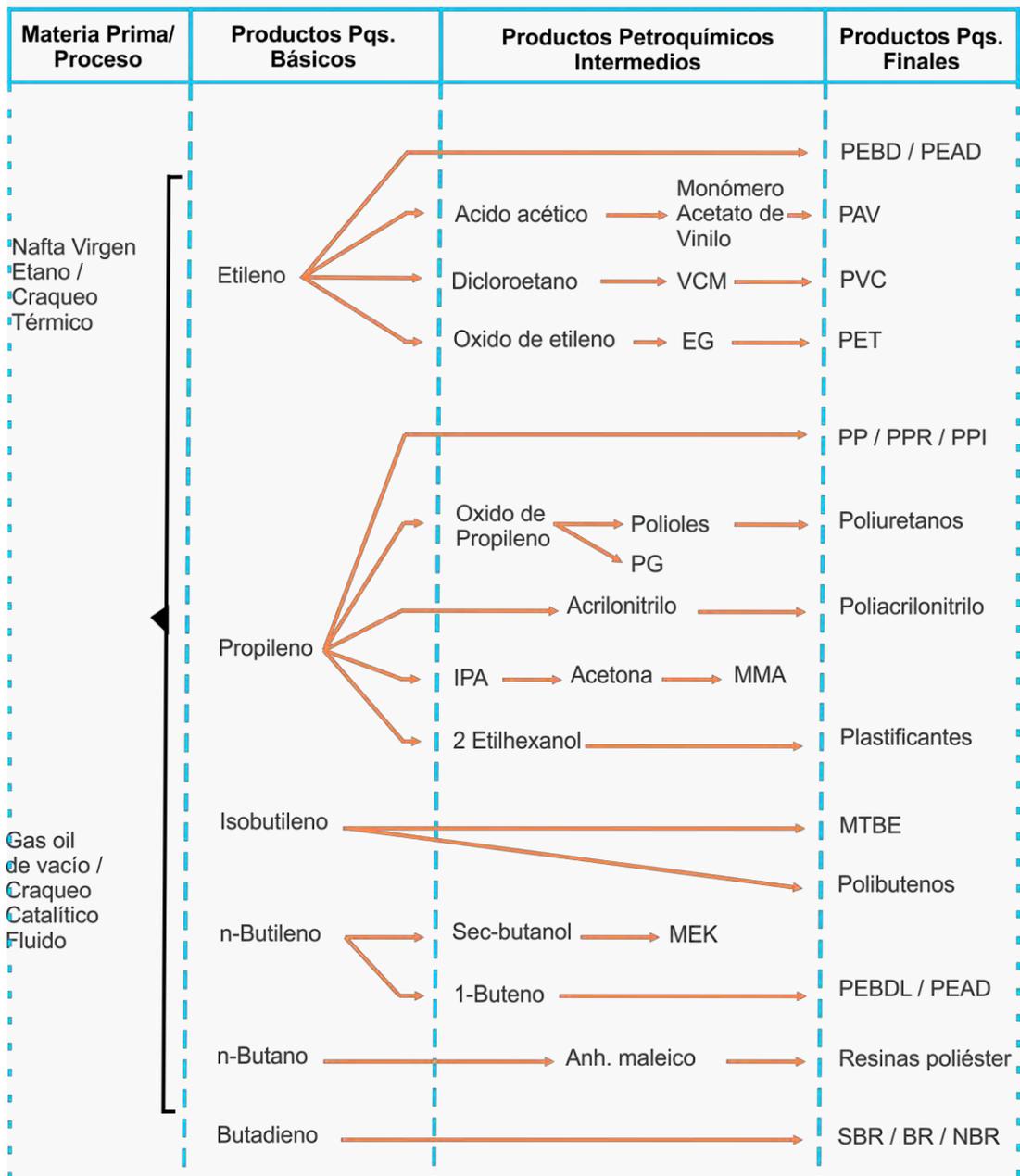


Figura A3.2

## **ANEXO N° 4**

### **LA ENCUESTA – PREGUNTAS**

#### **A4.1 OBJETIVO DE LA ENCUESTA DE INNOVACIÓN DE LAS EMPRESAS DE PLÁSTICOS DEL PERÚ**

La encuesta tiene como objetivo medir la capacidad de innovación de las empresas del sector de plásticos del Perú. A partir de los resultados de la encuesta se obtendrá un índice de innovación, el cual es característico de cada empresa, permitiendo su comparabilidad con otras del mismo sector industrial. Adicionalmente, determinar que políticas de innovación son necesarias implementar para mejorar sus capacidades de innovación.

Debido a que la Industria de Plásticos del Perú es un gran importador de derivados petroquímicos (polietilenos, polipropilenos, PET, etc) , se buscará promover el mayor valor agregado de los hidrocarburos producidos a partir del gas natural de Camisea, teniendo como motor su capacidad innovadora.

El Manual de Oslo, en su anexo A titulado “Encuestas sobre innovación en los países en desarrollo”, indica que por capacidades de una empresa se entienden los elementos que le permiten sacar partido de las oportunidades ofrecidas por el mercado. La capacidad de innovación más importante es el conocimiento acumulado por la empresa, que está incorporado esencialmente en los recursos humanos, pero también en los procedimientos, procesos habituales y otras características de la empresa.

Morel y Boly (2005) proponen evaluar la capacidad de innovación de una empresa según la realización de 13 prácticas (atributos del proceso de innovación). Las 13 prácticas de la innovación son subdivididas en sub-prácticas observables y medibles, que constituyen las preguntas de la presente encuesta. A continuación se describen las 13 prácticas de la innovación.

## **A4.2 TRECE ATRIBUTOS QUE CARACTERIZAN A UNA EMPRESA INNOVADORA**

**1** Los actores de la innovación organizan las tareas de diseño/concepción para desarrollar nuevos productos y asegurar la evolución tecnológica.

**2** Seguimiento y supervisión del proyecto de innovación

**3** Los proyectos de innovación deben estar integrados en las decisiones estratégicas de la Dirección.

**4** La Dirección asegura la gestión coherente de la cartera de proyectos y de las distintas iniciativas.

**5** La Alta Dirección y los responsables del proyecto controlan y reciben retroalimentación del proceso de innovación con el propósito de mejorar las prácticas del personal involucrado en la innovación.

**6** Un contexto apropiado y unas condiciones de trabajo favorable deben organizarse para fomentar la innovación.

**7** Gestión clara para la asignación de competencias necesarias para el proceso de innovación.

**8** Soporte moral y motivación a los participantes de la innovación debe ser dado por la dirección y los responsables del proyecto.

**9** A medida que los proyectos de innovación van desarrollándose o culminan debe lograrse un aprendizaje colectivo.

**10** Esfuerzo de memorización del nuevo conocimiento (know how adquirido) y la experiencia adquirida a través de los proyectos de innovación culminados son organizados por la empresa para aprovecharlos en beneficio de proyectos en curso y futuros.

**11** Las tareas de vigilancia/análisis tecnológico (respecto del surgimiento, comportamiento o el impacto de una tecnología en el futuro) son organizadas por la empresa para aplicarlos en proyectos innovadores.

**12** La Dirección debe gerenciar la integración de la empresa con redes tecnológicas, asociaciones.

**13** Las nuevas ideas obtenidas de la investigación, del marketing o de propuestas de los empleados deben ser continuamente recogidas y organizadas a través de sesiones de creatividad, para hacer emerger futuros proyectos de innovación.

#### **A4.3 INSTRUCCIONES PARA LLENAR LA ENCUESTA**

A efectos de completar la encuesta deberá responder a las preguntas marcando en el recuadro SI o NO, y en algunos casos especificando la respuesta.

#### **A4.4 GLOSARIO DE TÉRMINOS DE LA INNOVACIÓN**

**La innovación de un producto** significa el ingreso por primera vez en el mercado de un nuevo producto o un producto significativamente mejorado (mejores características técnicas, funciones, que el anterior modelo).

La innovación nueva/mejora-significativa de un producto debe ser por lo menos nueva para la empresa, pero no es necesario que sea nueva para el mercado o sector industrial específico. No importa si la innovación fue originalmente desarrollada por la propia empresa o por otras empresas.

**La innovación de un proceso** consiste en la implementación de un nuevo proceso de producción o una mejora significativa de un proceso de producción en la empresa.

La innovación nueva/mejora-significativa de un proceso productivo debe ser por lo menos nueva para la empresa, pero no es necesario que sea nueva para el mercado o sector industrial específico. No importa si la innovación fue originalmente desarrollada por la propia empresa o por otras empresas.

**La innovación radical** ha sido definida como la innovación que incorpora una nueva tecnología, y que resulta en una nueva infraestructura para la empresa, para el mercado y para el mundo entero.

**La innovación incremental** se define como la innovación de producto/proceso-productivo al cual se entrega nuevas características, beneficios, o mejoras con tecnología existente y en un mercado existente.

## A4.5

### CUESTIONARIO DE LA CAPACIDAD DE INNOVACIÓN PARA LAS EMPRESAS

EMPRESA N°.....

#### INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

La empresa según la reglamentación vigente está clasificada como:

Micro/Pequeña Empresa  
Mediana Empresa  
Gran empresa

Si  No   
Si  No   
Si  No

Los productos que la empresa produce están dirigidos a:

El mercado interno  
El mercado externo  
Ambos

Si  No   
Si  No   
Si  No

#### I CONCEPCIÓN / DISEÑO DE UN NUEVO PRODUCTO / PROCESO

1 ¿En la empresa está formalmente establecido un departamento de Investigación y Desarrollo (I+D) para la concepción o formulación de nuevos productos? Si  No

2 ¿En la empresa hay un departamento/área/persona encargado de la concepción o formulación de nuevos productos? Si  No

3 Respecto de las actividades de diseño/concepción que desarrolla la empresa para elaborar nuevos productos. ¿Aplica alguno de los siguientes métodos de diseño?,

Análisis funcional Si  No   
TRIZ (Teoría para Resolver Problemas de Inventiva) Si  No   
QFD (Quality Function Deployment) Si  No   
AMFE (Análisis Modal de Fallos) Si  No   
Otros – Especificar..... Si  No

4 ¿Utiliza software para el diseño/concepción de productos?. Por ejemplo, CAD-3D,...otros Si  No

5 ¿La empresa compra o licencia patentes o invenciones no patentadas, know how u otro tipo de conocimiento, de otras empresas u organizaciones? Si  No

6 ¿Hay reuniones con los clientes o los responsables de la empresa para la validación de los diseños en desarrollo? Si  No

7 ¿Existe un taller de maquetas, o taller para elaborar series cortas de producción, o laboratorio de ensayos para prototipos/? Si  No

8 ¿Las actividades de innovación de producto y de procesos, fueron desarrollados por la propia empresa? Si  No

9 ¿La empresa realiza la innovación de un nuevo/mejora producto/proceso-productivo con la ayuda de un socio/consultor externo a la empresa? Si  No

¿El socio/consultor externo a la empresa a cual de las siguientes estructuras pertenece?

Empresa privada  Institución del gobierno   
Universidad  Centro técnico

**Durante los tres años correspondientes al periodo 2008 – 2010.**

**10** La empresa ingreso en el mercado un producto nuevo o producto significativamente mejorado (excluir la reventa de producto nuevo pero comprado a otra empresa). Si  No

**11** La empresa ingreso en el mercado un producto nuevo o producto significativamente mejorado **antes** que sus competidores. Si  No

¿Cómo define la innovación efectuada en el producto?

Incremental  Radical

**12** La empresa implementó un nuevo proceso de producción o implementó significativas mejoras en sus procesos de producción. Si  No

**Información Adicional**

¿Su empresa registra abandono de actividades de innovación de productos o procesos productivos en el periodo de tiempo indicado? Si  No

¿Abandono en la etapa de diseño? Si  No

¿Abandono después que el proyecto de innovación empezó? Si  No

¿Abandono por serias demoras? Si  No

¿Que factores obstaculizan/generan-abandono de las actividades de innovación de productos o procesos productivos en el periodo de tiempo indicado?.

Elevados costos para la innovación Si  No

Falta de personal cualificado Si  No

Insuficiente demanda de mercado Si  No

Falta de infraestructura en la empresa Si  No

Otros Especificar..... Si  No

**II GESTION DEL PROYECTO**

**13** ¿Existe una planificación, programación y organización para cada proyecto de innovación? Si  No

**14** ¿Hay reuniones para definir el marco presupuestario de cada proyecto de innovación? Si  No

**15** ¿Esta implementado el monitoreo de gastos y rendición de cuentas para cada proyecto de innovación? Si  No

**16** ¿Utilizan algún software especializado para la de gestión de proyectos de innovación? Si  No

### **III ESTRATEGIA INTEGRADA**

17 ¿Los proyectos de innovación identificados se realizan integrados a las estrategias elaboradas por la Dirección? Si  No

18 ¿Hay reuniones respecto a las estrategias entre la Dirección y el Jefe del Proyecto de innovación? Si  No

19 ¿La empresa utiliza métodos como ayuda para definir sus decisiones estratégicas?. Por ejemplo: cadena de valor de Porter, matriz FODA, matriz de Mc Kinsey, el ciclo de vida del producto, otros. Si  No

20 En relación a los derechos de propiedad intelectual y respecto de cada proyecto de innovación culminado, ¿la empresa solicita registrar una patente o diseños industriales? Si  No

21 ¿La empresa recurre a consultores externos expertos en estrategias para sus proyectos? Si  No

¿El consultor externo a la empresa a cual de los siguientes pertenece?

Empresa privada   
Universidad

Institución del gobierno   
Centro técnico

### **IV GESTIÓN DE PORTAFOLIOS DE PROYECTOS**

22 ¿Existe un portafolio/cartera de proyectos donde están integrados los diferentes proyectos de innovación de la empresa? Si  No

23 ¿Hay un responsable de la organización y control de los proyectos del portafolio? Si  No

24 Según usted, ¿Es coherente la elección de los proyectos de innovación del portafolio? Si  No

25 ¿Utilizan algún software especializado para la de gestión del portafolio de proyectos, o software especializado que permitan obtener indicadores de desempeño de los proyectos? Si  No

### **V. ACCIONES DE RETRO – ALIMENTACIÓN EN EL PROCESO DE INNOVACIÓN**

26 ¿En la empresa, hay reuniones para analizar el desarrollo de las actividades del proyecto de innovación? Si  No

27 ¿Los resultados del análisis anterior se retroalimentan para mejorar las actividades del proyecto de innovación y se propicie un aprendizaje continuo? Si  No

28 ¿Se promueve la reunión entre profesionales de mucha experiencia en proyectos de innovación con los responsables actuales del proyecto de innovación? Si  No

## **VI. ORGANIZACIÓN DE LAS TAREAS DE INNOVACIÓN**

29 ¿En cada proyecto de innovación es asignado un responsable o jefe de proyecto?  
Si  No

30 ¿El equipo del proyecto, esta conformado por miembros de otras áreas o departamentos de la empresa?  
Si  No

31 A efectos que los miembros del equipo de proyecto puedan cumplir con las funciones correspondientes en sus áreas o departamentos y con el proyecto en ejecución, ¿Hay una asignación oficial de horas para los participantes de un proyecto de innovación?  
Si  No

## **VII. ASIGNACION DE COMPETENCIAS**

32 ¿La asignación del personal se efectúa teniendo en cuenta las competencias y habilidades necesarias para el futuro proyecto de innovación?  
Si  No

33 ¿Las capacitaciones/formación del personal son organizadas para desarrollar las competencias necesarias para futuros proyectos y actividades de innovación?  
Si  No

## **VIII. MOTIVACIÓN PARA LA INNOVACIÓN**

34 ¿Hay incentivos monetarios para los que innovan?  
Si  No

35 ¿Hay otros premios distintos al monetario para los que innovan?  
Si  No

36 ¿En la empresa tiene alguna manera de estimular la innovación, distinta a las anteriormente indicadas?. Especifique.  
Si  No

37 ¿Se realizan entrevistas individuales para medir que tan comprometidos/motivados están con los proyectos de innovación?  
Si  No

## **IX. APRENDIZAJE COLECTIVO**

38 Con el propósito de mejorar las competencias para la innovación ¿El aprendizaje colectivo se alcanza a través de los proyectos, investigaciones, experimentaciones?  
Si  No

39 ¿Hay reuniones entre las personas que trabajan en los diferentes proyectos de innovación para promover el aprendizaje colectivo?  
Si  No

40 ¿Hay un responsable a cargo de organizar el aprendizaje colectivo?  
Si  No

## **X. MEMORIZACIÓN DEL NUEVO CONOCIMIENTO**

41 ¿La memorización del nuevo conocimiento (know how adquirido) y la experiencia obtenida a través de proyectos de innovación culminados son organizadas para aprovecharlo en proyectos en curso o futuros?  
Si  No

42 ¿La información generada en proyectos de innovación ya culminados es memorizada, es decir, recolectada, codificada y clasificada, para oportunamente utilizarlos en proyectos en curso o futuros?  
Si  No

## **XI. VIGILANCIA/ ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS**

**43** ¿La información técnica respecto de nuevas tecnologías, métodos de producción (obtenida a través de proveedores, clientes, competidores, revistas científicas, revistas técnicas, Internet u otras fuentes) es leída y analizada en la empresa? Si  No

**44** ¿La información obtenida a través de visitas (ferias, exposiciones, congresos, o similares) son programadas y preparadas anticipadamente? Si  No

**45** ¿Hay personal de la empresa encargado de transformar la información antes mencionada en propuestas de nuevos proyectos de innovación? Si  No

## **XII. FUNCIONAMIENTO EN REDES**

**46** ¿La empresa está integrada en algunas de estas redes?  
¿Esta integrada en redes comerciales? Si  No

¿Esta integrada en redes productivas? Si  No

¿Esta integrada en redes de logística? Si  No

¿Está integrada en red con otras empresas? Si  No

¿Está integrada en red con instituciones privadas o gubernamentales? Si  No

¿Está integrada en red con centros técnicos? Si  No

¿Está integrada en red con universidades? Si  No

**47** ¿Hay un responsable para administrar las redes en las cuales está integrada la empresa? Si  No

## **XIII. CAPITALIZACIÓN DE IDEAS Y CONCEPTOS**

**48** ¿Hay reuniones/sesiones para recoger nuevas ideas provenientes de la investigación, los clientes, el personal de la empresa, para hacer emerger futuros proyectos de innovación? Si  No

**49** ¿Existe una base de datos con las ideas recogidas para oportunamente utilizarlos en proyectos de innovación en curso o futuros? Si  No

**50** ¿Las ideas que surgen para los proyectos de innovación tienen origen en lo que demanda el mercado? Si  No

**51** ¿Las ideas que surgen para los proyectos de innovación tienen origen a partir de nuevas tecnologías desarrolladas o adquiridas por la empresa? Si  No

**52** Respecto a la investigación de nuevos productos o soluciones técnicas, ¿la empresa recurre a un socio/consultor externo? Si  No

¿El socio/consultor externo a la empresa a cual de las siguientes estructuras pertenece?  
Empresa consultora privada  Institución del gobierno   
Universidad  Centro técnico

## ANEXO N°5

### CÁLCULO DEL ÍNDICE DE INNOVACIÓN Y SU EFECTO LÍMITE INCLUYENDO LOS MODELOS MATEMÁTICOS

EMPRESA N° 1									
DATOS INICIALES				CÁLCULO ÍNDICE INNOVACIÓN POTENCIAL (IIP)			CÁLCULO ÍNDICE INNOVACIÓN POTENCIAL MÁS SINERGIA (IIPS)		
Práctica	Preguntas de la Encuesta	Respuestas Positivas a la Encuesta	Valor de la Práctica (P)	Pesos	Peso Unitario	Valor PráctxPeso Unit.	Ecuación Matemática para Cálculo de Sinergia	Nuevo Valor de Práctica por Sinergia	Nuevo P x P.Unitario = IIP + Sinergia
						=Índice Innovación Pot. <b>IIP</b>			
1	12	8	0.667	38	0.38	0.253	$1 / (1+99e(-9.19P))$	0.6747	0.256
2	4	4	1.000	3	0.03	0.030	$1 / (1+99e(-9.19P))$	1.0000	0.030
3	5	2	0.400	20	0.2	0.080	$1 - e(-2.3P)$	0.6015	0.120
4	4	1	0.250	1	0.01	0.003	$1 - e(-2.3P)$	0.4373	0.004
5	3	0	0.000	10	0.1	0.000	$1 / (1+99e(-9.19P))$	0.0000	0.000
6	3	1	0.333	2	0.02	0.007	$1 - e(-2.3P)$	0.5354	0.011
7	2	0	0.000	1	0.01	0.000	$1 - e(-2.3P)$	0	0.000
8	4	2	0.500	2	0.02	0.010	$1 - e(-2.3P)$	0.6834	0.014
9	3	0	0.000	4	0.04	0.000	$1 / (1+99e(-9.19P))$	0.0000	0.000
10	2	0	0.000	2	0.02	0.000	$1 - e(-2.3P)$	0	0.000
11	3	2	0.667	2	0.02	0.013	$1 - e(-2.3P)$	0.7842	0.016
12	2	0	0.000	5	0.05	0.000	$1 - e(-2.3P)$	0	0.000
13	5	1	0.200	10	0.1	0.020	$1 / (1+99e(-9.19P))$	0.2109	0.021
SumaTotal	52	21		100.000	1.000	0.416			0.472

EMPRESA N° 2									
DATOS INICIALES				CÁLCULO ÍNDICE INNOVACIÓN POTENCIAL (IIP)			CÁLCULO ÍNDICE INNOVACIÓN POTENCIAL MÁS SINERGIA (IIPS)		
Práctica	Preguntas de la Encuesta	Respuestas Positivas a la Encuesta	Valor de la Práctica (P)	Pesos	Peso Unitario	Valor PráctxPeso Unit.	Ecuación Matemática para Cálculo de Sinergia	Nuevo Valor de Práctica por Sinergia	Nuevo P x P.Unitario = IIP + Sinergia
						=Índice Innovación Pot. <b>IIP</b>			
1	12	9	0.750	38	0.38	0.285	$1 / (1+99e(-9.19P))$	0.7494	0.285
2	4	3	0.750	3	0.03	0.023	$1 / (1+99e(-9.19P))$	0.7494	0.022
3	5	2	0.400	20	0.2	0.080	$1 - e(-2.3P)$	0.6015	0.120
4	4	1	0.250	1	0.01	0.003	$1 - e(-2.3P)$	0.4373	0.004
5	3	2	0.667	10	0.1	0.067	$1 / (1+99e(-9.19P))$	0.6747	0.067
6	3	1	0.333	2	0.02	0.007	$1 - e(-2.3P)$	0.5354	0.011
7	2	2	1.000	1	0.01	0.010	$1 - e(-2.3P)$	1	0.010
8	4	3	0.750	2	0.02	0.015	$1 - e(-2.3P)$	0.8218	0.016
9	3	3	1.000	4	0.04	0.040	$1 / (1+99e(-9.19P))$	1.0000	0.040
10	2	2	1.000	2	0.02	0.020	$1 - e(-2.3P)$	1	0.020
11	3	2	0.667	2	0.02	0.013	$1 - e(-2.3P)$	0.7842	0.016
12	2	0	0.000	5	0.05	0.000	$1 - e(-2.3P)$	0	0.000
13	5	4	0.800	10	0.1	0.080	$1 / (1+99e(-9.19P))$	0.7883	0.079
SumaTotal	52	34		100.000	1.000	0.642			0.691

EMPRESA N° 3									
DATOS INICIALES				CÁLCULO ÍNDICE INNOVACIÓN POTENCIAL (IIP)			CÁLCULO ÍNDICE INNOVACIÓN POTENCIAL MÁS SINERGÍA (IIPS)		
Práctica	Preguntas de la Encuesta	Respuestas Positivas a la Encuesta	Valor de la Práctica (P)	Pesos	Peso Unitario	Valor PráctxPeso Unit.	Ecuación Matemática para Cálculo de Sinergia	Nuevo Valor de Práctica por Sinergia	Nuevo P x P. Unitario = IIP + Sinergia
						=Índice Innovación Pot.			
1	12	6	0.500	38	0.38	0.190	$1 / (1 + 99e^{-9.19P})$	0.4994	0.190
2	4	2	0.500	3	0.03	0.015	$1 / (1 + 99e^{-9.19P})$	0.4994	0.015
3	5	2	0.400	20	0.2	0.080	$1 - e^{-2.3P}$	0.6015	0.120
4	4	0	0.000	1	0.01	0.000	$1 - e^{-2.3P}$	0.0000	0.000
5	3	1	0.333	10	0.1	0.033	$1 / (1 + 99e^{-9.19P})$	0.3243	0.032
6	3	1	0.333	2	0.02	0.007	$1 - e^{-2.3P}$	0.5354	0.011
7	2	0	0.000	1	0.01	0.000	$1 - e^{-2.3P}$	1	0.010
8	4	1	0.250	2	0.02	0.005	$1 - e^{-2.3P}$	0.4373	0.009
9	3	1	0.333	4	0.04	0.013	$1 / (1 + 99e^{-9.19P})$	1.0000	0.040
10	2	0	0.000	2	0.02	0.000	$1 - e^{-2.3P}$	1	0.020
11	3	1	0.333	2	0.02	0.007	$1 - e^{-2.3P}$	0.5354	0.011
12	2	0	0.000	5	0.05	0.000	$1 - e^{-2.3P}$	0	0.000
13	5	1	0.200	10	0.1	0.020	$1 / (1 + 99e^{-9.19P})$	0.2109	0.021
SumaTotal	52	16		100.000	1.000	0.370			0.479

EMPRESA N° 4									
DATOS INICIALES				CÁLCULO ÍNDICE INNOVACIÓN POTENCIAL (IIP)			CÁLCULO ÍNDICE INNOVACIÓN POTENCIAL MÁS SINERGÍA (IIPS)		
Práctica	Preguntas de la Encuesta	Respuestas Positivas a la Encuesta	Valor de la Práctica (P)	Pesos	Peso Unitario	Valor PráctxPeso Unit.	Ecuación Matemática para Cálculo de Sinergia	Nuevo Valor de Práctica por Sinergia	Nuevo P x P. Unitario = IIP + Sinergia
						=Índice Innovación Pot.			
1	12	4	0.333	38	0.38	0.127	$1 / (1 + 99e^{-9.19P})$	0.3243	0.123
2	4	1	0.250	3	0.03	0.008	$1 / (1 + 99e^{-9.19P})$	0.2498	0.007
3	5	0	0.000	20	0.2	0.000	$1 - e^{-2.3P}$	0.0000	0.000
4	4	0	0.000	1	0.01	0.000	$1 - e^{-2.3P}$	0.0000	0.000
5	3	1	0.333	10	0.1	0.033	$1 / (1 + 99e^{-9.19P})$	0.3243	0.032
6	3	1	0.333	2	0.02	0.007	$1 - e^{-2.3P}$	0.5354	0.011
7	2	1	0.500	1	0.01	0.005	$1 - e^{-2.3P}$	1	0.010
8	4	1	0.250	2	0.02	0.005	$1 - e^{-2.3P}$	0.4373	0.009
9	3	1	0.333	4	0.04	0.013	$1 / (1 + 99e^{-9.19P})$	1.0000	0.040
10	2	1	0.500	2	0.02	0.010	$1 - e^{-2.3P}$	1	0.020
11	3	1	0.333	2	0.02	0.007	$1 - e^{-2.3P}$	0.5354	0.011
12	2	0	0.000	5	0.05	0.000	$1 - e^{-2.3P}$	0	0.000
13	5	1	0.200	10	0.1	0.020	$1 / (1 + 99e^{-9.19P})$	0.2109	0.021
SumaTotal	52	13		100.000	1.000	0.234			0.284