

2018



PROYECTO FINAL

PRODUCCIÓN DE POLIPROPILENO

AMAYA, EDUARDO – MOLINA, FACUNDO – SÁNCHEZ MAURICIO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA



Universidad Nacional de Cuyo
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria
Producción de Polipropileno



“Producción de Polipropileno”

Autores: AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel

Carrera: Ingeniería Química con Orientación en Petroquímica

Tutores: Ing. MAGGIONI, Ricardo – Ing. LLORENTE, Carlos

Aprobado por:

.....
Presidente: Nombre y firma

.....
Fecha

.....
Director: Nombre y firma

.....
Fecha

.....
Co- Director: Nombre y firma

.....
Fecha

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA
San Rafael- Mendoza-Argentina

2018

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel



AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a nuestros padres, que son un eslabón fundamental a la hora de conseguir nuestros objetivos. A nuestros hermanos, quienes siempre han estado a disposición nuestra para hacernos soporte en todo lo que hemos requerido y que han hecho muchos sacrificios para que podamos llevar nuestra carrera adelante. A nuestras parejas, por ser un apoyo y ayudarnos a mantener la postura incondicionalmente en cada momento y ser un gran impulso para lograr los objetivos planteados. A nuestras familias en general, dado que sin su sacrificio y aporte esto no podría haber sido posible. A todos aquellos compañeros que de alguna u otra manera han colaborado con el desarrollo de este proyecto. Queríamos mencionar de manera especial a Solange Olazar y Gonzalo López que de manera totalmente desinteresada nos brindaron toda la información que, en reiteradas ocasiones, les solicitamos.

A aquellos profesores de la FCAI que han puesto parte de su tiempo a nuestra disposición, buscando orientarnos, corregirnos y aportar todos sus conocimientos para que podemos avanzar en nuestro proyecto de manera óptima, en especial a nuestros tutores Ing. Ricardo Maggioni e Ing. Carlos Llorente. Otro agradecimiento especial para el Dr. Mario Ninago por la predisposición a colaborar en todo momento.

Queríamos hacer extensivo el agradecimiento a Leandro A. Roth, de PetroCuyo quien, contando con una vasta experiencia en el rubro, fue de enorme ayuda para el avance del proyecto.

Para finalizar queremos dar un agradecimiento al personal de la biblioteca de la FCAI, quienes siempre prestaron su colaboración y amabilidad cuando fue requerida en la gran cantidad de momentos que pasamos en el establecimiento desarrollando nuestro trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS	XV
RESUMEN EJECUTIVO.....	1
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. GENERALIDADES	4
1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	4
1.3. CRITERIO ECONÓMICO GENERAL.....	4
1.4. INDUSTRIA PETROQUÍMICA.....	5
1.4.1. <i>Características generales</i>	5
1.4.2. <i>Características de este tipo de industrias</i>	8
1.5. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	8
1.6. LAS OPORTUNIDADES ARGENTINAS	9
1.7. CONCLUSIÓN.....	10
2. ESTUDIO DE MERCADO	11
2.1. INTRODUCCIÓN.....	11
2.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MERCADO	11
2.3. SITUACIÓN PRODUCTIVA Y ECONÓMICA	11
2.4. INDUSTRIA PETROQUÍMICA NACIONAL	13
2.5. CONSUMO DE PLÁSTICO PER CÁPITA	14
2.6. MERCADO PROVEEDOR DE MATERIAS PRIMAS.....	15
2.6.1. <i>Propileno</i>	15
2.6.2. <i>Producción nacional de propileno</i>	16
2.6.3. <i>Propileno en América Latina</i>	17
2.7. MERCADO CONSUMIDOR	18
2.7.1. <i>Datos básicos del sector</i>	20
2.8. MERCADO INTERNACIONAL.....	22
2.9. MERCADO ARGENTINO DE POLIPROPILENO	24
2.9.1. <i>Consumo nacional de polipropileno</i>	24
2.9.2. <i>Precio internacional</i>	26
2.9.3. <i>Aplicaciones del polipropileno</i>	27
2.10. ANÁLISIS DE FODAS PARA EL CRECIMIENTO DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA ARGENTINA	28
3. SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA.....	33
3.1. INTRODUCCIÓN.....	33
3.2. POLIPROPILENO.....	33
3.2.1. <i>Historia</i>	33
3.2.2. <i>Descripción del producto</i>	34

3.2.3.	<i>Materia prima fundamental</i>	35
3.2.4.	<i>Propiedades</i>	36
3.2.5.	<i>Tipos de polipropileno</i>	40
3.3.	ADITIVOS.....	42
3.3.1.	<i>Tipos de aditivos</i>	43
3.4.	MECANISMOS DE POLIMERIZACIÓN	56
3.4.1.	<i>Polimerización por adición y condensación</i>	57
3.4.2.	<i>Polimerización por crecimiento encadena y en etapas</i>	57
3.4.3.	<i>Catalizadores</i>	58
3.5.	TÉCNICAS DE POLIMERIZACIÓN	65
3.5.1.	<i>Clasificación</i>	65
3.5.2.	<i>Polipropileno a producir</i>	67
3.6.	TECNOLOGÍAS DE POLIMERIZACIÓN DE PROPILENO	67
3.6.1.	<i>Proceso Lipp</i>	68
3.6.2.	<i>Proceso Novolen</i>	69
3.6.3.	<i>Proceso Unipol</i>	70
3.6.4.	<i>Proceso Innovene PP de Ineos</i>	71
3.6.5.	<i>Proceso Hypol de Mitsui</i>	72
3.6.6.	<i>Proceso Spheripol de Basell</i>	73
3.7.	SELECCIÓN	74
4.	TAMAÑO	76
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	76
4.2.	FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO DEL PROYECTO.....	76
3.2.1.	<i>Relación Tamaño – Financiamiento</i>	76
4.2.1.	<i>Relación Tamaño – Punto de equilibrio</i>	77
4.2.2.	<i>Relación Tamaño – Capacidad de inversión</i>	77
4.2.3.	<i>Relación Tamaño – Mercado</i>	78
4.2.4.	<i>Relación Tamaño – Mercado proveedor</i>	79
4.2.5.	<i>Relación Tamaño – Recursos humanos</i>	79
4.2.6.	<i>Relación Tamaño – Tecnología</i>	80
4.2.7.	<i>Relación Tamaño – Medio Ambiente</i>	80
4.3.	RESULTADO DEL ANÁLISIS	81
4.4.	PROGRAMA DE PRODUCCIÓN	82
4.5.	CONCLUSIÓN.....	83
5.	LOCALIZACIÓN	84
5.1.	INTRODUCCIÓN.....	84
5.2.	HERRAMIENTAS DE SELECCIÓN	84
5.3.	MACROLOCALIZACIÓN	85
5.3.1.	<i>Factores que influyen en la Macrolocalización</i>	86
5.3.2.	<i>Factores a ponderar</i>	89
5.3.3.	<i>Matriz de ponderación</i>	91
5.3.4.	<i>Conclusión</i>	92
5.4.	MICROLOCALIZACIÓN	93

5.4.1.	<i>Factores que influyen en la microlocalización</i>	93
5.4.2.	<i>Factores a ponderar</i>	93
5.4.3.	<i>Matriz de ponderación</i>	96
5.4.4.	<i>Descripción del sitio seleccionado</i>	96
5.4.5.	<i>Conclusión</i>	99
6.	INGENIERÍA DE PROCESO	100
6.1.	INTRODUCCIÓN.....	100
6.2.	ALCANCE DE LA INGENIERÍA DE PROCESO.....	100
6.3.	PROCESO PRODUCTIVO.....	100
6.3.1.	<i>Diagrama de bloques de proceso</i>	101
6.4.	BALANCE DE MASA Y ENERGÍA	102
6.4.1.	<i>Memoria de cálculo</i>	102
6.5.	CÁLCULOS DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS	102
6.5.1.	<i>Balance de masa global</i>	102
6.5.2.	<i>Destilación de la mezcla de alimentación</i>	102
6.5.3.	<i>Reacción de polimerización</i>	105
6.5.4.	<i>Separación/recuperación polímero – gas</i>	113
6.5.5.	<i>Extrusión y mezcla</i>	118
6.5.6.	<i>Unidad de desodorizado</i>	123
6.5.7.	<i>Envasado</i>	125
6.5.8.	<i>Almacenamiento</i>	127
6.5.9.	<i>Despacho</i>	127
6.6.	DIAGRAMA COMPLETO DEL PROCESO	128
7.	SELECCIÓN Y DISEÑO DE EQUIPOS	129
7.1.	INTRODUCCIÓN.....	129
7.2.	ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS GASEOSAS	129
7.3.	DESETANIZADO Y DESTILACIÓN PROPANO-PROPILENO.....	132
7.3.1.	<i>Operación de destilación</i>	133
7.3.2.	<i>Platos de burbujeo</i>	134
7.3.3.	<i>Dimensiones de los equipos</i>	135
7.3.4.	<i>Equipamiento seleccionado</i>	135
7.4.	REACCIONES DE POLIMERIZACIÓN.....	137
7.4.1.	<i>Diseño reactores de polimerización</i>	137
7.4.2.	<i>Equipamiento seleccionado</i>	146
7.5.	APROVECHAMIENTO CALOR DE REACCIÓN	148
7.5.1.	<i>Cálculo camisa PPH1</i>	149
7.5.2.	<i>Cálculo camisa PPC1</i>	150
7.5.3.	<i>Cálculo camisa PPC2</i>	151
7.6.	RECIRCULACIÓN	153
7.6.1.	<i>Equipamiento seleccionado</i>	153
7.7.	SEPARACIÓN/RECUPERACIÓN POLÍMERO-GAS.....	155
7.7.1.	<i>Separación sólido-gas</i>	155
7.7.2.	<i>Diseño separadores</i>	156



7.7.3.	<i>Equipamiento seleccionado</i>	157
7.8.	EXTRUSIÓN	159
7.8.1.	<i>Componentes de la extrusora</i>	162
7.8.2.	<i>Equipamiento seleccionado</i>	163
7.9.	UNIDAD DE DESODORIZADO	164
7.9.1.	<i>Elementos constituyentes de un elevador de cangilones</i>	164
7.9.2.	<i>Tipos de elevadores de cangilones</i>	167
7.9.3.	<i>Equipos seleccionados</i>	168
7.10.	ENVASADO Y PELETIZADO	172
7.10.1.	<i>Envasado en bolsas de 25 kg</i>	172
7.10.2.	<i>Paletización</i>	174
7.10.3.	<i>Envasado en big bags de 1 250 kg</i>	175
7.11.	EQUIPOS AUXILIARES	177
7.11.1.	<i>Transporte neumático</i>	177
7.11.2.	<i>Caldera</i>	179
7.11.3.	<i>Autoelevadores</i>	180
7.11.4.	<i>Tuberías</i>	182
7.12.	CONCLUSIÓN.....	183
8.	INGENIERÍA DE GESTIÓN.....	184
8.1.	INTRODUCCIÓN.....	184
8.2.	PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN	184
8.3.	CARACTERÍSTICAS DE LA ORGANIZACIÓN.....	184
8.3.1.	<i>Razón social y funciones de la empresa</i>	184
8.3.2.	<i>Constitución legal</i>	185
8.4.	ORGANIGRAMA	185
8.5.	FICHAS DE FUNCIÓN.....	186
8.5.1.	<i>Gerencia</i>	187
8.5.2.	<i>Gerencia de operaciones</i>	189
8.5.3.	<i>Gerencia de economía y finanzas</i>	196
8.5.4.	<i>Gerencia comercial</i>	198
8.5.5.	<i>Gerencia de logística</i>	199
8.6.	TURNOS DE TRABAJO	200
8.7.	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES CARGOS.....	201
8.8.	CONSTITUCIÓN LEGAL DE LA EMPRESA	202
8.9.	DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DE MICRO, PEQUEÑA O MEDIANA EMPRESA ..	204
9.	DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	206
9.1.	INTRODUCCIÓN.....	206
9.2.	ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS.....	206
9.2.1.	<i>Materias primas fluidas</i>	206
9.2.2.	<i>Materias primas sólidas</i>	207
9.3.	ALMACENAMIENTO PRODUCTOS INTERMEDIOS	208
9.4.	ÁREA DE PRODUCCIÓN.....	210
9.5.	LABORATORIO	211

9.5.1.	<i>Consideraciones generales</i>	211
9.5.2.	<i>Dimensiones</i>	212
9.6.	ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO.....	212
9.6.1.	<i>Consideraciones de almacenaje</i>	212
9.6.2.	<i>Diseño del almacenamiento</i>	212
9.7.	EDIFICIOS AUXILIARES	214
9.7.1.	<i>Estacionamiento</i>	214
9.7.2.	<i>Comedor</i>	214
9.7.3.	<i>Sanitarios y vestidores</i>	215
9.8.	OFICINAS ADMINISTRATIVAS	215
9.9.	DISTRIBUCIÓN GENERAL.....	215
10.	ASPECTOS JURÍDICOS	217
10.1.	INTRODUCCIÓN.....	217
10.2.	MARCO LEGAL.....	217
10.2.1.	<i>Legislación nacional</i>	217
10.2.2.	<i>Legislación Provincial</i>	219
10.3.	MARCO IMPOSITIVO	221
10.3.1.	<i>Impuestos nacionales</i>	222
10.3.2.	<i>Impuestos provinciales</i>	224
10.3.3.	<i>Impuestos municipales</i>	225
10.4.	TRÁMITES E INSCRIPCIONES IMPOSITIVAS.....	225
11.	ASPECTOS NORMATIVOS Y DE CALIDAD	226
11.1.	INTRODUCCIÓN.....	226
11.2.	NORMAS A CERTIFICAR	226
11.2.1.	<i>Normas ISO</i>	226
11.2.2.	<i>Normas IRAM</i>	230
11.3.	CONTROL DE CALIDAD.....	232
11.3.1.	<i>Espectroscopía</i>	232
11.3.2.	<i>Determinación del contenido de agua</i>	233
11.3.3.	<i>Voltamperometría: determinación de residuos, impurezas y contaminantes</i>	233
12.	ASPECTOS AMBIENTALES	234
12.1.	INTRODUCCIÓN.....	234
12.2.	RESPONSABILIDAD SOCIAL AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA	234
12.3.	PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ASOCIADA AL PROYECTO	235
12.4.	MARCO LEGAL.....	236
12.5.	ESTRUCTURA DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	236
12.5.1.	<i>Descripción de los factores ambientales y determinación de la línea de base ambiental</i>	236
12.5.2.	<i>Identificación y valoración de los impactos ambientales</i>	242
12.6.	CONCLUSIÓN.....	247
13.	HIGIENE Y SEGURIDAD	249

13.1.	GENERALIDADES	249
13.2.	LEY DE HIGIENE Y SEGURIDAD	249
13.2.1.	<i>Condiciones generales de construcción y sanitarias</i>	249
13.2.2.	<i>Ruidos</i>	250
13.2.3.	<i>Ventilación</i>	250
13.2.4.	<i>Iluminación</i>	251
13.2.5.	<i>Elementos de protección personal</i>	251
13.2.6.	<i>Elementos de protección industrial</i>	252
13.2.7.	<i>Información de seguridad para la manipulación de equipos</i>	253
13.2.8.	<i>Equipos extintores y señalización</i>	256
13.2.9.	<i>Sistema de alarmas</i>	259
13.3.	MANEJO DEL POLIPROPILENO	259
13.3.1.	<i>Identificación de los riesgos</i>	259
13.3.2.	<i>Efectos negativos sobre la salud de las personas</i>	259
13.3.3.	<i>Riesgos específicos</i>	260
13.3.4.	<i>Medidas contra el fuego</i>	260
13.3.5.	<i>Productos peligrosos que se liberan de la combustión</i>	260
13.3.6.	<i>Manipulación</i>	260
13.3.7.	<i>Almacenamiento</i>	260
13.4.	CONCLUSIÓN.....	261
14.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	262
14.1.	INTRODUCCIÓN.....	262
14.2.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	262
14.3.	ESTRUCTURA DE COSTOS	263
14.3.1.	<i>Inversión inicial</i>	263
14.3.2.	<i>Cronograma de inversiones</i>	268
14.3.3.	<i>Inversión en capital de trabajo (ICT)</i>	270
14.3.4.	<i>Costos fijos</i>	272
14.3.5.	<i>Costos variables</i>	282
14.3.6.	<i>Costos totales</i>	287
14.4.	PUNTO DE EQUILIBRIO.....	288
14.5.	BENEFICIOS DEL PROYECTO	292
14.5.1.	<i>Precio de venta</i>	292
14.5.2.	<i>Ingresos totales</i>	293
14.5.3.	<i>Contribución marginal</i>	293
14.5.4.	<i>Utilidad anual</i>	294
14.5.5.	<i>Flujo de caja</i>	295
14.5.6.	<i>Valor actual neto</i>	297
14.5.7.	<i>Tasa interna de retorno</i>	298
14.6.	CONCLUSIÓN.....	298
15.	ANÁLISIS DE RIESGOS	299
15.1.	INTRODUCCIÓN.....	299
15.2.	RIEGOS IDENTIFICADOS	299

15.3.	ASPECTOS TECNOLÓGICOS	299
15.3.1.	<i>Baja de productividad</i>	299
15.3.2.	<i>Falta de insumos y/o servicios</i>	300
15.3.3.	<i>Falla de maquinaria</i>	300
15.4.	ASPECTOS ECONÓMICOS	302
15.4.1.	<i>Aumento del precio de las materias primas</i>	302
15.4.2.	<i>Baja en el precio del producto</i>	302
15.5.	SINIESTROS E IMPREVISTOS	302
15.5.1.	<i>Incendios y explosiones</i>	302
15.5.2.	<i>Accidentes de trabajo</i>	303
15.6.	RESUMEN	304
15.7.	CONCLUSIÓN.....	304
16.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	305
16.1.	INTRODUCCIÓN.....	305
16.2.	PARÁMETROS A SENSIBILIZAR.....	305
16.3.	JUSTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS SELECCIONADOS	305
16.3.1.	<i>Transferencia del costo al precio de venta</i>	305
16.3.2.	<i>Tendencia del precio de venta</i>	306
16.4.	VARIACIÓN DEL RESULTADO ECONÓMICO	307
16.4.1.	<i>Sensibilización frente al costo de la mezcla de alimentación</i>	307
16.4.2.	<i>Sensibilización frente al precio de venta del PP</i>	308
17.	BIBLIOGRAFÍA	310
17.1.	LIBROS Y ARTÍCULOS	310
17.2.	PÁGINAS WEB.....	310

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Cadena de Valor de la Industria Química.....	6
Figura 1-2 Cadena petroquímica plástica.....	7
Figura 2-1 Participación por producto en el valor de producción. Año 2016.....	12
Figura 2-2 Producción anual de manufacturas de plástico (años 2010 – 2015)	13
Figura 2-3 Consumo de plásticos per cápita	15
Figura 2-4 Recorrido de productos plásticos	19
Figura 2-5 Capacidad Instalada Polipropileno.....	24
Figura 2-6 Demanda de Polipropileno por región.....	24
Figura 2-7 Mercado argentino de polipropileno	25
Figura 2-8 Precio de mercado de PP en Argentina	26
Figura 2-9 Precio promedio de la tonelada de PP	27
Figura 2-10 Destino del polipropileno en Argentina.....	28
Figura 3-1 Formula simplificada y la estructura del polipropileno (isotáctico)	34
Figura 3-2 Estructura química y molecular del propileno.....	36
Figura 3-3 Tipos de tacticidad.....	41
Figura 3-4 Reacción de degradación en cadena.....	49
Figura 3-5 Reacción del antioxidante	50
Figura 3-6 Reacción de deshidrohalogenación	51
Figura 3-7 Reacción de eliminación de HCl	51
Figura 3-8 Reacción del estabilizante ultravioleta	52
Figura 3-9 Reacción de espumantes químicos	54
Figura 3-10 Agentes de curado típicos	55
Figura 3-11 Reacción de polimerización	56
Figura 3-12 Formación Anión Ciclopentadienilo.....	58
Figura 3-13 Formación del Ferroceno.....	59
Figura 3-14 Bis – Clorozirconoceno	59
Figura 3-15 Ligando Indenilo	59
Figura 3-16 Polímero Metil alumoxano (MAO)	60
Figura 3-17 Complejo Catalizador.....	60
Figura 3-18 Asociación Agóstica.....	61
Figura 3-19 Reacción de Polimerización.....	61
Figura 3-20 Reacción de Polimerización.....	62



Figura 3-21 Reacción de Polimerización.....	62
Figura 3-22 Reacción de Polimerización.....	63
Figura 3-23 Efectos estéricos	63
Figura 3-24 Polimerización pasos de Inserción y Reacción	64
Figura 3-25 Reacción de término de Cadena con la formación de un Hidruro y un Isoalqueno.....	65
Figura 3-26 Proceso en suspensión Slurry	66
Figura 3-27 Proceso en fase líquida	66
Figura 3-28 Proceso en fase gaseosa	67
Figura 3-29 Proceso LIIP	69
Figura 3-30 Proceso Novolen	70
Figura 3-31 Proceso Unipol de Dow	71
Figura 3-32 Proceso de Innovene.....	72
Figura 3-33 Proceso Hypol	73
Figura 3-34 Proceso Spheripol	74
Figura 4-1 Demanda vs Capacidad instalada	78
Figura 4-2 Variación de la demanda en función del tiempo.....	79
Figura 5-1 Mapa petroquímico de Argentina	88
Figura 5-2 Refinería Axxion Energy S.A. Campana	94
Figura 5-3 Refinería Shell Dock Sud.....	95
Figura 6-1 Diagrama de bloques.....	101
Figura 6-2 Balance de masa desetanización mezcla propileno-propano.....	104
Figura 6-3 Balance de masa destilación mezcla propileno-propano.....	105
Figura 6-4 Reacciones de polimerización	106
Figura 6-5 Balance de masa Reacción de homopolimerización	107
Figura 6-6 Balance de masa Reacción de copolimerización aleatoria.....	109
Figura 6-7 Balance de masa Reacción de copolimerización en bloque.....	111
Figura 6-8 Balance de masa separador polímero-gas PPH1	113
Figura 6-9 Balance de masa condensador de recuperación PPH1	115
Figura 6-10 Balance de masa separador polímero-gas PPC1	115
Figura 6-11 Balance de masa condensador de recuperación PPC1	116
Figura 6-12 Balance de masa separador polímero-gas PPC2	117
Figura 6-13 Balance de masa condensador de recuperación PPC2	118
Figura 6-14 Balance de masa extrusión PPH1.....	120

Figura 6-15 Balance de masa extrusión PPC1.....	121
Figura 6-16 Balance de masa extrusión PPC2.....	122
Figura 6-17: Unidad desodorizadora PPH1.....	124
Figura 6-18 Unidad desodorizadora PPC1.....	124
Figura 6-19 Unidad desodorizadora PPC2.....	125
Figura 6-20 Unidad envasadora PPH1	126
Figura 6-21 Unidad envasadora PPC1	126
Figura 6-22: Unidad envasadora PPC2	127
Figura 6-23 Diagrama del proceso.....	128
Figura 7-1 Tanque de almacenamiento de gases	132
Figura 7-2 Zona de rectificación.....	133
Figura 7-3 Zona de agotamiento.....	133
Figura 7-4 Platos de burbujeo	134
Figura 7-5 Columna de destilación.....	137
Figura 7-6 Reactor de polimerización	148
Figura 7-7 Esquema de un tanque envuelto parcialmente por una camisa	149
Figura 7-8 Extractor	154
Figura 7-9 Extractorhelioidal	155
Figura 7-10 Separador ciclónico	159
Figura 7-11 Representación Extrusora de Husillo Sencillo.....	160
Figura 7-12 Zonas de una Extrusora y Evolución de la Presión	161
Figura 7-13 Disposición de husillos en extrusoras de doble husillo; giro contrario y giro en paralelo; diferentes grados de interpenetración de los tornillos	162
Figura 7-14 Tornillo de una extrusora	162
Figura 7-15 Ficha técnica extrusoras	163
Figura 7-16 Extrusora	164
Figura 7-17 Diagrama elevador de cangilones.....	165
Figura 7-18 Elevador de cangilones.....	172
Figura 7-19 Envasadora	174
Figura 7-20 Paletizadora.....	175
Figura 7-21 Envasadora big bags	177
Figura 7-22 Sistema de transporte neumático	178
Figura 7-23 Caldera.....	180
Figura 7-24 Autoelevador	182

Figura 8-1 Organigrama de la empresa	186
Figura 8-2 Ficha de función Gerente de economía y finanzas	188
Figura 8-3 Ficha de función Gerente comercial.....	189
Figura 8-4 Ficha de función Gerente de logística.....	189
Figura 8-5 Ficha de función Jefe de mantenimiento.....	190
Figura 8-6 Ficha de función oficial instrumentista	190
Figura 8-7 Ficha de función oficial electricista.....	191
Figura 8-8 Ficha de función oficial electricista.....	191
Figura 8-9 Ficha de función Laboratorista.....	192
Figura 8-10 Ficha de función Jefe de producción.....	192
Figura 8-11 Personal de la organización.....	201
Figura 8-12 Diferencias entre una Sociedad Anónima y una Sociedad de Responsabilidad Limitada	203
Figura 9-1 Almacén de materias primas sólidas.....	208
Figura 9-2 Esquema silos de almacenamiento.....	209
Figura 9-3 Layout área de producción	210
Figura 9-4 Almacenamiento de PP	213
Figura 9-5 Almacenamiento de producto final.....	214
Figura 9-6 Oficinas	215
Figura 9-7 Distribución general de la planta.....	216
Figura 11-1 Ciclo PHVA.....	227
Figura 12-1 Índice de Calidad de Aire – Septiembre 2018	241
Figura 12-2 Índice de Calidad de Aire – Septiembre 2018 (continuación)	242
Figura 13-1 Elementos de protección personal para riesgos sonoros	250
Figura 13-2 Elementos de protección personal.....	252
Figura 13-3 Señales de seguridad que deben encontrarse en las máquinas	256
Figura 13-4 Clase de extintores	257
Figura 13-5 Chapas Balizas.....	258
Figura 13-6 Monitor fijo contra incendios	259
Figura 14-1 Distribución de costos fijos	281
Figura 14-2 Variación de costos fijos en el horizonte de evaluación	282
Figura 14-3 Distribución de costos fijos	287
Figura 14-4 Distribución entre costos fijos y variables.....	287
Figura 14-5 Distribución de costos totales	288

Figura 14-6 Punto de equilibrio	291
Figura 14-7 Zona punto de equilibrio	292
Figura 14-8 Composición del precio de venta de un producto.....	292
Figura 16-1 Variación precio PP vs GLP.....	306
Figura 16-2 Tendencia del precio de venta	306
Figura 16-3 Variación del VAN con el costo de la mezcla de alimentación	307
Figura 16-4 Variación de la TIR con el costo de la mezcla de alimentación	308
Figura 16-5 Variación del VAN con el precio de venta del PP.....	309
Figura 16-6 Variación de la TIR con el precio de venta del PP	309

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Principales empresas productoras de polímeros en Argentina.....	14
Tabla 2-2 Propileno, producción y destino (toneladas).....	16
Tabla 2-3 Principales productoras de Propileno en Argentina.....	17
Tabla 2-4 Potencial de etileno y propileno en las materias primas que se exportan (2016)	17
Tabla 2-5 Complejos y Polo Petroquímicos en Latinoamérica	18
Tabla 2-6 Mercado argentino de polipropileno	25
Tabla 2-7 Análisis FODAs de la Industria Petroquímica argentina	32
Tabla 3-1 Propiedades Físicas	36
Tabla 3-2 Propiedades Mecánicas.....	37
Tabla 3-3 Propiedades Químicas.....	37
Tabla 3-4 Propiedades Térmicas	37
Tabla 3-5 Propiedades Eléctricas	37
Tabla 3-6 Tipos de aditivos según su función en el material	43
Tabla 3-7 Principales tipos de carga	47
Tabla 4-1 Empresas productoras de polipropileno	81
Tabla 4-2 Programa de producción propuesto	82
Tabla 5-1 Tarifa Transporte Febrero 2018	89
Tabla 5-2 Método de factores ponderados.....	92
Tabla 5-3 Método de factores ponderados.....	96
Tabla 7-1 Ficha técnica tanque de almacenamiento de GLP	130
Tabla 7-2 Ficha técnica tanque de almacenamiento de etileno.....	131
Tabla 7-3 Ficha técnica tanque de almacenamiento de propileno.....	131
Tabla 7-4 Ficha técnica Columna de desetanizado.....	136
Tabla 7-5 Ficha técnica Columna de destilación propileno-propano	136
Tabla 7-6 Ficha técnica Reactor R-1000.....	147
Tabla 7-7 Ficha técnica Reactor R-2000.....	147
Tabla 7-8 Ficha técnica Reactor R-3000.....	148
Tabla 7-9 Ficha técnica extractor	154
Tabla 7-10 Ficha técnica extractor helicoidal	155
Tabla 7-11 Ficha técnica Separador SEP-1000	158
Tabla 7-12 Ficha técnica Separadores SEP-2000 y SEP-3000.....	158

Tabla 7-13 Catálogo MARTIN para selección de elevadores de cangilones	169
Tabla 7-14 Ficha técnica Unidad de desodorizado UD-1000	170
Tabla 7-15 Ficha técnica Unidad de desodorizado UD-2000	171
Tabla 7-16 Ficha técnica Unidad de desodorizado UD-3000	171
Tabla 7-17 Ficha técnica envasadora bolsas 25 kg	173
Tabla 7-18 Ficha técnica robot paletizador	175
Tabla 7-19 Ficha técnica envasadora big bags	176
Tabla 7-20 Ficha técnica Sistema de transporte neumático	178
Tabla 7-21 Ficha técnica Caldera	180
Tabla 7-22 Ficha técnica Autoelevadores	181
Tabla 8-1 Ficha de función Gerente General	187
Tabla 8-2 Ficha de función Gerente de operaciones.....	187
Tabla 8-3 Ficha de función Encargado de destilación	193
Tabla 8-4 Ficha de función Operador destilación	193
Tabla 8-5 Ficha de función Encargado reacción-recuperación.....	194
Tabla 8-6 Ficha de función Operador reactor.....	194
Tabla 8-7 Ficha de función Operación de separación monómero	195
Tabla 8-8 Ficha de función Encargado extrusión-ensado.....	195
Tabla 8-9 Ficha de función Operador extrusión	196
Tabla 8-10 Ficha de función Operador de ensado	196
Tabla 8-11 Ficha de función Caja	197
Tabla 8-12 Ficha de función Créditos y cobranzas	197
Tabla 8-13 Ficha de función Contabilidad	198
Tabla 8-14 Ficha de función Marketing	198
Tabla 8-15 Ficha de función Ventas.....	199
Tabla 8-16 Ficha de función Encargado de almacén	199
Tabla 8-17 Ficha de función Asistente de almacén	200
Tabla 8-18 Volumen de ingresos de empresas según su tamaño	204
Tabla 9-1 Dimensiones palets.....	213
Tabla 12-1 Evolución poblacional y la variación intercensal porcentual del partido de Campana.....	240
Tabla 12-2 Calificación de impactos	245
Tabla 12-3 Matriz de impacto ambiental etapa de construcción de la planta.....	246
Tabla 12-4 Matriz de impacto ambiental etapa de producción y mantenimiento.....	247

Tabla 13-1 Niveles de iluminación	251
Tabla 14-1 Inversión inicial en terreno	264
Tabla 14-2 Inversión inicial en edificio e instalaciones	264
Tabla 14-3 Inversión inicial en equipamiento y maquinarias	266
Tabla 14-4 Inversión inicial en rodados y equipos.....	267
Tabla 14-5 Inversión inicial en muebles y útiles	267
Tabla 14-6 Inversión inicial en cargos diferidos.....	268
Tabla 14-7 Cronograma de Inversión.....	269
Tabla 14-8 Cronograma de Inversión (continuación)	270
Tabla 14-9 Depreciaciones en edificación e instalaciones	274
Tabla 14-10 Depreciaciones en equipos y maquinarias	275
Tabla 14-11 Depreciaciones en rodados y equipos	276
Tabla 14-12 Depreciaciones en muebles y útiles	276
Tabla 14-13 Amortizaciones en cargos diferidos.....	277
Tabla 14-14 Costo fijo en mano de obra permanente	280
Tabla 14-15 Costos fijos de servicios y otros	281
Tabla 14-16 Costos variables de materia prima e insumos	283
Tabla 14-17 Costos variables en mano de obra.....	286
Tabla 14-18 Costos variables en servicios y otros	286
Tabla 14-19 Punto de equilibrio	291
Tabla 14-20 Ingresos Totales por ventas	293
Tabla 14-21 Contribución Marginal	294
Tabla 14-22 Utilidad Anual.....	294
Tabla 14-23 Flujo de Caja.....	297
Tabla 15-1 Resumen análisis de riesgos	304
Tabla 16-1 Sensibilidad del proyecto al costo de la mezcla de alimentación.....	307
Tabla 16-2 Sensibilidad del proyecto al precio de venta del PP	308

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo contiene el análisis y evaluación técnico-económica de: “Planta de producción de polipropileno”. El estudio realizado alcanza el nivel de prefactibilidad.

El polipropileno (PP) es un polímero termoplástico comercial, semicristalino, blanco, semiopaco, y que actualmente se elabora en una amplia variedad de calidades y modificaciones. Un plástico termo conformado o técnico que básicamente se utiliza para la construcción de piezas que necesitan resistencia química, peso ligero y fricción suave, entre muchos otros usos. El polipropileno es obtenido a través del propileno (principalmente) y, del total del propileno producido en el país, más del 90% es destinado a la industria petroquímica (principalmente a la producción de polipropileno). Según estudios realizados por la Cámara de la Industria Química y Petroquímica Argentina, se proyecta hacia 2025 un crecimiento importante en la demanda nacional de polipropileno, alcanzando ésta valores de 780 000 toneladas por año, lo cual representa una importante oportunidad para introducirse en el mercado.

La importancia del desarrollo de nuevas plantas transformadoras radica, a nivel nacional, en el abastecimiento permanente del material requerido, adicionalmente de la generación de empleos y la industrialización en el país.

En el estudio de mercado se permite inferir que la disposición de materia prima a nivel nacional o sudamericano estaría garantizada. Además, no se identifican elementos que indiquen aumentos sustanciales en el precio de los mismos (cabe destacar que el análisis se desarrolla en dólares americanos) teniendo en cuenta que el producto a comercializar es un commodity, esta empresa sería tomadora de precio y no formadora. La distribución a los clientes podría lograrse en forma directa, ya que el producto terminado es apto para el consumo instantáneamente. El precio utilizado en la evaluación prevé esta última situación, y el mismo se obtuvo a partir de una regresión realizada en un horizonte temporal entre los años 2007 y 2017, el cual arrojó un valor de 1770 U\$D/tn.

Como referencia principal fueron utilizados los datos arrojados por el IPA (Instituto Petroquímico Argentino) y los distintos ministerios encargados del desarrollo industrial y tecnológicos de la Nación, tanto en consumo como el precio del producto, y de algunos boletines oficiales en cuanto a estudios e investigaciones del consumo potencial en los próximos años. Estos datos fueron analizados y estudiados cuidadosamente teniendo en cuenta las situaciones económicas mundiales y nacionales para luego hacer una proyección a 10 años.

Según las características propias del proceso y especificaciones técnicas del producto final a obtener, el proceso productivo y la tecnología más adecuada por disponibilidad de equipos y simplicidad del desarrollo y diseño de los mismos, consiste en el desarrollo del proceso Novolen (patente), en el cual la reacción se lleva a cabo en fase gaseosa.

Para la determinación del tamaño, que se define en base al volumen de producción, se parte de la premisa de sustituir las importaciones argentinas de polipropileno. Para esto

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel



se consideran las proyecciones de aumento de la demanda y los datos de las empresas nacionales productoras que no proyectan ampliaciones sustanciales en su capacidad de producción. El tamaño máximo quedaría limitado por la disponibilidad de materia prima. Con estas consideraciones se establece que el tamaño seleccionado sería de 200 000 toneladas anuales. Este valor se contrastó con otras plantas del mismo producto, que, en general, tienen volúmenes de producción similares o mayores.

Con este nivel de producción se cubriría un 50 % del aumento de la demanda proyectada promedio de polipropileno en Argentina para los años de evaluación del proyecto, y representaría una participación del 38 % en el mercado nacional de polipropileno.

Del estudio de localización realizado, se identificó (tras una serie de análisis de ponderación, entre otros) como mejor alternativa la ubicación del emprendimiento en el parque industrial de Campana, Provincia de Buenos Aires, destacándose de otras localizaciones, como por ejemplo Dock Sud, por la disponibilidad de terrenos, servicios y cercanía a los distintos mercados.

El proceso parte de una mezcla de gases en un reactor a presión y temperatura en presencia de un catalizador, a partir de una destilación de gases de petróleo, por medio del cual se obtendría el polipropileno, que debe ser tratado en distintas etapas, a saber, separación, extrusión, desodorizado para su posterior almacenamiento y comercialización. Cabe destacar que la etapa de extrusión sería de las más importantes, dado que esta le conferirá las propiedades finales mediante el agregado de aditivos, y la forma del producto final, que será comercializado en pelets. El producto será obtenido y comercializado en tres presentaciones, homopolímero, copolímero en bloque y copolímero aleatorio.

Se realizó, además, un análisis acerca de las distintas leyes y decretos que aplicarían para el proyecto y se concluyó que no habría ninguna normativa que dificulte la instalación de una planta de este tipo.

La mayor parte de los compradores del producto objeto serían Pymes transformadoras de plásticos nacionales, que, en su mayoría, no exigen la certificación de normativas internacionales de calidad. Sin embargo, se estableció la conveniencia de implementación de normas ISO previendo una ampliación de los horizontes de mercado.

En lo que respecta al análisis medio ambiental, este tipo de producto no generaría efluentes líquidos directamente, aunque se tendrían efluentes acuosos productos del funcionamiento habitual de la planta como son los cloacales y aguas residuales producto de la limpieza. Además, se generarían pequeñas cantidades de efluentes líquidos por la condensación del vapor utilizado en las unidades de desodorizado. La cantidad de efluentes gaseosos y sólidos sería despreciable, aunque se proponen las medidas de mitigación correspondientes. Se puede observar que el impacto que se ocasionaría al medio ambiente no sería de gran magnitud, aunque es muy importante la seguridad industrial, ya que se trabaja con una materia prima clasificada como explosivo.

Para la radicación en el parque industrial, el organismo regulador municipal exige una Evaluación de Impacto Ambiental, y para obtener la Declaración de Impacto Ambiental, el proyecto deberá pasar la instancia de la Audiencia Pública, además de seguir con otras legislaciones dependientes de la localización y el tipo de actividad a desarrollar.

El análisis económico fue realizado para un horizonte de evaluación de 10 años. La implementación de este proyecto demandaría una inversión inicial de U\$D 95 013 445,67, mientras que la inversión en capital de trabajo alcanzaría los U\$D 85 503 030,67. La tasa de descuento se calculó a través del método CAPM y arrojó un valor de 18,05 %.

Los costos anuales de operación se estiman en U\$D 259 359 193,03, mientras que las utilidades anuales se encuentran en U\$D 94 640 806,97, por lo que el VAN, evaluado a 10 años sería de U\$D 113 993 200,44, y la TIR sería de casi un 33,3%, teniendo el punto de equilibrio cercano a las 21940 toneladas vendidas.

Del análisis de riesgo se determinaron cualitativamente ciertos valores que afectan al proyecto, y a fines de un proyecto de pre-factibilidad se encuentra que las atribuciones económicas son los que más afectarían la viabilidad del proyecto.

De estas variables se realizó un análisis de sensibilidad unidimensional. Se estudiaron como parámetros influyentes el costo de la materia prima y el precio de venta del producto, considerando que las proyecciones establecieron un valor cercano al máximo histórico para el PP. En cuanto al costo de materia prima la sensibilidad alcanzaría un 18 %, mientras que, en el caso de una disminución del precio de venta, la sensibilidad sería de un 13 %. A partir de estos valores se obtendrían resultados de VAN negativos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

A continuación, se desarrollará un proyecto de fábrica, el cual consiste en un estudio de pre-factibilidad respecto a la construcción e instalación de una planta de producción de un producto comercializado en abundancia, en tal medida que es llamado “comodity”, obtenido a través de aplicaciones de la industria petroquímica, este producto es el polipropileno (PP).

Cabe aclarar que, debido a ciertos factores limitantes relacionados con la falta de información, en el siguiente análisis se realizarán ciertas simplificaciones, tratando de llegar a un resultado satisfactorio y lo más realista posible. Las decisiones tomadas respecto al proyecto, serán pensadas en un horizonte extenso en el tiempo, para asegurar la rentabilidad a corto, mediano y largo plazo, dado que el tiempo de vida de la empresa (debido al consumo en ascenso permanente del producto) así lo permite, tal es así que no se planifican futuras ampliaciones, sino que se plantea una planta que exceda a las necesidades actuales para poder cubrir las futuras. Una vez que se cuente con la infraestructura y los recursos humanos necesarios, se comenzará la etapa de producción del presente emprendimiento, buscando aumentar la rentabilidad al máximo y abarcando la mayor parte posible del mercado consumidor existente (y futuro, como se dijo previamente).

Así, en esta primera parte no se abordarán temas específicos, y se describirá brevemente la problemática encontrada, el producto a fabricar, sus características constructivas, usos y aplicaciones, entre otros temas.

1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos que persigue la realización de este proyecto son de diversa índole y a continuación se citan los principales:

- Evaluar el mercado del polipropileno, las posibles localizaciones y su tamaño.
- Determinar las tecnologías disponibles para su producción.
- Diseñar una planta acorde a los factores anteriores y a normas de calidad y legales.
- Evaluar los impactos ambientales asociados a la explotación.
- Evaluar su factibilidad económica.
- Determinar los riesgos más importantes del proyecto.
- Evaluar la factibilidad en distintos escenarios.

1.3. CRITERIO ECONÓMICO GENERAL

Se tomará una postura conservadora en cuanto a los pronósticos de precios, también a la hora de estimar costos y diseño de equipos también se tomó como aproximado al de mayor valor. El criterio es ponerse en la situación más desfavorable.

Si el estudio de prefactibilidad es viable en esa situación, se justificará realizar un estudio en detalle, en el que seguramente, una estimación de costos más precisa resultará en un pronóstico con mayor beneficio económico.

El horizonte de evaluación elegido es de 10 años. Este es un valor general aceptable para la evaluación en un escenario inestable como es el mercado argentino. Sin embargo, el beneficio en alza que posee este tipo de productos debido al aumento en su uso (dada su versatilidad en cuanto a la aditivación), hacen que tenga sentido tomar horizontes de evaluación mayores, pero como se dijo previamente, si el proyecto arroja una viabilidad en un período de 10 años, se supone que a plazos mayores también lo hará. Otros estudios de pre factibilidad de este tipo de producción toman horizontes típicos superiores a 20 años. En este caso se decide tomar un horizonte más reducido siguiendo con el criterio de la situación más desfavorable. Un horizonte de evaluación muy largo hace que el valor actual del proyecto aumente, por lo que hace más fácil considerar rentable un proyecto. De nuevo, si la evaluación económica es viable para 10 años será conveniente seguir con el proyecto.

Hay que considerar además que, si bien el valor contable después de ese tiempo es nulo (exceptuando edificios e instalaciones), durante toda la evaluación se separarán costos de mantenimiento por lo que al final del proyecto todavía se tiene una planta funcional.

1.4. INDUSTRIA PETROQUÍMICA

1.4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La cadena de la industria química parte de un insumo base (extraído de la naturaleza) y consiste en una sucesión de etapas de transformación por medio de procesos químicos hasta la obtención de un producto final, con características físico-químicas determinadas. Algunos de estos procesos trascienden la industria química, es decir comprenden eslabones de transformación posterior que no se corresponden a un proceso químico. Este es el caso de la cadena petroquímica-plástica, cuyo último eslabón está conformado por la industria transformadora plástica.

Dentro de la industria química se suelen distinguir dos grandes familias de productos en función del insumo base que da origen a sus respectivas cadenas productivas. De esta manera, aquellas cadenas que tienen origen en la transformación del petróleo o el gas natural dan lugar a la obtención de petroquímicos (en su gran mayoría corresponden a químicos orgánicos), mientras que el resto de las cadenas, cuyo origen son insumos minerales forman parte de la química propiamente dicha (no petroquímica).

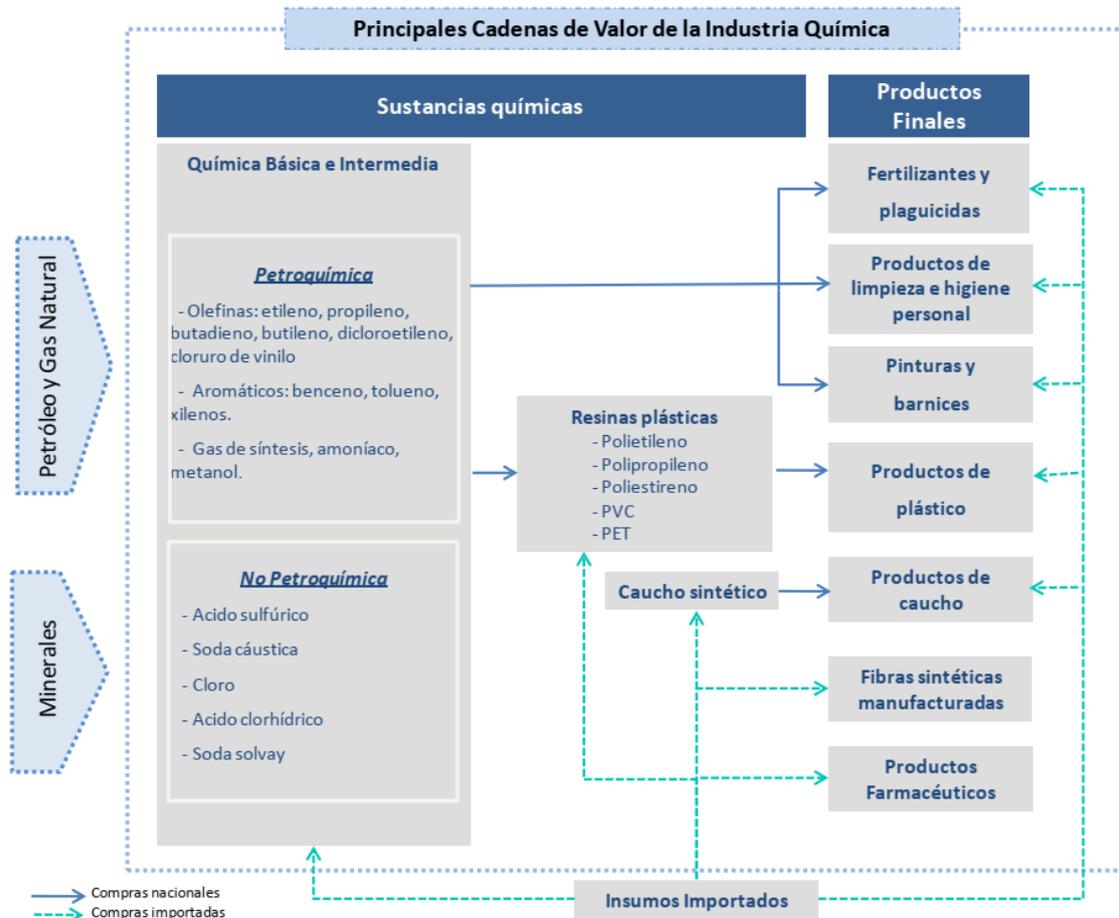


Figura 1-1 Cadena de Valor de la Industria Química

Fuente: Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo

Los petroquímicos, suelen clasificarse de acuerdo a la etapa productiva a la que pertenecen. La etapa inicial es la petroquímica básica (IPB), le sigue la intermedia (IPI) y, por último, la final (IPF).

La IPB es aquella que realiza la primera transformación del petróleo o gas natural y otros hidrocarburos líquidos, para la obtención de insumos para la IPI y/u otros productos finales. Los principales productos que fabrica son olefinas (etileno, propileno, butileno, etc.), aromáticos (benceno, tolueno, o-xileno, etc.), gas de síntesis, metanol, amoníaco, entre otros. Por su parte, la IPI transforma insumos generados por la IPB en productos finales y/o insumos de la IPF. Entre los productos elaborados por la IPI figuran: estireno, etilenglicol, fenol, etc.

Por último, la IPF elabora a partir del procesamiento de productos básicos o intermedios una serie de productos entre los cuales se pueden distinguir, de acuerdo a su uso final los siguientes grupos: materias primas plásticas, caucho sintético, fibras sintéticas, fertilizantes nitrogenados, artículos de limpieza y de cuidado personal, entre otros.

Las principales materias primas plásticas producidas y utilizadas en nuestro país son resinas termoplásticas: polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno de alta densidad (PEAD), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET), policloruro de vinilo (PVC) y poliestireno (PS).

El gas natural es la principal materia prima utilizada para la obtención de plásticos en la Argentina. A partir de este insumo se elaboran los polietilenos y el PVC, mientras que subproductos de la refinación de petróleo son usados para la producción de PP y PS. El PET es el único de los materiales mencionados que requiere de insumos importados (ácido tereftálico y monoetilenglicol).

La industria plástica, por su parte, elabora a través de distintos procesos productivos, una gran diversidad de productos plásticos, los cuales son utilizados en una proporción significativa como insumo por otras industrias. Los principales procesos de transformación empleados para la elaboración de productos plásticos son cinco: extrusión, inyección, soplado, calandrado y termoformado. Generalmente, dos de estos procesos son combinados para que un producto tome la forma definitiva. A partir de estos procesos mencionados, se obtiene una diversidad de productos que pueden ser agrupados en cinco categorías: semiterminados; envases y embalajes; tuberías, sanitarios y otros materiales para la construcción; artículos de uso doméstico; otros.

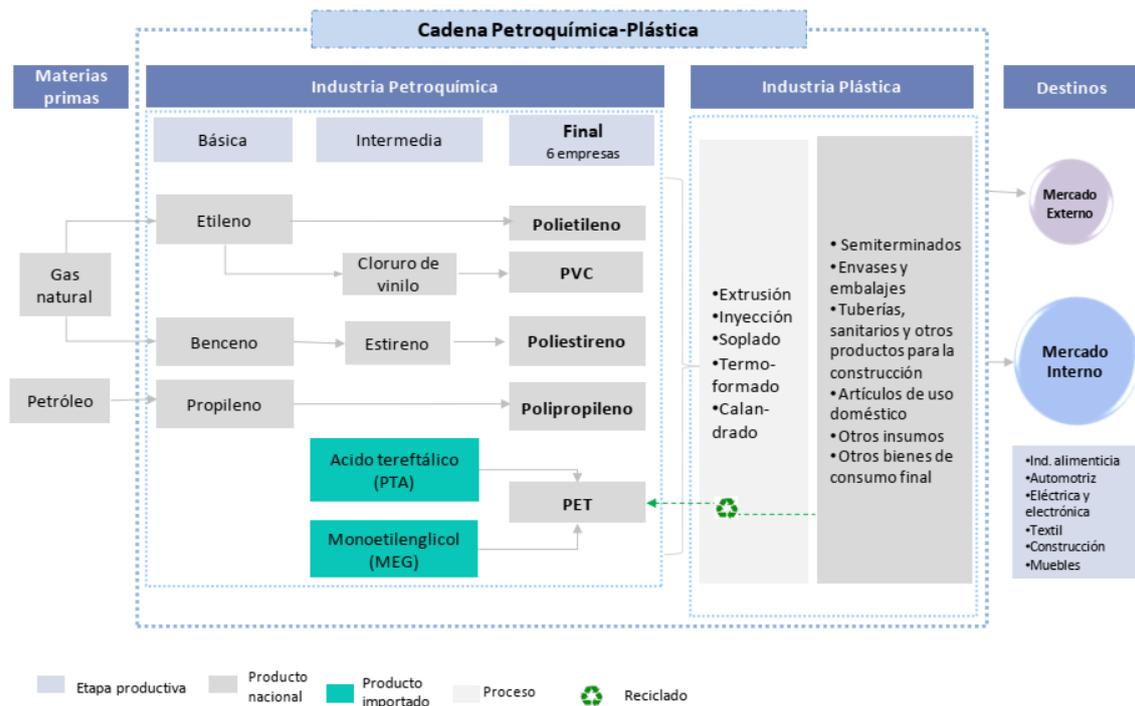


Figura 1-2 Cadena petroquímica plástica

Fuente: Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo

1.4.2. CARACTERÍSTICAS DE ESTE TIPO DE INDUSTRIAS

La industria petroquímica se caracteriza por ser altamente capital intensiva, en la cual la inversión se torna viable a partir de una cierta escala mínima que permite diluir los costos fijos y en la que existe una importante penalización cuando decrece el porcentaje de la capacidad utilizada. Asimismo, las economías de escala no son sólo a nivel de planta sino también de la firma o grupo, por la amortización de algunos costos fijos (comercial, administrativo y financiero) y los gastos en investigación y desarrollo (I+D).

La oferta de productos petroquímicos reacciona lentamente a los cambios de la demanda debido a que la ampliación de la capacidad instalada en la industria insume un período considerable de tiempo. Adicionalmente, las inversiones requeridas para ampliar la oferta corresponden a montos importantes –dando lugar a saltos discretos en el volumen producido- en mercados que tienden a estar concentrados, y consecuentemente hay relativamente pocos inversores potenciales.

Asimismo, este eslabón de la cadena, se encuentra sujeto a ciclos de precios internacionales determinados por dos factores: el precio de las materias primas (petróleo y gas) y el balance entre la capacidad instalada (que se amplía a “saltos”) y la demanda (que a nivel global depende fundamentalmente del nivel de actividad en los países asiáticos y en las economías más desarrolladas).

Las materias primas plásticas son en general bienes de tipo commodity, es decir con escasa diferenciación de producto, un grado de transabilidad alto y donde la competencia se da fundamentalmente vía precio.

En cuanto a la estructura de mercado, la producción de estos bienes presenta un alto grado de concentración debido, en gran medida, a que la escala mínima de producción es elevada. Este aspecto le confiere cierto poder para trasladar aumentos de precio a sus clientes, los fabricantes de productos plásticos, en su mayoría pymes. Cabe señalar que las materias primas plásticas se venden al sector transformador en forma de pellets, cuyo precio interno se encuentra cercano al de paridad de importación, siendo sensible a las variaciones del precio internacional de los hidrocarburos, del tipo de cambio y de la política comercial (aranceles).

En cuanto a la dinámica tecnológica, hay que señalar que, si bien la industria petroquímica constituye una actividad tecnológicamente madura, son importantes las actividades de I+D dedicadas a la mejora de procesos antiguos y, en menor medida, a generar otros nuevos (para reducir costos, aumentar la eficiencia energética o disminuir los niveles de agresión al medio ambiente).

1.5. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El polipropileno (PP) es un polímero termoplástico comercial, semicristalino, blanco, semiopaco, y que actualmente se elabora en una amplia variedad de calidades y modificaciones. Un plástico termo conformado o técnico que básicamente se utiliza para la construcción de piezas que necesitan resistencia química, peso ligero y fricción suave.

Es un material muy rígido y duro, que tiene una excelente resistencia al impacto, a los productos líquidos corrosivos y a la dieléctrica. El Polipropileno tiene una mayor rigidez, dureza y estabilidad que el polietileno, pero este es más resistente al corte.

El polipropileno, es un plástico técnico se usa en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaquetados para alimentos, sector textil, equipamientos y equipos de laboratorio, componentes automotrices, sector del caucho y el corcho, fabricación industrial de bombas de trasvase, bridas y uniones, etc. Se utiliza en una gran cantidad de procesos industriales, como la industria química, eléctrica, troquelaje de pieles, textiles, cauchos, corchos, cubrimientos industriales, bombas de trasvase, líquidos corrosivos, placas de apoyo para filtros industriales, bridas para uniones de canalizaciones y tubos, cajas de baterías, conducciones de agua potable, aguas residuales, calefacción, etc.

El polipropileno también se emplea en dispositivos de estanquidad, toneles, bidones, cajas, juguetes de todo tipo, recipientes domésticos, hojas retráctiles y de embalaje.

Por lo general, el polipropileno es tenaz y flexible, en especial cuando presenta la forma de copolímero con etileno. Esto permite utilizar el polipropileno como plástico técnico. Dicho material es razonablemente económico, y se puede hacer que sea translúcido cuando no presenta color, pero no es tan fácil hacerlo transparente como el poliestireno, la fibra acrílica o determinados plásticos. A menudo se utilizan pigmentos para que sea opaco o de color. El polipropileno muestra una buena resistencia a la fatiga.

El procesamiento por fusión del polipropileno se puede lograr mediante extrusión y moldeo. La técnica de conformado más habitual es el moldeo por inyección, que se utiliza para la fabricación de objetos como tazas, cubiertos, frascos, tapas, contenedores, utensilios del hogar y piezas de automóviles. El polipropileno es el material para bandas modulares de la mayoría de aplicaciones de transporte.

1.6. LAS OPORTUNIDADES ARGENTINAS

Como se dijo previamente, y se desarrollará a lo largo de este estudio de prefactibilidad, el aumento el consumo de este tipo de productos se debe, en parte, a la incorporación de los mismos en distintas aplicaciones.

Según estudios realizados por la Cámara de la Industria Química y Petroquímica argentina, se proyecta hacia 2025 un crecimiento importante en la demanda nacional de polipropileno, y sabiendo que existe una parte de este consumo que se satisface en base a importaciones, esto representa una importante oportunidad para introducirse en el mercado.

El nivel de exportaciones es bajo, pero en los últimos años se ha producido un incremento debido principalmente al aumento en los niveles de consumo de materiales plásticos producido a nivel mundial analizados posteriormente.

En este sentido, las exportaciones no superan el 9% de la producción, si bien en el período 2000-2009 crecieron significativamente en relación con el período 1990-1999

(8,7% vs. 3,4% de participación), mientras que las importaciones oscilan entre el 11% y el 12% de las ventas totales. No obstante, en los últimos diez años la balanza comercial ha sido deficitaria.

1.7. CONCLUSIÓN

De este primer capítulo puede concluirse que la producción de polipropileno (con sus distintas variables) es una oportunidad muy importante para el desarrollo de la industria plástica en Argentina, no sólo por lo que económicamente representa la disminución de importaciones de este tipo, sino por el desarrollo social e industrial que una empresa de esta envergadura representa.

Como se verá en el estudio de mercado, hay un importante crecimiento en la demanda de este producto por lo cual hay un espacio para cubrir con oferta y al tratarse de un polímero obtenido por gases, que son productos de la destilación del crudo, su producción no se verá impedida (normalmente) por la ausencia de la materia prima. Es por ello que Argentina cuenta con una gran proyección para este tipo de emprendimientos.

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1. INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos más importantes en la elaboración de proyectos, es el análisis del mercado en el que se va a ofrecer el producto, ya que, un conocimiento adecuado del mismo permite evaluar las posibilidades de éxito del bien o servicio evaluado. Es necesario estar alerta a las exigencias y expectativas del mercado, más aún en una época de globalización y de alta competitividad de productos como la que se vive actualmente.

Cualquier proyecto que se esté evaluando debe tener un estudio de mercado que le permita saber en qué medio habrá de moverse, pero sobre todo si las posibilidades de venta son reales y si los bienes o servicios podrán colocarse en las cantidades pensadas, de modo tal que se cumplan los propósitos y objetivos propuestos.

El estudio de mercado que se presenta en este capítulo se realiza a través de un estudio conjunto de investigaciones sobre: la competencia, clientes, demanda, oferta, características del entorno, canales de distribución, lugares de venta del producto, precios, promoción, etc.

2.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MERCADO

Los principales objetivos de este capítulo son:

- Analizar el mercado de las materias primas y demás insumos indispensables para el proceso productivo.
- Estudiar el mercado competidor, es decir, a todas las empresas que forman parte de la industria en la que se llevará a cabo el proyecto.
- Comprender las características del medio externo o internacional que pueden influir el desempeño del proyecto.
- Caracterizar al usuario o consumidor potencial del producto gracias a una previa segmentación del mercado.
- Aportar información para colaborar con la delimitación del área geográfica que va a ser atendida por el proyecto.
- Estimar el comportamiento futuro de la demanda y de la oferta de polipropileno.
- Colaborar con la determinación de la cantidad de producto que los clientes estarán dispuestos a adquirir. Esta determinación se profundizará en el Capítulo 4 "Tamaño".
- Estimar el precio del polipropileno al cual los consumidores estarán dispuestos a adquirirlo.

2.3. SITUACIÓN PRODUCTIVA Y ECONÓMICA

La producción de materiales plásticos ha tenido un retroceso en los últimos años. La caída para el periodo 2010-2015 en su conjunto fue de -1,8%, registrándose un alza sólo en el año 2011 ya que en los últimos cuatro años la evolución fue negativa.

Esta coyuntura de retroceso no es ajena a los factores estructurales que influyen en el desempeño a largo plazo del sector petroquímico. Las limitaciones que encuentra esta actividad en la provisión de materias primas derivadas del petróleo y gas condicionan fuertemente sus planes de inversión, por lo que desde hace más de una década no se registran ampliaciones significativas de la capacidad instalada en esta industria, pese a que en el largo plazo el consumo per cápita de plásticos continúa en expansión.

En el caso de los materiales obtenidos a partir de productos de la refinación de petróleo, siendo el caso más significativo el del polipropileno, las posibilidades de expandir la producción se encuentran supeditadas al incremento de la capacidad productiva de combustibles ya que la materia prima (propileno) es un subproducto del proceso de craqueo catalítico del cual se obtiene principalmente naftas. En los últimos años no se han registrado ampliaciones de importancia en este proceso, consecuentemente la producción de propileno ha tendido al estancamiento, lo cual constituyó un cuello de botella para la ampliación de la capacidad de polipropileno.

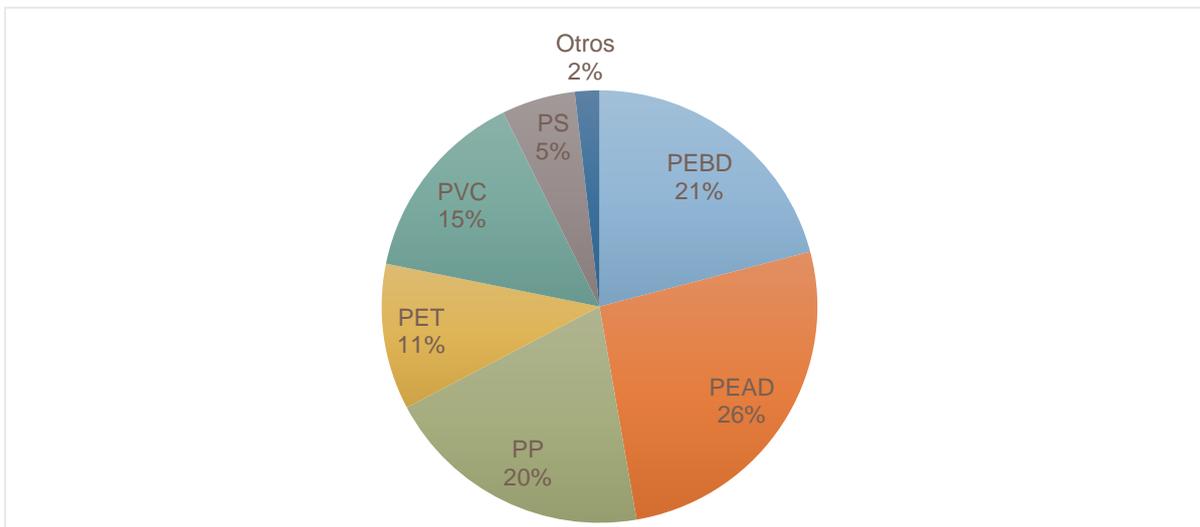


Figura 2-1 Participación por producto en el valor de producción. Año 2016

Fuente: Elaboración propia en base a datos de ECOPLAS



Figura 2-2 Producción anual de manufacturas de plástico (años 2010 – 2015)

Fuente: Elaboración propia en base a información de la CAIP

La producción de manufacturas de plástico, medida a partir del consumo aparente de materias primas plásticas, muestra un crecimiento de 8,7% entre los años 2010 y 2015. Los primeros años del periodo fueron de importante crecimiento producto de la recuperación tras la crisis internacional que había impactado en los niveles productivos de 2008 y 2009. Sin embargo, a partir de 2012 se evidencia un estancamiento y posterior caída de la producción vinculada al escaso dinamismo del mercado interno durante esos años. Esta evolución está en relación al desempeño de los sectores demandantes, siendo las principales aplicaciones las relacionadas a envases y embalajes (utilizados en gran medida por industria alimenticia y las actividades de comercio, entre otras), la construcción y la industria automotriz. En el año 2015, la producción de manufacturas de plástico volvió a exhibir crecimiento, lo que le permitió recuperar los niveles alcanzados en el año 2011.

2.4. INDUSTRIA PETROQUÍMICA NACIONAL

Las principales firmas son PBB Polisor – Dow Argentina S.A. (polietileno), Unipar Indupa (PVC), PetroCuyo (ex Petroken) y PetroCuyo (ex Petroquímica Cuyo) ambas produciendo polipropileno, Pampa Energía S.A. (poliestireno) y DAK Americas (PET).

Este sector presenta aquí, como en otras partes del mundo, una fuerte presencia de empresas transnacionales. Como puede verse en la tabla 2-1 a continuación, tanto en el caso del polipropileno como del poliestireno existen dos empresas productoras, mientras que cada uno de los restantes materiales es producido por una sola empresa. El capital accionario es extranjero a excepción de las productoras de polipropileno que es de origen nacional.

Empresa	Accionistas	Productos	Capacidad anual (2017) (Tns/año)	Localización
PBB Polisor – Dow Argentina S.A.	Dow Chemical (EEUU)	LLDPE/LDPE/HDPE	650 000	Bahía Blanca
Unipar-Indupa SA	UNIPAR (Brasil)	PVC	230 000	Bahía Blanca
PetroCuyo (ex Petroken SA)	Sielecki group (Argentina)	PP & PP Compuestos	200 000	Ensenada (BsAs)
PetroCuyo (ex Petroquímica Cuyo SA)	Sielecki group (Argentina)	PP & PPC	130 000	Luján de Cuyo (Mendoza)
Pampa Energía SA	Pampa Energía	PS	66 000	Zárate (BsAs)
Styroppek SA	Alfa SA (México)	EPS	16 500	San Lorenzo (Santa Fe)
DAK Americas Arg	Alfa SA (México)	PET	185 000	Zárate (BsAs)
Total			1 477 500	

Tabla 2-1 Principales empresas productoras de polímeros en Argentina

Fuente: ECOPLAS

2.5. CONSUMO DE PLÁSTICO PER CÁPITA

En los últimos años, ha habido una clara tendencia en el aumento de aplicaciones de materiales plásticos en diferentes rubros ha generado un importante aumento en el consumo de este tipo de materiales. Este aumento ha sido principalmente en perjuicio de otros materiales como por ejemplo vidrios, metales, etc.

Esta tendencia se ve representada en la figura 2-3 donde se grafica la variación en los niveles de consumo de materiales plásticos a nivel mundial.

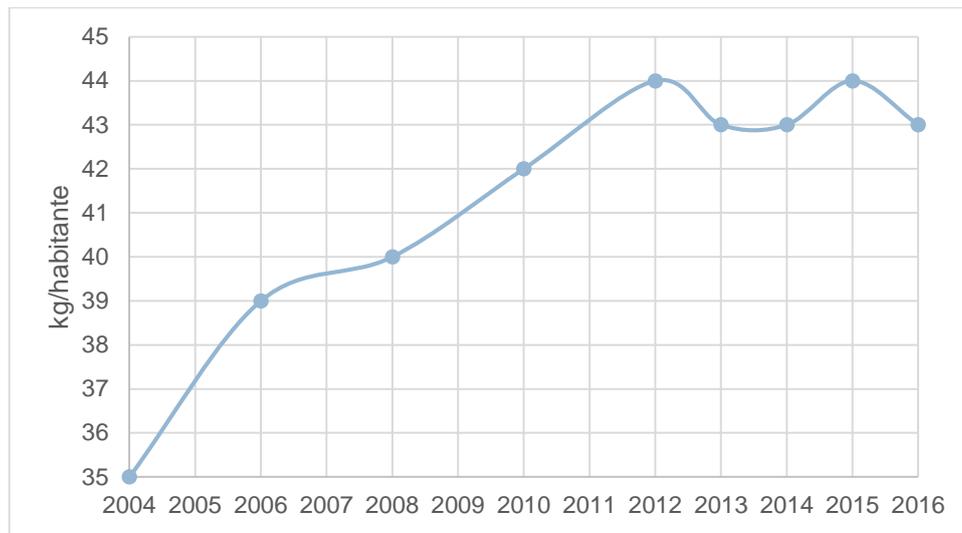


Figura 2-3 Consumo de plásticos per cápita

Fuente: ECOPLAS

2.6. MERCADO PROVEEDOR DE MATERIAS PRIMAS

2.6.1. PROPILENO

En la producción de polipropileno la materia prima principal es el propileno, y es la disponibilidad de éste uno de los principales factores a tener en cuenta a la hora de determinar la capacidad de producción de una planta.

El propileno o propeno a temperatura ambiente y a presión atmosférica se encuentra en estado gaseoso y, al igual que otros alquenos, es incoloro. Tiene un olor semejante al petróleo, pero de menor intensidad. Presenta un momento dipolar ya que, aunque carece de un enlace polar fuerte, su molécula es asimétrica.

Asimismo, el propileno es un isómero estructural del ciclopropano (tienen la misma fórmula química C_3H_6). Se presenta en la naturaleza como consecuencia de los procesos de vegetación y fermentación.

El propileno, en Argentina y en general, se obtiene mayoritariamente de cortes de hidrocarburos. También puede obtenerse usando diferentes metodologías:

- Haciendo reaccionar en forma reversible el etileno y el buteno, donde los dobles enlaces se rompen y reformulan para dar el propileno.
- Mediante un proceso de deshidrogenación (pérdida de hidrógeno) del propano.
- A partir del metanol, se pasa este por el catalizador zeolita, el cual promueve su deshidratación y conduce a la formación de etileno y propileno.

2.6.2. PRODUCCIÓN NACIONAL DE PROPILENO

Como se destacó anteriormente, la principal fuente de propileno es la refinación del petróleo. Del total del propileno producido en el país, más del 90% es destinado a la industria petroquímica, principalmente a la producción de polipropileno.

	2012	2013	2014	2015	2016
Producción en refinerías	299 062	284 322	278 838	292 059	288 805
Producción en petroquímicas	37 238	45 595	37 154	36 912	46 649
Producción total	336 300	329 917	315 992	328 971	335 454
Importación	1 337	3 000	-	-	-
Consumo petroquímico	303 653	282 274	276 331	317 463	310 629
Usos como combustible y otros destinos	33 984	50 643	39 961	11 507	24 826

Tabla 2-2 Propileno, producción y destino (toneladas)

Fuente: Anuario IPA 2017

Las principales productoras a nivel nacional de propileno son las refinerías pertenecientes a YPF ubicadas en Ensenada (Buenos Aires) y en Luján de Cuyo (Mendoza). Estas refinerías tienen convenios con las empresas productoras de polipropileno y les envían el total de su producción.

Por ejemplo, la refinería Luján de Cuyo envía a PetroCuyo una mezcla de propano-propileno, que es una mezcla de hidrocarburos livianos constituida principalmente por propileno y propano, en proporciones variables. En condiciones normales es gaseosa, y al ser comprimida pasa a estado líquido. Se produce en las Unidades de Craqueo Catalítico de la refinería. En PetroCuyo realizan la separación de estos dos compuestos y devuelven a la destilería el propano, mientras que utilizan el propileno como materia prima de sus polímeros.

Empresa	Ubicación	Capacidad de Producción (tn/año)
AXION	Campana – Buenos Aires	40 000
TRAFIGURA	Bahía Blanca – Buenos Aires	14 000
YPF	Ensenada – Buenos Aires	130 000
YPF	Luján de Cuyo – Mendoza	85 000
PBB Polisur	Bahía Blanca – Buenos Aires	20 000

REFINOR	Campo Durán – Salta	3 000
SHELL	Dock Sud– Buenos Aires	50 000

Tabla 2-3 Principales productoras de Propileno en Argentina

Fuente: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva – Presidencia de la Nación

Otra fuente potencial en Argentina de propileno son algunas materias primas petroquímicas que son exportadas y podrían transformarse a través de procesos químicos en este alqueno. Los ejemplos más importantes de estos productos son propano, butano, gasolinas, nafta virgen, etc.

Materias primas exportadas	Exportación (toneladas)	Etileno (toneladas)	Propileno (toneladas)
Propano	522 055		
Butano	365 344		
Gasolinas	287 050		
Nafta Virgen	165 691		
Potencial		519 036	214 861
Otros cortes de nafta ⁽¹⁾	283 956		
Gasolinas y condensados Cuenca Austral ⁽²⁾	377 640		
Potencial		745 627	419 438

⁽¹⁾ Se asume que el 50% sería apto para petroquímica
⁽²⁾ El grueso de esta producción se exporta por Punta Loyola mezclada con petróleo

Tabla 2-4 Potencial de etileno y propileno en las materias primas que se exportan (2016)

Fuente: Anuario IPA 2017

2.6.3. PROPILENO EN AMÉRICA LATINA

A nivel mundial existe una gran cantidad de productores de propileno que son potenciales proveedores de la materia prima para la instalación de una planta de obtención de polipropileno.

Sin embargo, por cuestiones principalmente de transporte es más factible comprar materia prima de plantas que se encuentren dentro de América Latina. En la Tabla 2–5 a continuación se presentan las principales productoras de propileno en los distintos países de América Latina.

País	Complejo/polo petroquímico	Materia prima	Productos petroquímicos
Brasil	Camacari	Gas natural (importado de Bolivia), hidrocarburos refinados	Etileno, Propileno, urea
	Sao Paulo	Hidrocarburos refinados	Etileno, Propileno, otros
	Triunfo	Productos intermedios de refinería (Nafta)	Etileno, Propileno, otros
México	Pajaritos	Gas natural, hidrocarburos refinados	Etileno, Propileno, urea
Venezuela	Tablazo	Productos intermedios de refinería, gas natural	Etileno, Propileno, amoníaco, urea, metanol
Colombia	Barrancabermeja	Hidrocarburos refinados	Etileno, Propileno
Trinidad y Tobago	AUM	Gas natural	Amoníaco, urea, Etileno, Propileno

Tabla 2-5 Complejos y Polo Petroquímicos en Latinoamérica

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Educación en Ingeniería Química Secoconsulting

Dentro de América Latina, considerando factores como distancia y capacidad de producción, Brasil es un factible proveedor de propileno. Cuenta con grandes plantas con capacidades de producción entre 250 000 y 580 000 toneladas de propileno al año. La capacidad instalada en todo el país es de 1,7 millones de toneladas de propileno al año.

2.7. MERCADO CONSUMIDOR

El producto final que se elabora en este proyecto, debe ser transformado para generar distintos productos de consumo que puedan ser empleados directamente por los consumidores. Este proceso de transformación puede hacerse con distintas técnicas dependiendo del producto que se desee obtener y es realizado por la industria transformadora plástica.

La industria transformadora plástica es aquella que procesa, moldea y transforma los insumos provistos por el sector petroquímico.

En otras palabras, pese a que cada vez son mayores las aplicaciones de los productos plásticos, sólo un pequeño segmento termina directamente en poder del público sin pasar previamente por otra industria.

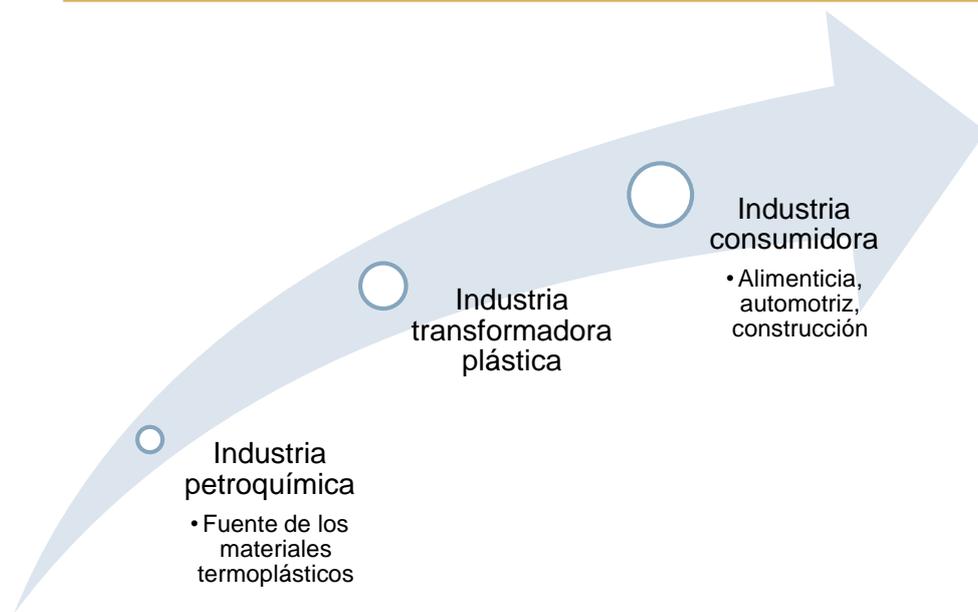


Figura 2-4 Recorrido de productos plásticos

Fuente: Elaboración propia

La industria plástica, integrada mayormente por empresas pymes, produce artículos que pueden ser agrupados de la siguiente manera, teniendo en cuenta su finalidad:

- Semiterminados (productos que luego serán transformados nuevamente por otras industrias): películas (film), barras, varillas, perfiles, placas, láminas, hojas, revestimientos, etc.
- Envases y embalajes: cajas, cajones, bolsas, botellas, bidones, damajuanas, frascos, potes, tambores, tapones, tapas, etc.
- Tuberías, sanitarios y otros materiales para la construcción: tubos y accesorios de tuberías (juntas, codos, empalmes, etc.), mangueras, bañeras, duchas, bidés, inodoros, depósitos, cisternas, puertas, ventanas y sus marcos, etc.
- Artículos de uso doméstico: vajillas y demás objetos para el servicio de mesa o de cocina (biberones, juegos de té, café, vasos, tazas, platos), artículos para higiene y tocador (jaboneras, portacepillos, portarrollos, esponjas, toalleros, cortinas de baño, etc.), contenedores para alimentos y microondas, etc.
- Autopartes: partes de vehículos automóviles: guardabarros, defensas, parrillas, tableros, tapizados, ópticas, cables, perillas, etc.
- Otros insumos: artículos de oficina, correas de transmisión y correas transportadoras; artículos de laboratorio o de farmacia, accesorios utilizados para hemodiálisis; cascos de seguridad, etc.
- Otros bienes de consumo final: artículos escolares; accesorios de vestir; estatuillas y adornos; etc.

Asimismo, esta industria utiliza diferentes procesos de transformación que le permiten convertir la materia prima en producto final. Los más importantes son: extrusión, inyección, soplado, calandrado y termoconformado.

Generalmente, se combinan dos de estos procedimientos para que un producto tome la forma definitiva. Para la fabricación de botellas, por ejemplo, se usan los métodos de inyección y de soplado.

Estos procesos constituyen una tecnología ya madura y estandarizada, bien difundida entre los productores alrededor del mundo y con más de 20 años de existencia. No obstante, la aparición de nuevos materiales termoplásticos y la necesidad de lograr una mayor eficiencia productiva obliga a los fabricantes a renovar periódicamente su parque de maquinarias y equipos. A Argentina estos ingresan mayormente del exterior (principalmente de Alemania e Italia).

Otro rasgo que genéricamente presenta esta industria es su relativamente bajo grado de apertura comercial, debido fundamentalmente a la elevada incidencia de los costos de transporte, por tratarse normalmente de productos con escaso valor por unidad de volumen.

En este sentido, las exportaciones no superan el 9% de la producción, si bien en el período 2000-2009 crecieron significativamente en relación con el período 1990-1999 (8,7% vs. 3,4% de participación).

Las importaciones oscilan entre el 11% y el 12% de las ventas totales. No obstante, en los últimos diez años la balanza comercial ha sido deficitaria.

2.7.1. DATOS BÁSICOS DEL SECTOR

La industria transformadora plástica está integrada mayormente por pymes, que absorben alrededor del 4,3% del empleo industrial. Según datos de la Cámara Argentina de la Industria Plástica, existen en el país aproximadamente 2 780 plantas, que emplean alrededor de 40 000 trabajadores.

La mayor parte de las fábricas están localizadas en la ciudad de Buenos Aires (16,8%) y en el Gran Buenos Aires (60,4%). El resto se reparte entre las provincias de Santa Fe (6,8%), Córdoba (5,5%), resto de la provincia de Buenos Aires (3,1%) y San Luis (2,5%).

La década de los '90 se caracterizó por un importante crecimiento de la industria plástica, lo que marcó una clara diferencia con respecto a los '80. El consumo de plásticos en 1986 era de 13,2 kilogramos per cápita y en 1991 de 15,9; mientras que en 1994 llegaba a 24,4 kg, con un máximo de 33,4 en 1999. Así, el consumo por habitante se incrementó casi en dos veces y media en sólo quince años.

Esta trayectoria fue acompañada por la producción, que en 1999 prácticamente triplicaba el promedio anual 1980-1989.

Asimismo, se pueden diferenciar dos clases de factores a la hora de explicar la performance de esta industria durante los años de tipo de cambio fijo.

El primero es de carácter estructural o secular, relacionado con:

- La diversificación de las aplicaciones de los plásticos en la vida moderna – sustitución de otros materiales en otras industrias tradicionales–.
- La aparición de actividades productivas novedosas intensivas en el uso de plásticos diversos (informática y telecomunicaciones, principalmente).
- El cambio en los hábitos de consumo (auge del supermercadismo, tecnificación del hogar y la oficina).
- La evolución tecnológica mundial, fundamentalmente en lo que se refiere al desarrollo de nuevas y mejores prestaciones de las máquinas y equipos (mayor velocidad, más precisión, etc.) a partir de la misma tecnología de producción.

Por otro lado, también jugaron su papel aspectos de carácter coyuntural, que se conjugaron con los estructurales mencionados. Entre los más salientes se cuentan:

- El fuerte repunte en el nivel de actividad, hasta 1998, de los principales sectores demandantes de esta industria: automotriz, alimentos y bebidas y construcción.
- La apertura comercial de los '90, un contexto de “dólar barato” y el mejor acceso al crédito interno e internacional, que estimuló la compra de bienes de capital importados, permitiendo el reequipamiento y la modernización del sector.
- El abaratamiento relativo de los productos plásticos, dado por las mismas condiciones contextuales señaladas en el punto anterior.

A partir de la crisis del 2001 se observó una importante caída en el 2002, pero en los años sucesivos se fueron recuperando las tasas de crecimiento, llegando en el 2011 a consumirse un 46% más de productos plásticos que en el año 1999.

La recuperación iniciada a partir del 2003 fue impulsada primero por la demanda del sector de la alimentación y la industria automotriz y luego por el aumento de la demanda de la construcción. Además de la recuperación de la demanda doméstica, la mejor competitividad de los productos plásticos en el exterior y una importante sustitución de artículos que se importaban, constituyeron factores dinamizantes de este crecimiento.

En cuanto a la tecnología, el sector presenta un equipamiento relativamente joven y tecnológicamente moderno. Sin embargo, aún resulta un interrogante saber cuál será la evolución de la inversión y –consecuentemente– del parque productivo, considerando que todavía se está lejos de la plena ocupación de la capacidad instalada (actualmente se encuentra en niveles cercanos al 75%) y que ha aumentado radicalmente el costo del capital, tanto en términos del producto final como de la mano de obra.

Desde una perspectiva macroeconómica, se puede afirmar que el consumo de plásticos está asociado a la evolución de la demanda y, por ende, al nivel de producto per cápita de los países. En este sentido, en las naciones desarrolladas, en donde se supone que los estándares de vida son más elevados y existe tecnología más sofisticada, el consumo de plásticos es más alto. Por ejemplo, el consumo en Bélgica (principal consumidor mundial de estos productos) es de 150 kilogramos por habitante, mientras que en la Argentina es de 43 kilogramos.

2.8. MERCADO INTERNACIONAL

La demanda global de PP ha alcanzado 45,8 millones de toneladas, 5,2% por encima de 2016.

Los países de Asia-Pacífico tienen una participación notablemente alta en el consumo mundial de PP, alrededor de 45 por ciento del consumo. Norteamérica, por su parte, tiene aquí una de sus participaciones más bajas en la demanda mundial; un 18 por ciento de la demanda global deja a la región ligeramente a la zaga de Europa, que participó con alrededor de 23 por ciento de la demanda en 2017. El consumo en América Latina representó ligeramente más del 5,5 por ciento del total mundial.

Cambios notables, si se compara esta distribución con 2010, han ocurrido en Asia, que incrementó su participación en 3 por ciento, a expensas de América del Norte y de Europa. Latinoamérica creció su posición en alrededor de uno por ciento.

La demanda de PP en Norteamérica (la región NAFTA) tuvo una ligera caída tanto en 2015 como en 2016. Sin embargo, en 2017, tuvo un crecimiento sorpresivamente alto, de algo más que 5 %. El consumo de esta resina alcanzó 8,4 millones de toneladas en la región. Con 96 %, las tasas de operación alcanzaron su punto más alto de los últimos tres años. El último "pico" había sido alcanzado en 2014, cuando las plantas operaron en promedio a un 98 % de su capacidad. Afortunadamente para los países que consumen resina producida en Norteamérica (principalmente Centroamérica, el Caribe y la parte norte del Cono Sur), la ligera baja de demanda interna de resinas observada en Estados Unidos ha sido compensada con exportaciones, por lo que dichos consumidores no han sufrido aún falta de abasto (no se debe olvidar que la capacidad neta de la región NAFTA experimentará una ligera reducción neta, a pesar del arranque de la planta de Indelpro en México). De una forma u otra, Norteamérica parece estar en el mejor camino a convertirse en un importador neto de PP tan pronto como en 2019. El panorama es tal que la posición neta como importador de la región se incrementará a grandes saltos y para 2022, las importaciones netas pudieran ser del orden de 1,4 millones de toneladas, necesarias para complementar el abasto de los 10,3 millones de toneladas que Canadá, Estados Unidos y México estarán demandando en conjunto. Es posible que entonces vuelva a iniciarse una insuficiencia de abasto que probablemente alcance su punto más alto en 2024-2025.

América Latina consumió alrededor de 2,2 millones de toneladas de PP en 2017. Esto representó un crecimiento de más de 7 % respecto a 2016. Con una producción de alrededor de 2,2 millones de toneladas (tasa de operación de 91 %), la región pudo exportar una mínima diferencia neta, aunque se pronostican exportaciones netas mayores a las 100 mil toneladas en 2018 y 2019. Durante 2020, la región estará prácticamente balanceada, y será a partir de éste momento que las exportaciones netas de la región mantendrán un incremento continuo. Para 2024, el número pudiera sobrepasar los 1,3 millones de toneladas. Con base en las nuevas capacidades esperadas durante los años por venir, se estima que la capacidad instalada en América

del Sur sobrepasará a la demanda por más de un millón de toneladas entre 2021 y 2022. En este último año, la demanda rondará los 2,8 millones de toneladas.

La mayor parte de los incrementos de capacidad de América del Sur sucederán en Brasil y Venezuela. Se ha anunciado también una planta con capacidad nominal de 450 mil toneladas por año con fecha de arranque de 2022 en Trinidad y Tobago. En fin, mucho del sobre-abasto de América del Sur competirá fuertemente – aunque no exclusivamente - por una posición en la parte norte del continente. Es por esto interesante echar una mirada rápida al continente como un todo. América consumió 10,6 millones de toneladas de polipropileno en 2017. Entre 2012 y 2013, la demanda del continente sobrepasará los 13 millones de toneladas y dispondrá de algo más que 14 millones de toneladas de capacidad instalada para abastecerla. América parece haber alcanzado la parte alta de las tasas de operación el año pasado (de 95 %) y bien pudiera registrarse una ligera disminución este año que, de mantenerse la cronología anunciada de las nuevas plantas, pudiera marcar el inicio del ciclo hacia abajo (desde la perspectiva de productor de resinas) para Américas como un todo.

Esto confirma lo dicho al revisar las regiones de forma individual: habrá suficiente resina en el continente, sólo que sobraré en el sur y faltará en el norte. El pronóstico de los flujos netos de los materiales es más complejo que eso, sin embargo. En un momento en que el Medio Oriente habrá alcanzado una capacidad instalada de más de 9 millones de toneladas (digamos en 2022) y China misma haya pasado los 13 millones de toneladas de capacidad instalada, los flujos de material reflejarán aún más intensamente la realidad global.

Los cambios no sucederán de inmediato, pero el escenario competitivo será otro en no muchos años. Hoy, por ejemplo, México ya ha sido desplazado como uno de los proveedores dominantes de poliolefinas a Centroamérica (el otro ha sido y sigue siendo Estados Unidos). Material proveniente de Europa, Asia y aún África ha encontrado su camino a la región, que se ha abierto a más y más fuentes de abasto. El Cono Sur ha ampliado su relación con Europa, Asia y África, a la vez que ha intensificado el comercio intraregional.

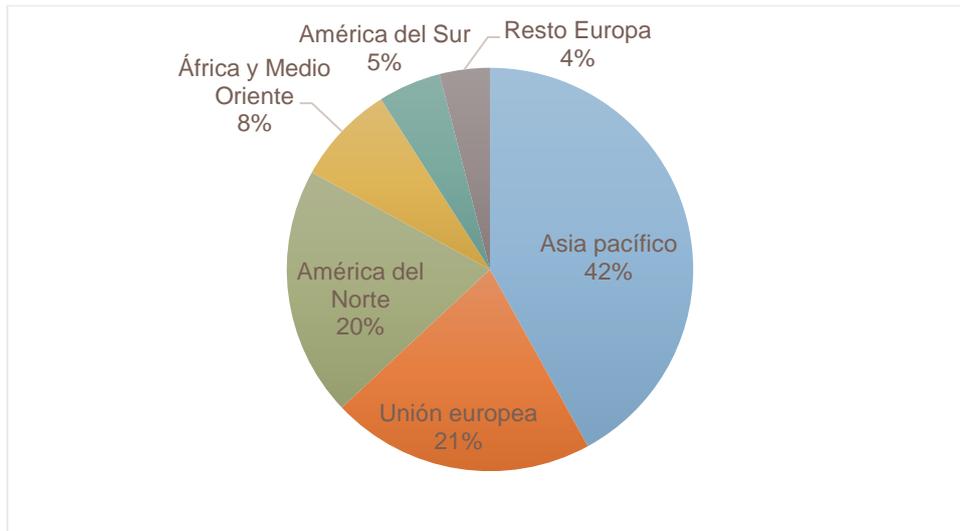


Figura 2-5 Capacidad Instalada Polipropileno

Fuente: ICIS e India Planning Commision

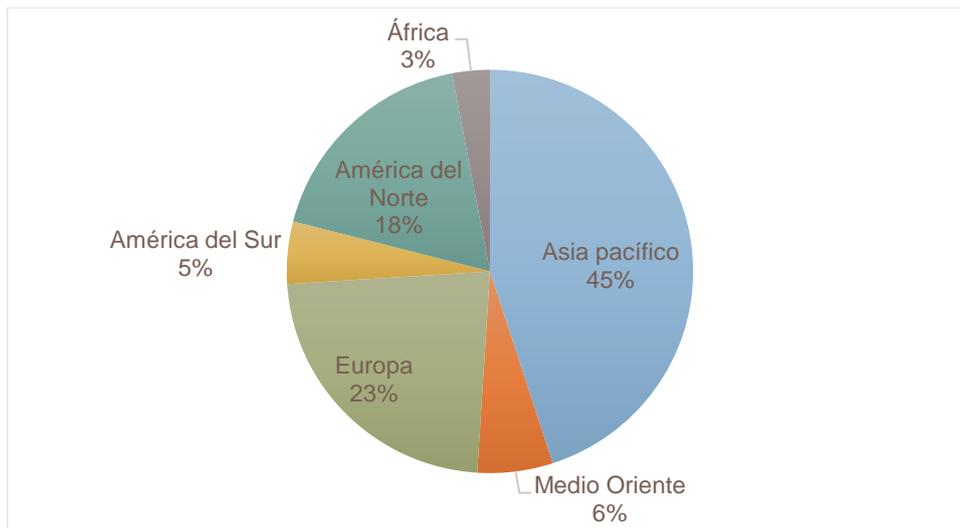


Figura 2-6 Demanda de Polipropileno por región

Fuente: Ecoplas.org.ar

2.9. MERCADO ARGENTINO DE POLIPROPILENO

2.9.1. CONSUMO NACIONAL DE POLIPROPILENO

El consumo de polipropileno en la Argentina se ve cubierto mayormente por la producción nacional aportada por las dos empresas productoras pertenecientes a la familia Sielecki nombradas anteriormente.

Sin embargo, existe una parte de este consumo que se satisface en base a importaciones, lo que genera una oportunidad de ingreso en el mercado.

El nivel de exportaciones es bajo, pero en los últimos años se ha producido un incremento debido principalmente al aumento en los niveles de consumo de materiales plásticos producido a nivel mundial analizados en el inciso 2.7.

Año	Producción (tn)	Importación (tn)	Exportación (tn)	Consumo aparente (tn)
2007	252 323	84 006	57 146	279 183
2008	224 540	76 121	45 931	254 730
2009	238 696	89 787	50 577	277 906
2010	260 752	105 027	56 973	308 806
2011	263 040	115 944	40 511	338 473
2012	268 740	102 803	27 395	344 148
2013	251 276	106 688	21 963	336 001
2014	247 827	97 364	35 200	309 991
2015	288 627	90 999	33 692	345 934
2016	285 151	93 105	60 066	318 190

Tabla 2-6 Mercado argentino de polipropileno

Fuente: Anuario IPA 2017

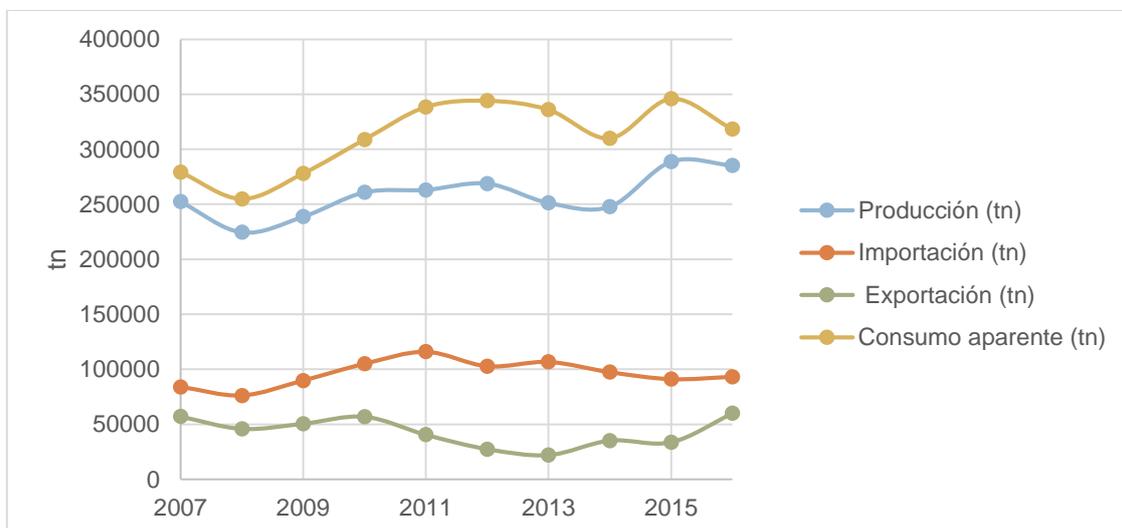


Figura 2-7 Mercado argentino de polipropileno

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Anuario IPA 2017

Según estudios realizados por la Cámara de la Industria Química y Petroquímica argentina, se proyecta hacia 2025 un crecimiento importante en la demanda nacional de polipropileno, alcanzando ésta valores de 780 000 toneladas por año, lo cual representa una importante oportunidad para introducirse en el mercado.

2.9.2. PRECIO INTERNACIONAL

El polipropileno pertenece al grupo de “polímeros commodities”, que se caracterizan por presentar poca diferenciación entre las materias primas producidas por distintas empresas. Este tipo de productos también resaltan porque su precio está regido por el mercado internacional, y las transacciones a nivel global se desarrollan en valores cercanos a este precio.

En Argentina la importación y exportación se realiza a precios bastante similares. Sin embargo, habitualmente el precio de las importaciones está algunos dólares por encima del precio al cual se realizan las exportaciones.

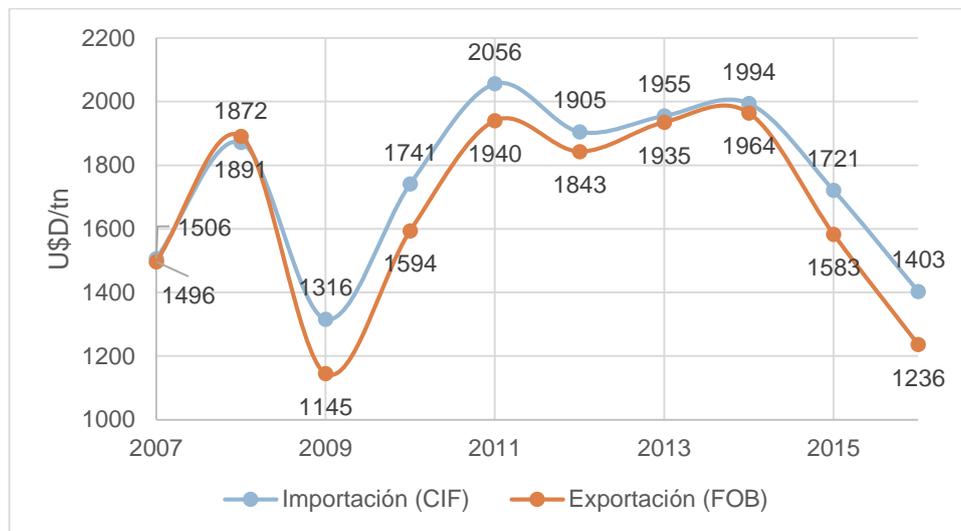


Figura 2-8 Precio de mercado de PP en Argentina

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Anuario IPA 2017

A fines de poder establecer un precio para el análisis de la viabilidad económica de este proyecto se realizó un promedio entre los datos de precios presentados anteriormente. Luego, en base a este promedio se realizó una regresión para calcular el precio promedio que se tendría en el horizonte de evaluación elegido.

Sin embargo, no debe perderse de vista que el precio de este tipo de productos está siempre regido por la situación que presenta la oferta a nivel mundial por lo cual es difícil poder realizar un pronóstico preciso sobre el avance que pueda presentar.

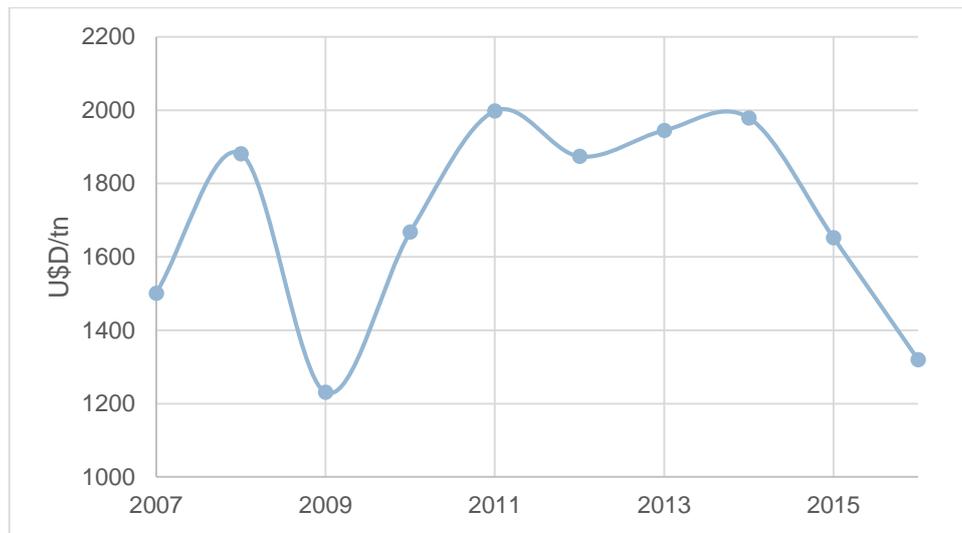


Figura 2-9 Precio promedio de la tonelada de PP

Fuente: Elaboración propia

En base a lo establecido anteriormente, para el horizonte de evaluación escogido, el precio de venta de la tonelada será de 1 770 dólares.

2.9.3. APLICACIONES DEL POLIPROPILENO

El polipropileno ha sido uno de los plásticos con mayor crecimiento en los últimos años y se prevé que su consumo continúe creciendo más que el de los otros grandes termoplásticos (PE, PS, PVC, PET).

El PP es transformado mediante muchos procesos diferentes. Los más utilizados son:

- Inyección de una gran diversidad de piezas, desde juguetes hasta paragolpes de automóviles.
- Soplado de recipientes huecos como por ejemplo botellas o depósitos de combustible.
- Termoformado de, por ejemplo, contenedores de alimentos. En particular se utiliza PP para aplicaciones que requieren resistencia a alta temperatura (microondas) o baja temperatura (congelados).
- Producción de fibras, tanto tejidas como no tejidas.
- Extrusión de perfiles, láminas y tubos.
- Impresión 3D, recientemente se ha empezado a usar en formato de filamento para la impresión 3D FDM. Producción de película, en particular:
 - Película de polipropileno biorientado (BOPP), la más extendida, representando más del 20% del mercado del embalaje flexible en Europa Occidental.
 - Película moldeada ("cast film").
 - Película soplada ("blown film"), un mercado pequeño actualmente, pero en rápido crecimiento.

- El PP es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes.
- Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos

Una gran parte de los grados de PP son aptos para contacto con alimentos y una minoría puede ser usada en aplicaciones médicas (mallas quirúrgicas para tratamiento de hernias), o farmacéuticas.

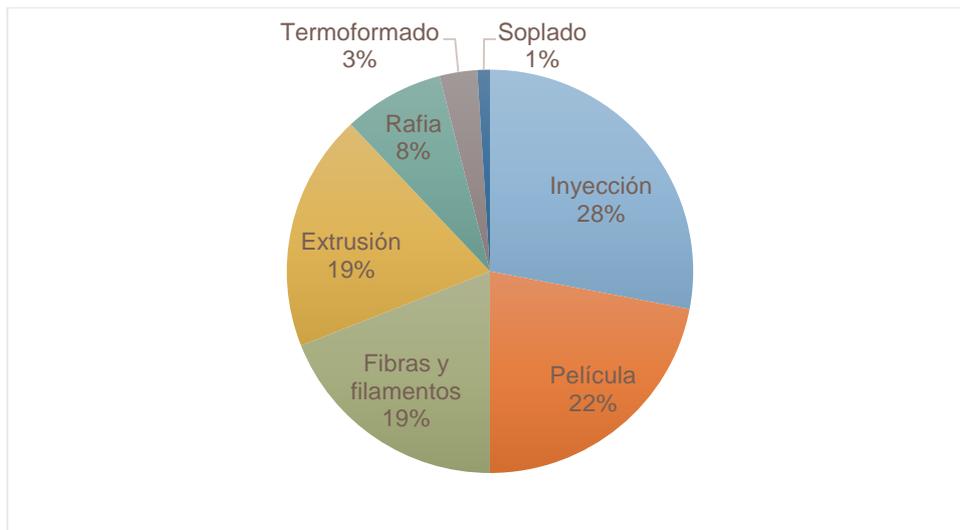


Figura 2-10 Destino del polipropileno en Argentina

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Anuario IPA 2017

2.10. ANÁLISIS DE FODAS PARA EL CRECIMIENTO DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA ARGENTINA

A fin de analizar los desafíos futuros del sector, se elaboró un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) de los principales tópicos que afectan a la industria petroquímica de Argentina.

Previo a mostrar el mismo, es importante describir las bases del análisis realizado recordando las características y los conceptos que comprende cada uno de los términos que se usó para definir las siglas que da nombre a esta metodología.

En este análisis, tanto las Fortalezas como las Debilidades se consideran internas al sector, razón por la cual la propia industria puede actuar directamente sobre ellas, procurando potenciar a las primeras y reducir las segundas; en tanto que las Oportunidades y las Amenazas son externas a la industria y dependen del ambiente nacional e internacional del sector donde se realizan las actividades; por cuanto las posibilidades de la industria de modificarlas per se es mucho más reducida, cuando no imposible.

Es importante destacar que dicho análisis toma como base el estudio realizado por la CIQYP en el año 2011 llamado “La Industria Química Argentina, Situación Actual y su potencial hacia el 2020” que se puede consultar en www.ciqyp.org.ar.

	Fortalezas de la industria	Oportunidades del entorno	Debilidades de la industria	Amenazas del entorno
Industria Química y Petroquímica en Argentina	<p>Posición y experiencia de la industria en Argentina,</p> <p>existencia de recursos tecnológicos y humanos capacitados</p> <p>La industria creció y aprovechó las condiciones propicias que se presentaron</p> <p>Estricto cumplimiento a normativas regulatorias vigentes</p>	<p>Desarrollo de clusters</p> <p>Existencia del Plan Estratégico Industrial 2020 que impulsa políticas a favor de una mayor industrialización</p> <p>Posibilidades de complementación con Brasil</p>	<p>Estructura productiva incompleta por falta de escala competitiva en varios productos; baja integración vertical</p> <p>Obsolescencia de algunas instalaciones productivas</p> <p>El retroceso de la participación de las empresas de capital nacional sitúa a los centros de decisión más importantes fuera del país y obliga a competir por la localización de las inversiones con otras alternativas</p> <p>La existencia de un programa promocional del sector</p>	<p>Baja previsibilidad de la evolución del ciclo económico nacional</p> <p>Marco jurídico</p> <p>Planificación territorial para la creación de polos industriales</p> <p>Baja asociatividad de las cadenas productivas</p>
Materias Primas	<p>Petroquímica basada en gas natural genera ventajas competitivas frente a otros países que usan cortes líquidos</p>	<p>Crudo y Gas Natural de calidad competitiva</p> <p>Existencia de una importante infraestructura y</p>	<p>Reservas actuales de Gas Natural de explotación convencional insuficientes para soportar nuevos</p>	<p>Cortes estacionales de GN y EE por competencia de las materias primas y energía eléctrica con el</p>

	Existencia de reservas y recursos de materias primas hidrocarburíferas de extracción convencional y no convencional	experiencia de la industria del gas natural Perspectiva favorable de nuevas reservas de Petróleo y Gas no convencional	proyectos productivos Mejora de la infraestructura en el midstream Pérdida de valor de los contratos de abastecimiento en firme	consumo doméstico Incremento de los cargos en más de un 800%, instituido por la Resolución ENARGAS 1-1991/2011. Impacto de imposible “absorción” por las industrias afectadas
Recursos Humanos	Adecuada disponibilidad de recursos humanos con buen valor técnico	Posibilidad de aprovechar estructura del IPA y/o CIQyP para capacitación gerencial Políticas activas del estado que fomentan la educación técnica y el desarrollo de ciencias duras	Falta de equilibrio en la negociación con el sector sindical amenaza la competitividad y productividad Perspectivas de escasez de RRHH especializados ante la posibilidad de una demanda “acelerada” de ellos Bajo nivel de productividad en comparación con economías de competencia internacional	Diversificación / multiplicación de las negociaciones paritarias; la división del sindicalismo químico genera competencia económica en las negociaciones por el objetivo de prevaler en la lucha por el poder Conflictividad laboral elevada Continuo y acentuado crecimiento del costo laboral en dólares afecta la competitividad de exportaciones
Mercado	Mercado regional de escala (Mercosur)	Espacio de crecimiento para el consumo per cápita	Mercado interno reducido. No permite la instalación de	Presiones OMC-plus de la OECD en

		de “derivados petroquímicos” en productos finales (PE, PP, PET, etc.) Perfeccionamiento y expansión del Mercosur Posible complementación industrial con Brasil	plantas a escala internacional Distancia a los grandes mercados internacionales impone costos logísticos elevados	materia de propiedad intelectual
Tecnología y know how	Tecnología adecuada a las demandas actuales del mercado En general buenas posibilidades de acceso	Políticas activas del Ministerio de Ciencia y Tecnología en el sector Prioridad otorgada por el PEN a la I&D	Insuficiente interrelación con el sector científico y académico. Insuficiente desarrollo de las capacidades en I&D en las empresas	Negociaciones comerciales asimétricas con UE y CCG u otras en el futuro Creación de nuevas BNT basadas en cuestiones ambientales o regulatorias
Inversiones, financiamiento y marco regulatorio	Cuando aparecen las oportunidades de crecimiento se aprovechan mediante reinversión de utilidades Cumplimiento estricto del marco regulatorio vigente	Acceso al mercado nacional e internacional de capitales Disponibilidad de programas de financiamiento promocional	Inexistencia de un programa promoción industrial del sector Escasa presencia de las empresas del sector en el mercado de capitales local	Subsiste una calificación crediticia desfavorable (riesgo país) Esquema tributario distorsivo (ej. Impuesto al débito y crédito y Ganancia Mínima Presunta entre otras) que impactan en el capital de trabajo Alto impacto en costo de las regulaciones técnicas del sector

				<p>(registros, autorizaciones, cumplimientos informativos, etc.)</p> <p>Demoras en la devolución del IVA y reintegros a las exportaciones que afectan Capital de Trabajo</p> <p>Recargos a las exportaciones</p>
--	--	--	--	--

Tabla 2-7 Análisis FODAs de la Industria Petroquímica argentina

Fuente: CÁMARA DE LA INDUSTRIA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA

3. SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA

3.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se establece las distintas tecnologías de procesamiento disponibles, con la finalidad de especificar la ingeniería básica, se evalúa cada una de ellas con el objetivo de seleccionar el proceso de elaboración más conveniente.

Como también tiene el propósito de llevar a cabo una breve descripción de los aspectos generales del producto, en cuanto a sus características, propiedades, técnicas y mecanismos de polimerización, entre otras.

3.2. POLIPROPILENO

3.2.1. HISTORIA

El polipropileno es sin duda, uno de los polímeros con mayor opción de futuro. Este hecho se ve justificado con el hábito creciente de sus mercados, aún en los tiempos más agudos de crisis. Dentro de la mayoría de los sectores en los que se encuentran nuevas aplicaciones, dan lugar a este material estructural, considerado uno de los más atractivos por las ventajosas condiciones de competitividad económica. El polipropileno es miembro del grupo de los termoplásticos de gran consumo frente a los ingenieriles, y más frente aquellos polímeros de altas prestaciones.

En 1954 el italiano G. Natta, siguiendo los trabajos elaborados por K. Ziegler en Alemania, logró obtener polipropileno de estructura muy regular denominado isotáctico. Su comercialización en Europa y Norteamérica se inició rápidamente en 1957, en aplicaciones para enseres domésticos.

Los trabajos de Natta y Ziegler que permitieron conseguir polímeros de etileno a partir de las olefinas, abrieron el camino para la obtención de otros polímeros. Este plástico, también con una estructura semicristalina, superaba en propiedades mecánicas al polietileno, su densidad era la más baja de todos los plásticos, y su precio también era muy bajo, pero tenía una gran sensibilidad al frío, y a la luz ultravioleta, lo que le hacía envejecer rápidamente. Por este motivo su uso se vio reducido a unas pocas aplicaciones.

Pero el descubrimiento de nuevos estabilizantes a la luz, y la mayor resistencia al frío conseguida con la polimerización propileno-etileno, y la facilidad del PP a admitir cargas reforzantes, fibra de vidrio, talco, amianto y su bajo precio dieron gran auge a la utilización de este material.

La amplia gama de propiedades del polipropileno, lo hace adecuado para una gran variabilidad de aplicaciones en diferentes sectores, y marca la parada ante los materiales del futuro, además de suponer una alternativa, mucho más económica. Debido a esto, el empleo de este material está creciendo de manera continua gracias al desarrollo de nuevos y mejores productos.

Dicho material es razonablemente económico, y se puede hacer que sea translúcido cuando no presenta color, pero no es tan fácil hacerlo transparente como el poliestireno, la fibra acrílica o determinados plásticos. A menudo se utilizan pigmentos para que sea opaco o de color. El polipropileno muestra una buena resistencia a la fatiga.

El polipropileno, es un plástico técnico se usa en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaquetados para alimentos, sector textil, equipamientos y equipos de laboratorio, componentes automotrices, sector del caucho y el corcho, fabricación industrial de bombas de trasvase, bridas y uniones, etc. Se utiliza en una gran cantidad de procesos industriales, como la industria química, eléctrica, troquelaje de pieles, textiles, cauchos, corchos, cubrimientos industriales, bombas de trasvase, líquidos corrosivos, placas de apoyo para filtros industriales, bridas para uniones de canalizaciones y tubos, cajas de baterías, conducciones de agua potable, aguas residuales, calefacción, etc.

El polipropileno también se emplea en dispositivos de estanquidad, toneles, bidones, cajas, juguetes de todo tipo, recipientes domésticos, hojas retráctiles y de embalaje.

El procesamiento por fusión del polipropileno se puede lograr mediante extrusión y moldeo. La técnica de conformado más habitual es el moldeo por inyección, que se utiliza para la fabricación de objetos como tazas, cubiertos, frascos, tapas, contenedores, utensilios del hogar y piezas de automóviles. El polipropileno es el material para bandas modulares de la mayoría de aplicaciones de transporte.

3.2.3. MATERIA PRIMA FUNDAMENTAL

En la producción de polipropileno la materia prima principal es el propileno, y es la disponibilidad de éste uno de los principales factores a tener en cuenta a la hora de determinar la capacidad de producción de una planta.

El propileno o propeno a temperatura ambiental y a presión atmosférica se encuentra en estado gaseoso y, al igual que otros alquenos, es incoloro. Tiene un olor semejante al petróleo, pero de menor intensidad. Presenta un momento dipolar ya que, aunque carece de un enlace polar fuerte, su molécula es asimétrica.

Asimismo, el propileno es un isómero estructural del ciclopropano (tienen la misma fórmula química C_3H_6). Se presenta en la naturaleza como consecuencia de los procesos de vegetación y fermentación.

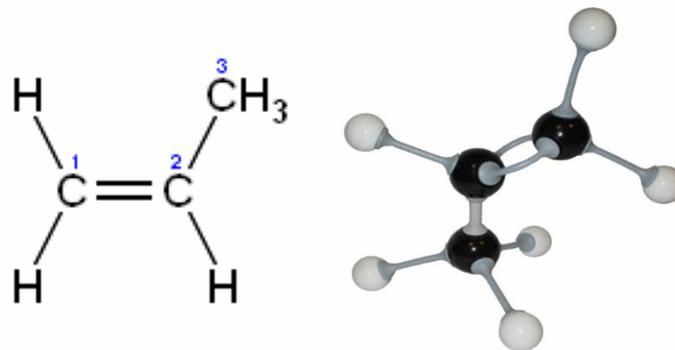


Figura 3-2 Estructura química y molecular del propileno

Fuente: Boletín Nº 53 – IPA (Polipropileno)

Se lo puede obtener a partir de diversos procesos y materias primas, como ser: cracking catalítico (a partir de gasoil pesado u otros cortes de refinería), steam cracking (a partir de etano, propano, butano o gasolina), por deshidrogenación de propano, a partir de gas natural (proceso gas toolefin) o por cracking de olefinas (de C₄ a C₈).

3.2.4. PROPIEDADES

Es muy importante tener un conocimiento general del polímero, en lo que concierne a propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, etc. Las mismas permiten tener una idea general de cómo va a ser el polímero y su comportamiento frente a distintas situaciones en las que se encuentre sometido.

Propiedades Físicas	
Absorción de Agua en Equilibrio	0.03%
Densidad	0.9 g/cm ³
Índice Refractivo	1.49
Índice de Oxígeno Límite	18%
Inflamabilidad	Combustible
Resistencia UV	Aceptable
Índice de Fluidéz Volumétrico	60 cm ³ /10 min

Tabla 3-1 Propiedades Físicas

Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

Propiedades Mecánicas	
Alargamiento a la Rotura	150 – 300 %
Coefficiente de Fricción	0.1 – 0.3
Dureza Rockwell	80 – 100
Módulo de Tracción	0.9 – 1.5 GPa
Resistencia a la Abrasión ASTM D1044	13 – 16
Resistencia a la Tracción	25 – 40MPa
Resistencia al Impacto Izod	20 – 100 J/m

Tabla 3-2 Propiedades Mecánicas

Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

Propiedades Químicas	
Resistencia a Ácidos Concentrados	Buena
Resistencia a Ácidos Diluidos	Buena
Resistencia a Alcalis	Buena
Resistencia a Alcoholes	Buena
Resistencia a Cetonas	Buena
Resistencia a Grasas y Aceites	Aceptable
Resistencia a Halógenos	Mala
Resistencia a Hidrocarburos Aromáticos	Aceptable
Olor al Quemarlo	Parafina
Color de la Llama	Azul Punta Amarilla

Tabla 3-3 Propiedades Químicas

Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

Propiedades Térmicas	
Calor Específico	1700 – 1900 J/kg K
Calor Latente de Fusión	100 000 J/kg
Coefficiente de Expansión Térmica	$100 \cdot 10^{-6}$ – $180 \cdot 10^{-6} / K$
Conductividad Térmica a 23°C	0.1 – 0.22 W/mK
Temperatura Máxima de Utilización	90 a 120°C
Temperatura Mínima de Utilización	-10 a -60°C
Temperatura de Transición Vítrea	-20°C

Tabla 3-4 Propiedades Térmicas

Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

Propiedades Eléctricas	
Constante Dieléctrica a 1 MHz	2,2-2,6
Factor de Disipación a 1 MHz	0,0003 - 0,0005
Resistencia Dieléctrica	30-40kV/mm
Resistividad Superficial	1013 Ohm/sq

Tabla 3-5 Propiedades Eléctricas

Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

PESO MOLECULAR

Analizando el compuesto se tiene que sus propiedades son muy sensibles a variar con el peso molecular, dado que este va a influir de manera directa en ciertas variables como pueden ser la temperatura de fusión, la tacticidad y el grado de cristalización.

Para el programa de producción obtendremos polipropileno con una isotacticidad y un grado de polimerización del 90%, lo que nos arroja ciertas propiedades, a saber:

PESO MOLECULAR EN NÚMERO

3.2.4.1.1. Su valor es $4,8 \times 10^4$ g/mol, este parámetro indica la maleabilidad del polipropileno para ser moldeado como un material termoplástico, es un indicador de sus propiedades físicas termodinámicas, caracteriza a las propiedades coligativas: elevación del punto de ebullición, depresión del punto de congelación, presión osmótica y presión de vapor. También dependen del peso molecular en número la fragilidad y la reología del polipropileno. Dicha variable refleja las propiedades físicas en estado sólido. Este parámetro es muy sensible a la existencia de cadenas cortas.

PESO MOLECULAR EN PESO

3.2.4.1.2. Es de $3,9 \times 10^6$ gramos/mol, es el parámetro que tiene una mayor influencia en la mayor parte de las propiedades mecánicas y físicas, algunos ejemplos:

- Viscosidad de la solución (propiedades reológicas); se incrementa con M_w
- Viscosidad del polímero fundido (propiedades reológicas); se incrementan con M_w
- Módulo de elasticidad (rigidez); depende de múltiples factores.
- Módulo en flexión.
- Resistencia a tracción.
- Tenacidad.
- Resistencia al impacto.
- Este parámetro es muy sensible a la presencia de cadenas largas.

Las propiedades mecánicas y reológicas de los polímeros dependen de su estructura química, del peso molecular, de la función de distribución del peso molecular, de la morfología

3.2.4.1.3. Teniendo en cuenta el aumento de viscosidad con el peso molecular habrá un peso molecular óptimo para cada tipo de aplicación, de modo que no se dificulte su manejabilidad.

VARIACIÓN DE PROPIEDADES CON EL AUMENTO DE M_w

Las propiedades más notables que varían con el aumento del peso molecular en peso son el aumento del grado de cristalinidad, el punto de fusión y las propiedades anteriormente indicadas.

También se incrementan la capacidad de estirado del material (drawability) hasta un cierto valor.

La elongación del material decrece con el incremento de M_w .

El parámetro M_w es el más adecuado para comparar dos polímeros; representa también la viscosidad del material fundido. El módulo en flexión se incrementa con el nivel de cristalinidad y también depende del tipo de cristal; la adición del polipropileno incrementa la flexibilidad, pero reduce la cristalinidad del polipropileno.

El parámetro M_w también influye en el módulo en tracción del polímero sintético polipropileno; su influencia no está muy bien esclarecida; en el módulo en tracción tienen influencia, además, otros múltiples parámetros, como son su estructura química, orientación de las fibras, grado de cristalinidad, el peso molecular y su distribución dentro del polímero (PDI ó PDR), grado de isotacticidad ($\leq 95\%$). El módulo E crece con el grado de cristalinidad (50-70% generalmente hasta el 90%) y el tamaño de los cristales.

El peso molecular M_w depende del peso molecular del monómero propileno (42,07 g/mol), del grado de polimerización conseguido y, de un modo importante, del método de fabricación: estiramiento en varias etapas con escalón de temperaturas, ritmo de enfriamiento, tratamientos finales adicionales, ritmo de estirado (draw ratio) y el ritmo de flujo (melt flow index, MFI).

El M_w tiene una influencia clara en la resistencia a tracción; la tenacidad del polipropileno aumenta también con el grado de orientación a la vez que disminuye su ductilidad.

El módulo de elasticidad E de las fibras macro-sintéticas de alta calidad está en el entorno del valor $E = 15$ GPa.

Se puede llegar a fabricar fibras de PP (gel-spun fibers) con módulos superiores: $E = 27$ GPa y elevadas resistencias a tracción $RT = 1,3$ GPa y un muy elevado peso molecular utilizando temperaturas superiores ($>120^\circ\text{C}$) a la temperatura de relajación de los cristales existentes en la fracción cristalina del polipropileno.

Un material i-PP con estas propiedades, exige tener una elevada cristalinidad, cristales más largos en pocas imperfecciones y una mejor orientación de estos (Jianjun Chen et al, Journal of macromolecular Science 2008).

Se han llegado a fabricar con un material i-PP, utilizando el proceso gel processing/drawing, láminas plásticas continuas de espesor $\leq 0,25$ mm (films) no dúctiles (brittle) con propiedades mecánicas muy importantes: $E = 35$ GPa, $RT = 1$ GPa y punto de fusión = 228°C (Magnus Kristiansen 2003) y un índice de polidispersidad entre 2 y 3 dependiendo del tipo de catalizador empleado.

3.2.5. TIPOS DE POLIPROPILENO

HOMOPOLÍMEROS

Contienen sólo monómeros de propileno a lo largo de su cadena polimérica. Su estructura presenta un alto grado de cristalinidad. Se caracteriza por su rigidez, aún a temperaturas relativamente elevadas, y por ser quebradizo ante el impacto. Tiene una transparencia moderada.

Los homopolímeros son empleados ampliamente para extrusión de lámina, envases soplados, tubería, BOPP, fibra, multifilamentos e inyección de alta rigidez, entre otros. No es recomendado para uso a temperaturas inferiores a 0°C, en cambio es recomendado para aplicaciones de llenado en caliente.

La estéreo regularidad en las cadenas depende del orden en que estén colocados los grupos metilo laterales, así como del catalizador y proceso de polimerización usado. En la polimerización del polipropileno se obtiene una mezcla de tres tipos de estructuras, generalmente se busca obtener la mayor proporción posible del grupo isotáctico ya que representan la estructura más estéreo-regular del polipropileno. Como resultado, muchas propiedades mecánicas y de procesabilidad del PP son altamente determinadas por el nivel de isotacticidad y su cristalinidad.

Por lo que también puede ser clasificado de acuerdo a su estructura química en:

- Polipropileno isotáctico: cuando todos los grupos metilo están distribuidos del mismo lado de la cadena polimérica se habla de “polipropileno isotáctico”. La estructura regular del grupo metilo e hidrógeno del polipropileno isotáctico hace que las moléculas formen hélices. Esta forma regular permite que las moléculas cristalicen con una relativa dureza y rigidez, que en su forma más pura funde a 176 °C.
- Polipropileno sindiotáctico: los grupos metilo están alternados a uno y otro lado de la cadena. Este tipo de polipropileno no se produce comercialmente.
- Polipropileno atáctico: los grupos metilo se encuentran distribuidos en forma aleatoria a lo largo de la cadena de la macromolécula.

Las propiedades del polipropileno dependen enormemente del tipo de tacticidad que presentan sus moléculas.

El polipropileno atáctico es un material completamente amorfo debido a que la distribución irregular de los átomos que conforman la macromolécula le impiden a la misma adquirir un ordenamiento (cristalizar). Tiene pocas aplicaciones.

En el polipropileno isotáctico, la distribución regular de los grupos metilo a lo largo de la cadena le otorgan una alta cristalinidad, entre 70 y 80%. Es el tipo más utilizado hoy en día.

El polipropileno sindiotáctico es muy poco cristalino, lo cual le hace ser más elástico que el polipropileno isotáctico, pero también menos resistente.

El polipropileno atáctico de alto peso molecular es un material similar al caucho, con un cierto parecido al poli-isobutileno; sin embargo, no es recomendable su uso debido a que su temperatura de transición vítrea (un punto intermedio de temperatura entre el estado fundido y el estado rígido del material) es demasiado elevada.

Entre el polipropileno comercial predomina el polímero isotáctico que contiene de 1 a 5% de material soluble en n-heptano, que no es más que la parte atáctica del material.

A continuación, se muestra la diferencia en la estructura química según el tipo de tacticidad:

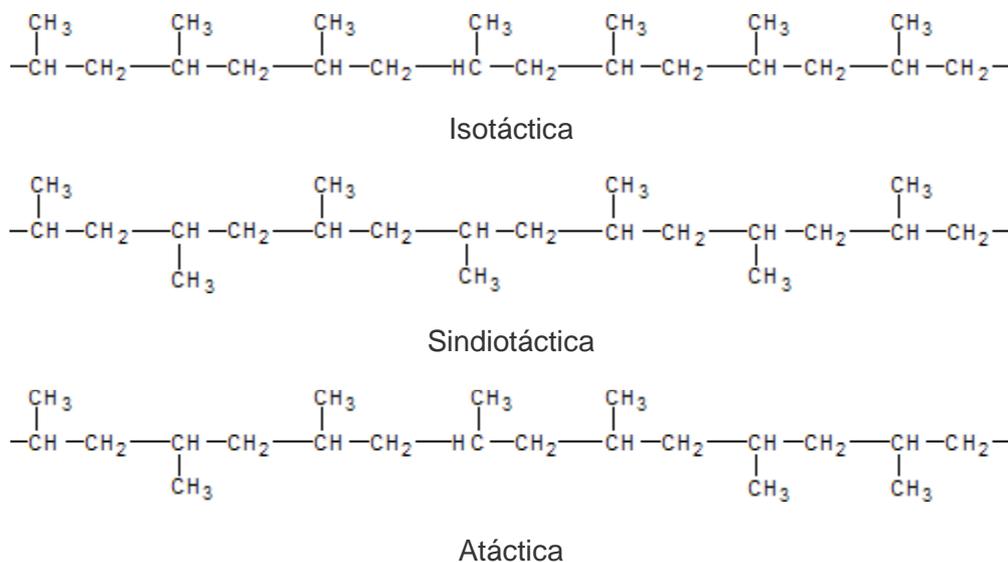


Figura 3-3 Tipos de tacticidad

Fuente: Estudio de Pre-factibilidad económica para la instalación de una planta de Polipropileno en Argentina – 3.2.5.2. Adrián E. Ail

COPOLÍMEROS RANDOM

Este copolímero se produce con la adición de un comonomero, generalmente etileno y en algunos casos 1-buteno y 1-hexeno durante la reacción de polimerización en el reactor. El comonomero sustituye parcialmente (1 a 7%) al propileno en el crecimiento de la cadena. La inserción de etileno disminuye la formación de esferulitas, reduciendo el porcentaje de zonas cristalinas. El etileno le imparte alta transparencia, resistencia al impacto, baja temperatura de fusión (145°C - 155 °C) y alta flexibilidad.

Tiene temperaturas de sello bajas, presenta también una temperatura más baja de deformación térmica que los homopolímeros y a -10°C su resistencia mecánica disminuye.

Se utilizan en empaques de mejor transparencia, y que requieran buena resistencia al impacto; son recomendados para procesos especialmente de extrusión soplado,

inyección, inyector soplado, inyector estirado soplado, aplicaciones como película monorientada, entre otros.

COPOLÍMERO DE IMPACTO

A diferencia de los copolímeros random, éste copolímero tiene un contenido mayor de etileno. En su producción se forma una fase bipolimérica de etileno/propileno con características gomosas. Se produce mediante un sistema de reactores en cascada. En el primer reactor se obtiene un homopolímero con menor tiempo de proceso, que es transferido a un segundo reactor, donde se adicionan etileno y propileno. Estos se activan por acción del catalizador proveniente del primer reactor, formando el copolímero etileno-propileno que crece dentro de la matriz de polipropileno. Se caracteriza por su resistencia al impacto, aún a bajas temperaturas.

Los copolímeros de impacto son utilizados en empaques sin requisitos de transparencia, con excelente resistencia al impacto, recomendado para toda clase de volúmenes (hasta 20 L), es especial para artículos inyectados tales como bases para sillas de oficina, baterías, baldes, tapas, tubería, entre otras.

3.3. ADITIVOS

La mayoría de los productos de plástico consisten en un material polimérico que ha sido alterado para modificar o mejorar determinadas propiedades.

Para utilizar un polímero en la elaboración de productos, por lo común, hay que mezclarlo con otros ingredientes especiales, los cuales tienen varios fines. Los procesos para mezclar también brindan una oportunidad de modificar la forma física del polímero para que se maneje fácilmente en la etapa de transformación final de preparación, pero el propósito principal es el de la introducción de aditivos.

Los aditivos son sustancias dispersas en la masa de polímero que se incluyen en la formulación de los polímeros para modificar y mejorar sus propiedades físicas, mecánicas y de proceso. Se utilizan ampliamente en todo tipo de polímeros: termoplásticos, termofijos y cauchos. Han de cumplir ciertos requerimientos para poder ser incorporados al material, como no ser volátiles a la temperatura de transformación, ni migrar hacia el exterior para no producir contaminación en los productos que estén en contacto con los mismos. No deben tener ningún efecto nocivo ni durante su manipulación ni durante su uso.

Los aditivos se clasifican según la función que realizan en el material en:

Funciones	Denominación
Facilitar la transformación	Lubricantes
Modificar las propiedades mecánicas	Plastificantes, cargas reforzantes, mejoran la tenacidad
Abaratar el material	Cargas, diluyentes y extendedores
Modificador superficial	Antiestáticos, promotores de la adhesión
Modificar las propiedades ópticas	Colorantes

Antienvejecimiento	Antioxidantes, estabilizantes contra la radiación ultravioleta
Varias funciones	Agentes espumantes, retardadores de llama, biocidas

Tabla 3-6 Tipos de aditivos según su función en el material

Fuente: PLASTICOS – Materias Primas

Algunas de las razones por las que se incluyen aditivos, refuerzos y cargas son:

- Mejorar la capacidad de tratamiento.
- Reducir los costos del material.
- Reducir la contracción.
- Permitir temperaturas de curado superiores reduciendo o diluyendo materiales reactivos.
- Mejorar el acabado de superficie.
- Modificar las propiedades térmicas como, por ejemplo, el coeficiente de expansión, la inflamabilidad y la conductividad.
- Mejorar las propiedades eléctricas, incluyendo la conductividad o la resistencia.
- Prevenir la degradación durante la fabricación y el servicio.
- Conseguir un tinte o color determinado.
- Mejorar propiedades mecánicas como, por ejemplo, el módulo, la resistencia, la dureza, la resistencia a la abrasión y la tenacidad.
- Reducir el coeficiente de rozamiento.

Existen una multitud de sustancias químicas útiles para los materiales plásticos que producen los cambios en las propiedades pretendidas. No obstante, algunas de las sustancias químicas más rentables son también peligrosas e incluso tóxicas.

3.3.3.1. TIPOS DE ADITIVOS

LUBRICANTES

Es importante que los polímeros no se peguen a la maquinaria de fabricación y procesado y que los objetos moldeados puedan extraerse del molde con facilidad. Los agentes de ayuda al procesado evitan este pegado y pueden disminuir la viscosidad. Una vez que se extraen los productos del molde, los lubricantes pueden exudar desde el plástico y evitar que los productos se adhieran entre sí, para proporcionar características antiadherentes y de deslizamiento a la superficie plástica.

Se incorporan para disminuir las fuerzas de rozamiento entre dos superficies, que en el caso de los plásticos se localizan entre el propio material y las existentes entre el fundido y las superficies metálicas de los equipos de transformación. En el primer caso mejoran el flujo por reducción de la viscosidad del material durante el procesado y en el segundo reducen la adhesión con las paredes metálicas del equipo facilitando el paso del material por la maquinaria que se utiliza en el proceso.

Suelen ser productos específicos para cada polímero a transformar. Generalmente los lubricantes son sales sódicas del ácido esteárico, ceras, aceites, etc. Existe una enorme gama de marcas patentadas que se pueden utilizar en tan variados productos, y diversas condiciones de obtención. Se clasifican, por lo común, en dos grupos.

1. Lubricantes internos, los cuales lubrican los gránulos de polímero, y los de otros aditivos, durante el proceso de transformación. Esto permite una fusión más fácil y más fría, con un riesgo reducido de daño térmico. Estos materiales son, con frecuencia, por lo menos parcialmente miscibles con el polímero fundido.
2. Los lubricantes externos, que son esencialmente inmiscibles. Lubrican la mezcla para proteger la maquinaria que se usa en el proceso, de esta manera se logra el grado correcto de fricción para que se lleve a cabo el proceso y se evita el exceso de fricción que provocaría también una temperatura local demasiado alta y la degradación. Es muy importante tener la proporción correcta de lubricante en la preparación, ya que un exceso deteriora la mezcla y el proceso posterior.

Algunos plásticos presentan propiedades de antipegajosidad y autolubricantes. Entre los ejemplos se incluyen polifluorocarbonos, poliamidas, polietileno y plásticos de silicona. A veces, se utilizan como lubricantes en otros polímeros.

PLASTIFICANTES

3.3.1.2.

La plasticidad se refiere a la capacidad de un material para fluir o hacerse líquido bajo la influencia de una fuerza. Un plastificante es un agente químico que se añade al plástico para aumentar su flexibilidad y reducir la temperatura de fundido y la viscosidad.

Se incorporan, pues para facilitar la transformación del material y aumentar la resistencia al impacto, ya que adicionados en pequeñas cantidades aumentan la flexibilidad. La ductilidad y la tenacidad de los polímeros también pueden mejorarse con la ayuda de los plastificantes. Su presencia también reduce la dureza y la fragilidad.

Los plastificantes suelen tener baja presión de vapor y bajo peso molecular. Las diminutas moléculas de los plastificantes ocupan posiciones entre las grandes cadenas poliméricas, incrementando la distancia entre cadenas y reduciendo los enlaces secundarios intermoleculares. Generalmente se utilizan plastificantes en la elaboración de polímeros frágiles a temperatura ambiente, tales como cloruro de polivinilo y algún copolímero del acetato.

Los plastificantes también disminuyen la temperatura de transición vítrea y de este modo los polímeros se pueden utilizar a temperatura ambiente en aplicaciones que requieren algún grado de flexibilidad y de ductilidad. Estas aplicaciones incluyen láminas delgadas o películas, tubos, impermeables y cortinas.

Puesto que los plastificantes son fundamentalmente disolventes no volátiles, la compatibilidad hace que sea necesario que la diferencia de parámetros de solubilidad del plastificante y del polímero ($\Delta\delta$) sea inferior a $1.8H$. Cuando los plastificantes se hallan presentes en cantidades pequeñas, normalmente se comportan como

antiplastificantes, es decir, aumentan la dureza y disminuyen el alargamiento de los polímeros.

Se han formulado más de 500 plastificantes diferentes para modificar polímeros. Los plastificantes son ingredientes cruciales en recubrimientos, extrusión, moldeo, adhesivos y películas de plástico. Los plastificantes suelen ser ésteres de alta temperatura de ebullición tales como los ftalatos de largas cadenas alifáticas (ftalato de dioctilo DOP cuyo uso está muy extendido) o ésteres alifáticos (adipato de dioctilo, DOA).

CARGAS O RELLENOS

Según la norma ASTM-D-883 de la American Society for Testing and Materials, un relleno es un material relativamente inerte que se incorpora al plástico para modificar su resistencia mecánica, estabilidad, propiedades de uso, aumentar su procesabilidad u otras características y en el caso de los termofijos, disipar el calor de la reacción de curado. También se usan para disminuir su precio a base de reducir el costo del material. El costo del producto final disminuye porque estos materiales baratos substituyen una parte del volumen de los polímeros más caros.

Algunos materiales poliméricos como películas, fibras o plásticos se emplean sin rellenos, pero la resistencia mecánica y el precio de la mayoría de los elastómeros y materiales compuestos plásticos dependen de la presencia de rellenos apropiados. Algunos artículos de caucho como las suelas de zapatos, gomas elásticas y globos se fabrican sin rellenos.

Sin embargo, las cubiertas de neumáticos no podrían utilizarse con éxito sin añadir negro de carbón o sílice amorfa. Por ejemplo, la incorporación de estos rellenos incrementa la resistencia a la tracción del SBR de 100 (0.69 MPa) a 4000 psi (27.6 MPa). De la misma manera, la mayoría de los plásticos de altas prestaciones son materiales compuestos de polímeros reforzados con fibra de vidrio.

El tamaño y la forma de la carga influyen enormemente en el material compuesto. La relación entre dimensiones de una carga es el cociente entre la longitud y la anchura. Las escamas o fibras mantienen relaciones entre sus dimensiones que las permiten resistir el movimiento o el realineamiento, por lo cual mejoran la resistencia. Los tamaños de las partículas por lo general van del orden de los 10 nm a dimensiones macroscópicas.

A continuación, se establecen las principales cargas utilizadas y la función de las mismas.

Función															
Carga	Volumen	Capacidad tratamiento	Resistencia térmica	Resistencia eléctrica	Rigidez	Resistencia química	Dureza	Refuerzo	Conductividad eléctrica	Conductividad térmica	Lubricidad	Resistencia a la humedad	Resistencia al impacto	Resistencia a la tracción	Estabilidad dimensional
Orgánica															
Serrín	X	X												X	X
Polvo de conchas	X	X										X		X	X
Alfa celulosa (pulpa de madera)	X			X	X									X	
Fibras de sisa	X			X	X	X	X	X				X	X	X	X
Papel macerado	X			X									X		
Tela macerada	X				X								X		
Lignina	X	X													
Queratina (plumas, pelo)	X				X								X		
Rayón cortado		X	X	X		X	X	X				X	X	X	X
Nylon cortado		X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X
Orlón cortado		X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X
Carbón en polvo	X		X		X	X						X			
Inorgánica															
Mica	X		X	X	X	X	X				X	X			X
Cuarzo			X	X	X		X					X	X		
Escamas de vidrio		X	X	X	X	X	X	X			X	X	X		
Fibras de vidrio cortadas			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	

Fibras de vidrio trituradas	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
Tierra de diatomeas	X	X	X	X	X		X						X		X
Arcilla	X	X	X	X	X		X						X		X
Silicato cálcico		X	X		X		X					X	X		X
Carbonato cálcico		X	X		X		X								
Trihidrato de alúmina		X		X	X		X					X			
Aluminio en polvo					X		X	X	X	X			X		
Polvo de bronce					X		X	X	X	X			X		
Talco	X	X	X	X	X	X	X			X		X			X

Tabla 3-7 Principales tipos de carga

Fuente: “Los plásticos, materiales de nuestro tiempo” – Confederación española de fabricantes de plásticos

En resumen, las cargas más utilizadas suelen ser harina de madera, sílice, arena, vidrio, arcilla (caolín), talco, caliza, mica e incluso polímeros sintéticos, todos ellos finamente pulverizados.

3.3.1.4.

REFUERZOS

Los refuerzos son ingredientes que se añaden a las resinas y polímeros. Estos ingredientes no se disuelven en la matriz de polímero. Por consiguiente, el material pasa a ser compuesto. Un plástico reforzado es un plástico con propiedades de resistencia muy superiores a la de la resina básica que resultan de la presencia de rellenos de alta resistencia embebidos en la composición. Según la ASTM, los laminados de plástico son los plásticos reforzados más comunes y resistentes.

Es frecuente confundir los refuerzos con las cargas. Éstas son partículas pequeñas que favorecen sólo ligeramente su firmeza. En cambio, los refuerzos son ingredientes que aumentan la solidez, la resistencia al impacto y la rigidez. Una de las principales razones por las que se confunden es que algunos materiales (el vidrio, por ejemplo) pueden actuar como carga, refuerzo o ambas cosas.

De acuerdo con la definición de las normas ASTM, los rellenos son relativamente inertes mientras que los refuerzos mejoran las propiedades de los plásticos. En realidad, se usan pocos rellenos que no mejoran las propiedades, pero las fibras de refuerzo dan lugar a mejoras espectaculares de las propiedades físicas de los materiales compuestos.

Existen muchos refuerzos fibrosos, pero la mayoría de las teorías que se han desarrollado han sido el resultado de los estudios sobre la fibra de vidrio, que es el refuerzo para polímeros más ampliamente utilizado.

Dentro del grupo de refuerzos fibrosos se incluyen seis subgrupos:

1. Vidrio
2. Carbonáceo
3. Polímero
4. Inorgánico
5. Metal
6. Híbridos

En el presente proyecto no se hará hincapié a los distintos tipos de refuerzos.

ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes se usan para proteger a los polímeros contra la oxidación atmosférica, ya que muchos tienen en sus cadenas moleculares sitios que son susceptibles al ataque del oxígeno.

Los polímeros como el polipropileno (PP) no pueden utilizarse a la intemperie sin estabilizadores apropiados debido a la presencia de átomos de hidrógeno de desprendimiento fácil en los átomos de carbono terciario. La configuración electrónica de este lugar facilita la pérdida inmediata de este hidrógeno y, entonces, se produce la oxidación. Luego sigue una serie de reacciones que provocan finalmente la escisión de la cadena. Cada vez que se produce la escisión, la cadena se acorta, y empeoran las propiedades.

En ausencia de estabilizadores, el PP al igual que muchos otros polímeros (RH) son atacados durante su procesado o su uso en el exterior debido a una reacción de degradación en cadena como se muestra en las ecuaciones siguientes:

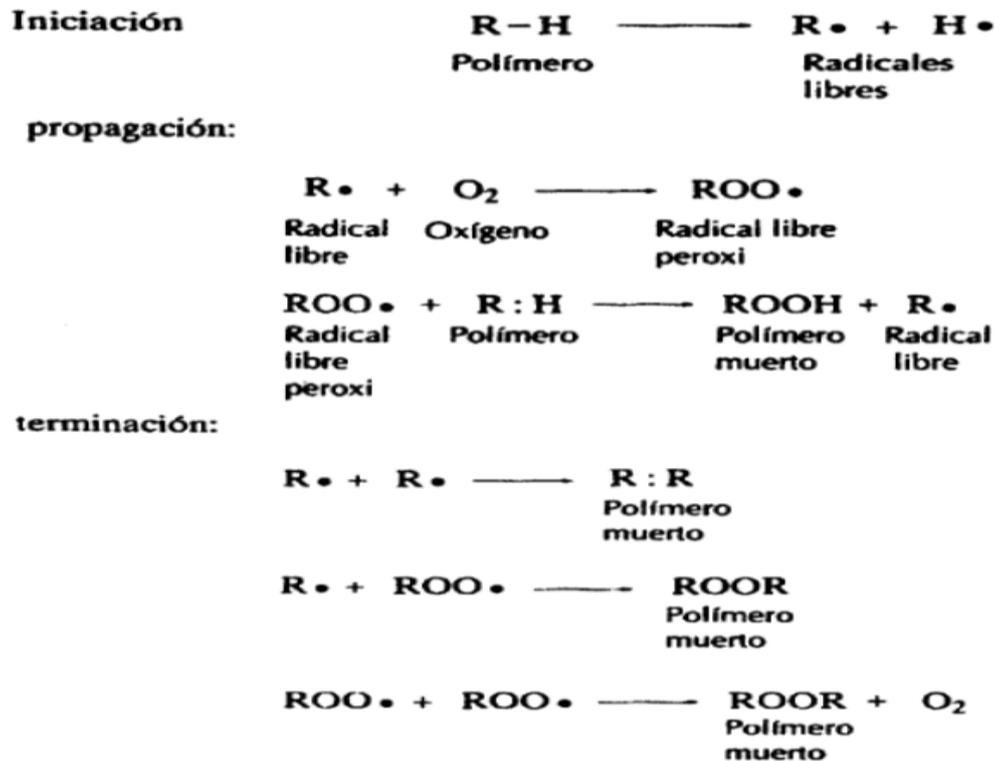


Figura 3-4 Reacción de degradación en cadena

Fuente: PLASTICOS – Materias Primas

Existen muchos antioxidantes naturales que se encuentran en las plantas, incluidos los árboles de caucho como el hevea. Los primeros antioxidantes sintéticos fueron obtenidos independientemente por Cadwell y por Winkelman y Gray por condensación de aminas aromáticas con aldehídos alifáticos. Productos comerciales sin purificar como la fenil-3-naftilamina todavía se utilizan como antioxidantes para los neumáticos de caucho, a pesar de su toxicidad.

Muchos de los antioxidantes naturales son derivados del fenol y fenoles impedidos estéricamente, como el di-ter-butil-p-cresol. Como puede verse a continuación, el antioxidante se comporta como un agente de transferencia de cadena para producir un polímero muerto y un radical libre estable que no inicia la reacción de degradación en cadena. Sin embargo, el radical libre de fenoxi puede reaccionar con otros radicales libres para producir un derivado de la quinona.

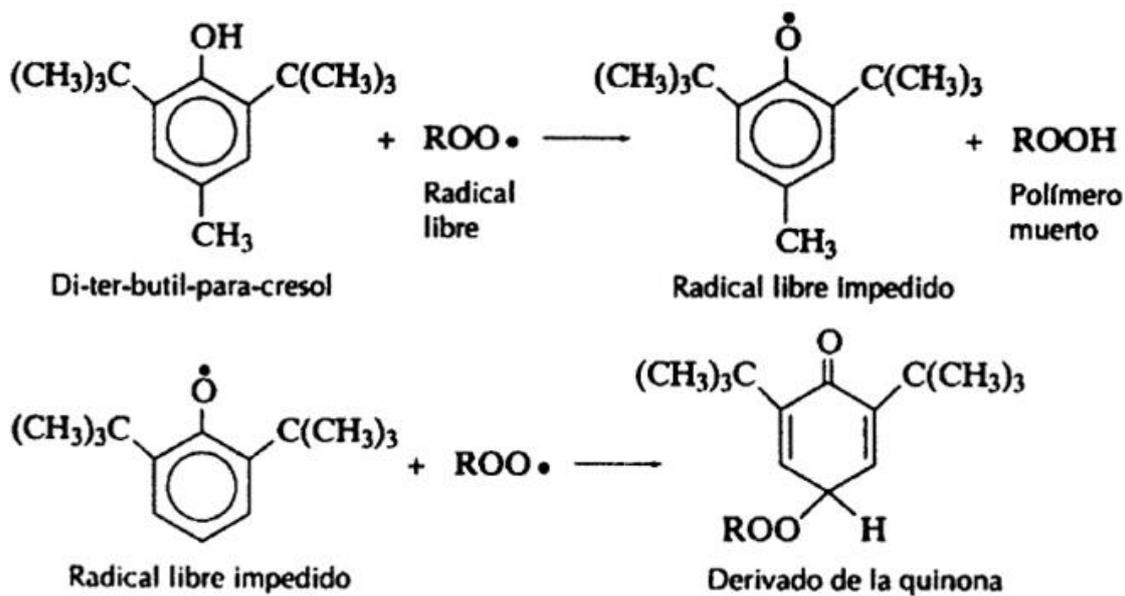


Figura 3-5 Reacción del antioxidante

Fuente: PLASTICOS – Materias Primas

La función de los aditivos antioxidantes es contrarrestar el ataque oxidante, impidiendo químicamente la serie de reacciones que conducen a la escisión. Los antioxidantes son necesarios para evitar la oxidación durante el proceso de fabricación y, también, para proteger la estructura del polímero durante la vida útil del producto.

En los procesos de fabricación, los polímeros a menudo están expuestos a condiciones bastante severas de temperatura y corte, lo cual favorece el ataque del oxígeno. Sin protección sería imposible obtener satisfactoriamente el polipropileno u otro polímero en general.

ESTABILIZANTES TÉRMICOS

Los estabilizadores térmicos evitan la degradación a las altas temperaturas del proceso. Detienen otro tipo de reacciones secundarias, por ejemplo, la tendencia de algunos polímeros a despolimerizarse. Estos aditivos son principalmente importantes en el cloruro de polivinilo, el cual se degrada fácilmente, se oscurece cuando se calienta y desprende cloruro de hidrógeno. Para contrarrestar este efecto se ha creado una serie de estabilizadores térmicos que son muy efectivos.

Para aumentar su resistencia a la degradación térmica durante su transformación y para aumentar la resistencia a la radiación ultravioleta para alargar su vida útil, se incorporan estabilizantes que eviten la degradación térmica, oxidativa o fotoquímica del material. Estos estabilizantes actúan directamente sobre las reacciones de degradación -que son de tipo radicalaria- inactivando y reduciendo la concentración de especies activas una vez formadas o bien actuando sobre las causas que producen la degradación.

Además de la degradación en cadena de radicales libres descrita para el caso de las olefinas, también existe otro tipo de degradación (deshidrohalogenación) que se presenta en los polímeros que contienen cloro como el PVC. Como puede apreciarse en la reacción a continuación, al calentar PVC, éste pierde cloruro de hidrógeno para formar una estructura cromofórica conjugada de polieno.

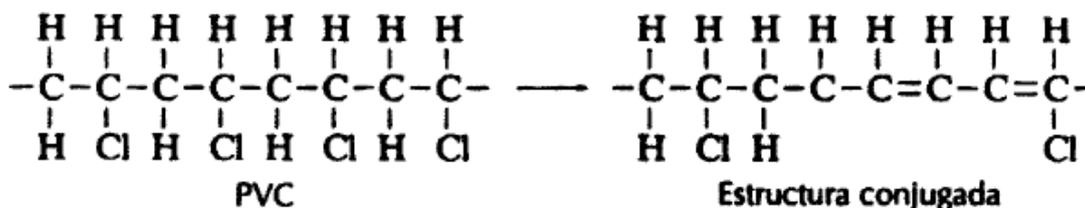


Figura 3-6 Reacción de deshidrohalogenación

Fuente: PLASTICOS – Materias Primas

Puesto que los cloruros alílicos producidos son muy inestables, la degradación continúa en una reacción en cadena. Este tipo de degradación se acelera en presencia de sales de hierro, oxígeno y cloruro de hidrógeno.

Como existe la posibilidad de sufrir pérdida de ácido clorhídrico, es por lo que los estabilizantes han de cumplir otras condiciones, como no solamente evitar las reacciones radicálicas oxidativas, sino también absorber y neutralizar el ácido clorhídrico generado para evitar la corrosión de los equipos de transformación. Por último, deben evitar la formación de enlaces conjugados en la molécula que comunican color.

Las sales de plomo y bario (tóxicas) absorben el cloruro de hidrógeno y se pueden utilizar como estabilizadores térmicos en algunas aplicaciones, como recubrimientos de cables. Las sales de dioctil estaño son menos tóxicas y producen películas de PVC transparentes. Los aceites insaturados epoxidados (menos tóxicos) como el aceite de soja se comportan como agentes eliminadores de HCl, como se muestra en la siguiente reacción.

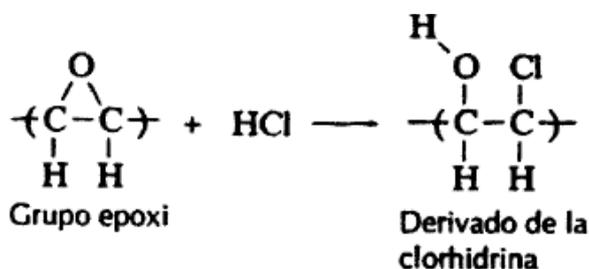


Figura 3-7 Reacción de eliminación de HCl

Fuente: PLASTICOS – Materias Primas

ESTABILIZANTES FRENTE A LA LUZ ULTRAVIOLETA

Algunos materiales poliméricos, en condiciones ambientales normales, se deterioran rápidamente, generalmente en términos de integridad mecánica. Este deterioro suele ser el resultado de la exposición a la luz, en particular a la absorción de la radiación ultravioleta, y también a la oxidación. La radiación ultravioleta interacciona con los enlaces covalentes y puede romper algunos de ellos a lo largo de la cadena molecular; esto puede generar también un entrecruzamiento de cadenas. Lo anterior conduce a la decoloración, pérdida de brillo, transparencia y fragilidad.

Dado que el efecto de la luz ultravioleta en los polímeros sintéticos es parecido al efecto sobre la piel humana, no es sorprendente que estabilizadores de ultravioleta como el salicilato de fenilo se utilice desde hace años en las cremas bronceadoras como filtro solar. Como se muestra en la reacción, el salicilato de fenilo se reordena en presencia de una radiación de alta energía para formar 2,2'-dihidroxiacetofenona. Este último producto al igual que otras 2-hidroxiacetofenonas se comporta como agente de transferencia de energía, es decir, absorbe energía para formar quelatos que liberan energía de longitud de onda superior por formación de derivados de la quinona.

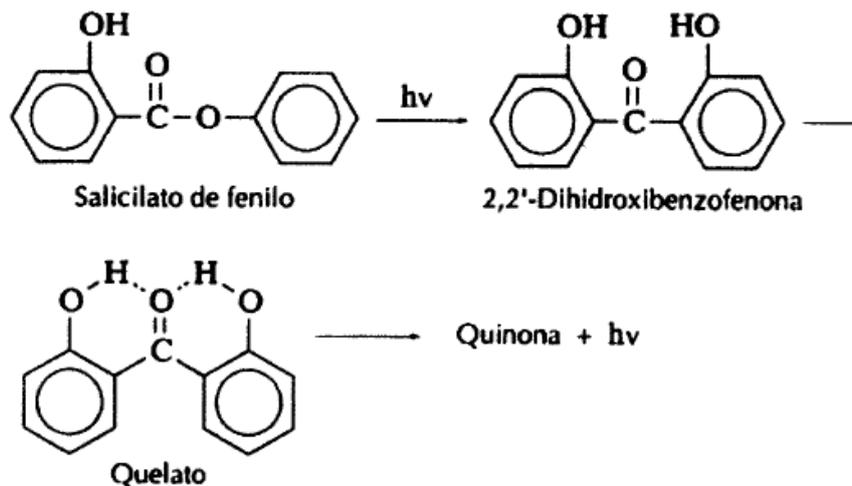


Figura 3-8 Reacción del estabilizante ultravioleta

Fuente: PLASTICOS – Materias Primas

Como estabilizadores de ultravioleta se pueden citar además los benzotriazoles (como el 2-(2'-hidroxifenil) benzotriazol). Los acrilonitrilos sustituidos, como el acrilato de etil-2-ciano-3,3'-difenoilo; los complejos metálicos como el dibutilditiocarbamato de níquel; y pigmentos como el negro de carbón.

La incorporación de estabilizantes tiene la función de reducir el nivel de energía de estas radiaciones absorbiéndolas y emitiéndolas de nuevo a menor longitud de onda sin causar ningún daño sin descomponerse más rápidamente que el polímero -efecto pantalla-; o bien desactivar rápidamente las especies radicálicas formadas -desactivadores de estados excitados.

RETARDADORES DE LLAMA

La inflamabilidad de los polímeros es una característica del máximo interés, sobre todo en la fabricación de textiles (tiendas de campaña, ropa y tejidos del hogar), de juguetes para niños, etc. Por tanto, es fundamental que tengan una buena resistencia de llama. La mayoría de los polímeros, en estado puro son inflamables, a excepción de los que contienen elevada proporción de cloruros y/o fluoruros, tales como los cloruros de polivinilo y politetrafluoretileno.

La resistencia a la inflamabilidad de los polímeros combustibles aumenta adicionando aditivos denominados ignífugos (o retardadores de llama). Estos aditivos funcionan de maneras diferentes, interfiriendo el proceso de combustión mediante una fase gaseosa, alterando el mecanismo normal de degradación térmica, favoreciendo un proceso de baja energía consistente en una reacción química que enfría la región de combustión y cesa el fuego, lo que conduce a la carbonización o formando un recubrimiento protector para aislarlo de la energía térmica.

Dado que los radicales de halógenos y de fósforo se acoplan con radicales libres producidos en el proceso de combustión y terminan la reacción, muchos de los retardadores de llama son compuestos de halógenos o de fósforo. Estos compuestos pueden encontrarse como aditivos, (a) retardadores externos, como el óxido de antimonio y los bromuros orgánicos, o (b) retardadores internos, como el anhídrido tetrabromoftálico que puede ser parte del polímero.

Para el proceso de combustión es necesario que haya oxígeno, combustible y alta temperatura. Por tanto, los polifluorocarbonos, fosfacenos y algunos materiales compuestos tienen propiedades de retardo de llama porque son malos combustibles. Rellenos como el trihidrato de alúmina (ATH) desprenden agua al calentarse y, por tanto, reducen la temperatura de combustión. Compuestos como el carbonato de sodio, que desprenden dióxido de carbono, aíslan los reactivos del oxígeno.

Los retardadores de llama, como muchos otros compuestos orgánicos, pueden ser tóxicos o producir gases tóxicos al quemarse. Consecuentemente, deberá tenerse mucho cuidado cuando se utilicen tejidos u otros polímeros tratados con retardadores de llama.

ESPUMANTES

Los polímeros fluidos pueden espumarse añadiendo líquidos de bajo punto de ebullición como el pentano o los fluorocarbonos, inyectando nitrógeno gaseoso comprimido, calentando mecánicamente y añadiendo agentes de espumado. Aunque se produce algo de dióxido de carbono cuando se fabrican poliuretanos en presencia de humedad, también se añaden propulsantes auxiliares a la mezcla de prepolímero.

Los agentes espumantes se incorporan para conseguir materiales ligeros con buenas propiedades aislantes tanto térmicas como acústicas (espumas rígidas) o productos protectores flexibles por su capacidad de amortiguación del impacto para la industria del envase. Se forman estructuras celulares, en las que la masa de polímero retiene un

determinado número de celdillas llenas de un gas. Según sea la formación de este gas espumante -por simple evaporación, o a partir de un proceso químico- se denomina a los agentes de espumación físicos o químicos.

Los espumantes físicos suelen ser líquidos volátiles hidrocarbonados de 5 ó 6 átomos de carbono, fluorocarbonos o gases como nitrógeno, anhídrido carbónico o aire.

Los espumantes químicos en el caso de los termofijos, se generan como subproductos en el proceso de polimerización, como en el caso de los poliuretanos que producen anhídrido carbónico por reacción con agua, mientras que para los termoplásticos deben incorporarse agentes químicos como derivados de hidracina, que generan gases cuando se descomponen a la temperatura de procesado del material, desprendiendo nitrógeno.

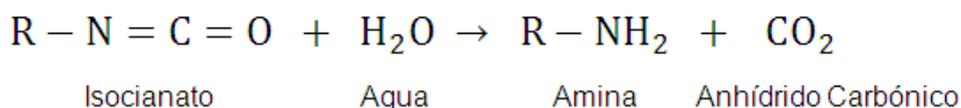


Figura 3-9 Reacción de espumantes químicos

Fuente: PLASTICOS – Materias Primas

3.3.1.10.

COLORANTES

Los colorantes se incorporan a los polímeros para comunicarles un color específico y hacerlos más atractivos. El color es un fenómeno subjetivo cuyo valor estético se aprecia desde hace muchos siglos. Dado que depende de la fuente luminosa, del objeto y del observador, el color no puede medirse directamente.

Los colorantes que proporcionan color a los polímeros pueden ser tintes solubles o pigmentos finamente divididos. Los primeros son solubles en el polímero incorporándose a su estructura molecular y se utilizan para colorear plásticos transparentes, por ejemplo, polimetacrilato de metilo (PMMA), poliestireno (PS) y policarbonatos (PC).

Los pigmentos son como material de relleno que no se disuelven (son insolubles), sino que permanecen como fases separadas; generalmente son partículas de pequeño tamaño, transparentes y con índice de refracción próximo al polímero base. Otros aditivos dan opacidad y color al polímero.

Los colorantes suelen ser azocompuestos y antraquinonas, mientras que los pigmentos suelen ser óxidos metálicos de cadmio, cromo y especialmente titanio.

Los pigmentos se clasifican en orgánicos e inorgánicos. Los primeros son más brillantes, ligeros y de menor tamaño de partícula que los colorantes inorgánicos más ampliamente usados y más opacos. Los óxidos de hierro u ocre, que se pueden encontrar en colores amarillos, rojos, negros, marrones y bronce, son los pigmentos más usados después del dióxido de titanio.

El negro de carbón es el pigmento orgánico más utilizado, aunque los azules y verdes de ftalocianina se hallan disponibles en muchos tonos y se usan muy ampliamente.

AGENTES DE CURADO

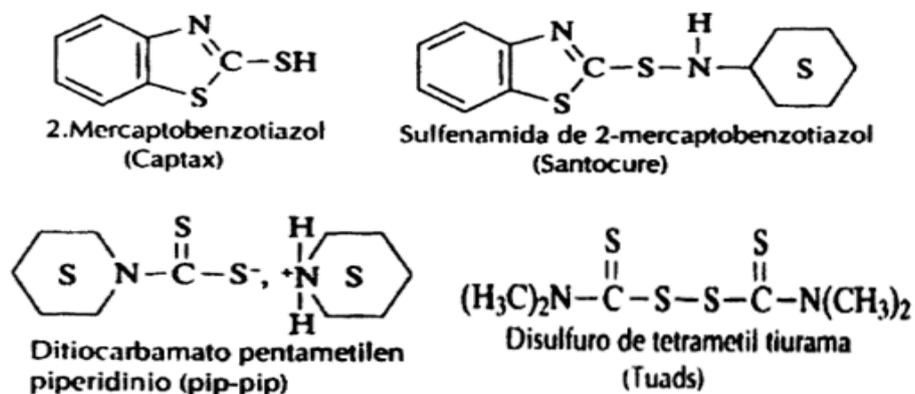
Se usan para producir cambios en las propiedades. Quizá que los más utilizados son para generar enlaces cruzados. En este caso, las cadenas de polímero se unen químicamente una con otra en varios puntos a lo largo de su molécula.

3.3.1.11.

El uso de agentes de curado empezó a raíz del descubrimiento casual y sorprendente de la vulcanización del caucho de hevea con azufre a mediados del siglo XIX. En este procedimiento, el azufre entrelaza químicamente las cadenas de caucho. El efecto del entrelazamiento cruzado o reticulación es que incrementa la resistencia y la rigidez, y reduce la deformación permanente cuando el material se somete a cargas debido a que los enlaces cruzados impiden el deslizamiento de las cadenas.

Los aceleradores orgánicos o catalizadores de la vulcanización con azufre del caucho fueron descubiertos en 1912. Como acelerador típico puede citarse la tiocarbanilid y el 2 - mercaptobenzotiazol (Captax). El Captax se usa en proporciones de hasta un 1 % con el caucho de hevea.

Otros aceleradores típicos son: la sulfonamida de 2-mercaptobenzotiazol (Santocure), utilizada para la vulcanización de SBR, los dicarbamatos y los disulfuros de tiurano. Estos últimos, llamados ultraaceleradores, catalizan el curado del caucho a temperaturas moderadas y pueden usarse en ausencia de azufre.



3.3.1.12.

Figura 3-10 Agentes de curado típicos

Fuente: PLASTICOS – Materias Primas

ANTIESTÁTICOS

La mayoría de los polímeros, excepto los ionómeros o materiales compuestos rellenos con metales, son aislantes eléctricos que se cargan electrostáticamente con facilidad durante su procesado o manejo posterior. Esta carga eléctrica, que resulta de un exceso o déficit de electrones puede contrarrestarse utilizando barras de ionización del aire durante el procesado o mediante la adición de agentes antiestáticos.

Los agentes antiestáticos pueden reducir la carga actuando como lubricantes o proporcionando un camino conductor para la disipación de cargas. La mayor parte de los agentes antiestáticos son higroscópicos y hacen que se forme una película fina de agua sobre la superficie del polímero. Los agentes antiestáticos internos se mezclan con el polímero, mientras que los externos normalmente se rocían sobre la superficie del polímero. Como ejemplos de agentes antiestáticos pueden citarse los compuestos de amonio cuaternarios, las hidroxialquilaminas, los fosfatos orgánicos, los derivados de los alcoholes polihídricos como el sorbitol y los ésteres de glicol de ácidos grasos.

BIOCIDAS

Aunque muchos de los polímeros sintéticos no modificados no son atacados por microorganismos, los plastificantes y otros aditivos, además de los productos de la celulosa, las proteínas, el almidón y las pinturas con base de grasa vegetal, se hallan sometidos a menudo a la degradación biológica. Los conservantes son fundamentales no sólo para evitar el ataque por parte de microorganismos, sino también para evitar el saque del caucho y el PVC por parte de los roedores.

El PVC desarrolla manchas de color rosa como resultado de la difusión de los productos secundarios del ataque de microorganismos. Los carboxilatos de amonio cuaternario y los compuestos de tributilestaño son conservantes eficaces contra las manchas rosadas. Entre otros conservantes y biocidas pueden citarse los ésteres de ácido p-hidroxibenzoico, la N-(triclorometilto)-4-ftalamida, el bis (tri-n-butilestaño) y el bis (8-quinolinato) de cobre.

Son sustancias que se incorporan para evitar ataques y crecimientos de cultivos microbianos. Las poliolefinas y los polímeros vinílicos son resistentes a estos ataques, no así los cauchos y derivados de la celulosa.

3.4. MECANISMOS DE POLIMERIZACIÓN

El polipropileno (C₃H₆)_n se obtiene mediante la polimerización de propileno (C₃H₆).

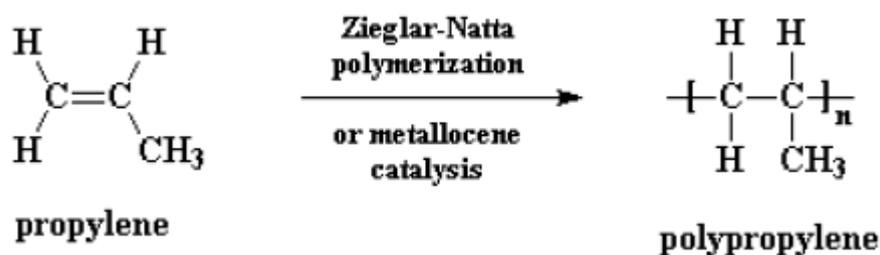


Figura 3-11 Reacción de polimerización

Fuente: Macrogalleria.com

La polimerización propiamente dicha tiene lugar el encadenamiento de las unidades monoméricas que son sustancias de bajo peso molecular, no saturadas, y que se agrupan químicamente entre sí por apertura de sus dobles enlaces o de sus estructuras

cíclicas, dando lugar a una molécula de elevado peso, al que llamamos polímero. El enlazamiento se efectúa sin separación de moléculas sencillas, de modo que la composición centesimal del polímero es la misma que la del monómero de partida.

Se produce la polimerización a través de una gran variedad de mecanismos de reacción que varían en complejidad debido a los grupos funcionales presentes en los monómeros y sus efectos estéricos (si tienen cadenas laterales voluminosas o son monómeros con restricción de rotación, ya que pueden afectar la polimerización). En la polimerización más sencilla, con alquenos, los polímeros se forman a través de reacciones radicalarias; por el contrario, reacciones más complejas, como las que implican la sustitución en el grupo carbonilo, requieren síntesis más complicadas debido a la manera en que reaccionan las moléculas por condensación.

Existen muchos tipos de polimerización y varios sistemas para categorizarlos. Las categorías principales son:

- Polimerización por Adición y Condensación.
- Polimerización de Crecimiento en Cadena y en Etapas.

3.4.1. POLIMERIZACIÓN POR ADICIÓN Y CONDENSACIÓN

Una polimerización por adición se da cuando la molécula de monómero pasa a formar parte del polímero sin pérdida de átomos, es decir, la composición química de la cadena resultante es igual a la suma de las composiciones químicas de los monómeros que la conforman.

Una policondensación se da si la molécula de monómero pierde átomos cuando pasa a formar parte del polímero. Por lo general se pierde una molécula pequeña, como agua. La polimerización por condensación genera subproductos, no es el caso de la polimerización por adición.

3.4.2. POLIMERIZACIÓN POR CRECIMIENTO EN CADENA Y EN ETAPAS

En la polimerización por crecimiento en cadena los monómeros pasan a formar parte de la cadena de uno en uno.

Primero se forman dímeros, después trímeros, a continuación, tetrámeros, etcétera. La cadena se incrementa de uno en uno, monómero a monómero. La mayoría de las polimerizaciones por crecimiento en cadena son por poliadición.

En la polimerización por crecimiento en etapas es posible que un oligómero reaccione con otros, por ejemplo, un dímero con un trímero, un tetrámero con un dímero, etc., de forma que la cadena se incrementa en más de un monómero.

En la polimerización por crecimiento en etapas, las cadenas en crecimiento pueden reaccionar entre sí para formar cadenas aún más largas. Esto es aplicable a cadenas de todos los tamaños. En una polimerización por crecimiento de cadena sólo los

monómeros pueden reaccionar con cadenas en crecimiento. La mayoría de las polimerizaciones en etapas se producen por policondensación.

En el caso del polipropileno el mecanismo de polimerización, es un proceso de adición (en cadena) donde cada monómero de propeno o propileno se unen a la cadena formada. Estructuralmente es un polímero vinílico, similar al polietileno, sólo que uno de los carbonos de la unidad monomérica tiene unido un grupo metilo. Este proceso está influenciado por la presencia de catalizadores, los cuales pueden ser catalizadores Ziegler – Natta o catalizadores metallocenos.

3.4.3. CATALIZADORES

METALLOCENOS

Un metalloceno es un ión metálico con carga positiva, ubicado entre dos aniones ciclopentadienilo, con carga negativa. El anión ciclopentadienilo es un pequeño ión formado a partir de una molécula llamada ciclopentadieno.

En la figura se observa que existe un átomo de carbono con dos hidrógenos, mientras que el resto sólo tiene uno. Estos dos hidrógenos son ácidos, es decir, pueden desprenderse con facilidad. Cuando uno de ellos se pierde, abandona los electrones del enlace. De esta manera, el carbono queda con un par electrónico extra.

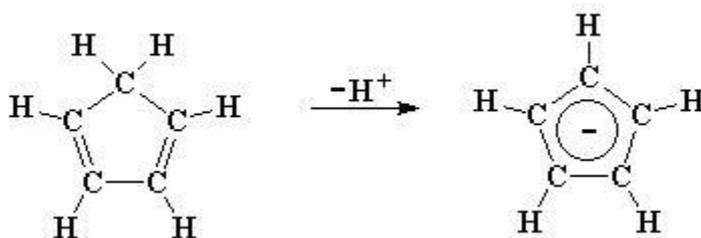


Figura 3-12 Formación Anión Ciclopentadienilo

Fuente: Macrogalleria.com

Sucede que, un anillo como éste, con seis electrones, se convierte en un anillo aromático, por lo que el anillo en esta forma aniónica será sumamente estable.

Estos iones ciclopentadienilo tienen carga negativa, de modo que cuando aparece un catión como el hierro con dos cargas positivas, dos de los aniones formarán un compuesto con el hierro. Este compuesto se denomina ferroceno.

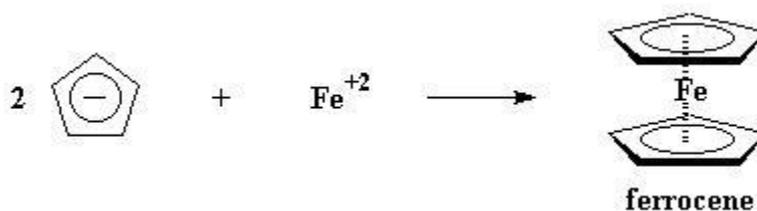


Figura 3-13 Formación del Ferroceno

Fuente: Macrogalleria.com

A veces se encuentra involucrado un catión de carga mayor, como el zirconio con cuatro cargas positivas. Para balancear la carga, el zirconio se unirá a dos iones cloruro, cada uno con una carga negativa, para dar un compuesto neutro.

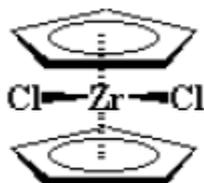


Figura 3-14 Bis – Clorozirconoceno

Fuente: Macrogalleria.com

Para obtener polímeros, se utilizan derivados del bis – clorozirconoceno, como, por ejemplo:

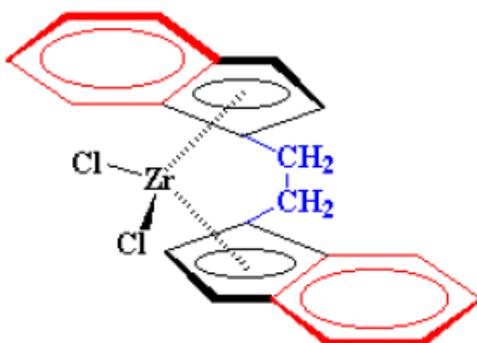


Figura 3-15 Ligando Indenilo

Fuente: Macrogalleria.com

Se diferencia del bis – clorozirconoceno en el sentido que cada anillo ciclopentadienilo tiene fusionado un anillo aromático de seis carbonos, mostrado en rojo. Este sistema de dos anillos formado a partir de un anillo ciclopentadienilo fusionado con un anillo fenilo, se denomina ligando indenilo. Por otra parte, hay un puente etileno, representado en azul, que une los anillos ciclopentadienilo, el superior y el inferior. Estas dos características hacen de este compuesto, un excelente catalizador para la obtención de polímeros isotácticos. Los voluminosos ligandos indenilo, dispuestos en posiciones

opuestas como están, dirigen los monómeros entrantes, así sólo pueden reaccionar cuando se encuentren en la dirección correcta, para dar polímeros isotácticos. Ese puente etileno mantiene en su lugar a los dos anillos indenilo. Sin el puente, girarían y no podrían situarse en el lugar correcto para dirigir la polimerización isotáctica.

Para lograr que el complejo zirconoceno catalice la polimerización, lo primero que debe hacerse es agregar un co-catalizador llamado metil alumoxano, otro polímero, cuya estructura es la siguiente:

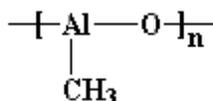


Figura 3-16 Polímero Metil alumoxano (MAO)

Fuente: Macrogalleria.com

La función que cumple el co-catalizador es reemplazar a los cloruros lábiles del zirconoceno, los cuales pueden desprenderse con facilidad. De esta manera, el metil alumoxano reemplaza los cloruros por los grupos metilos de su estructura, dando un compuesto similar al siguiente:

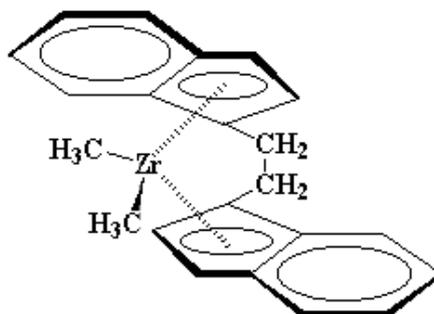


Figura 3-17 Complejo Catalizador

Fuente: Macrogalleria.com

Sin embargo, los grupos metilo también pueden desprenderse fácilmente. Cuando uno de ellos lo hace, se obtiene un complejo como el siguiente:

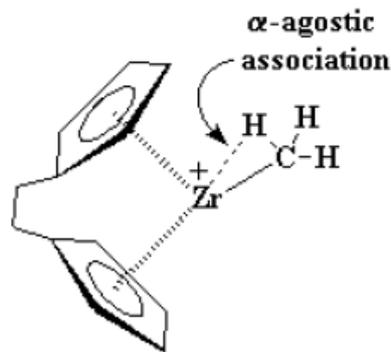


Figura 3-18 Asociación Agóstica

Fuente: Macrogalleria.com

El zirconio cargado positivamente es estabilizado, ya que los electrones del enlace carbonohidrógeno son compartidos con el zirconio. Esto se denomina α -asociación agóstica. Pero, aun así, necesita más de una asociación agóstica para ser estabilizado. De esta manera el monómero propileno entra en juego compartiendo los electrones de su doble enlace:

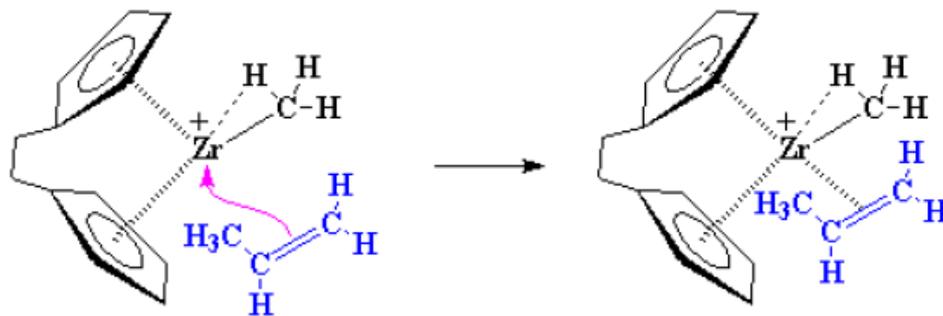


Figura 3-19 Reacción de Polimerización

Fuente: Macrogalleria.com

Cuando este complejo se forma, puede reordenarse. Los electrones del enlace zirconiocarbono metílico se desplazan para formar un enlace entre el carbono metílico y uno de los carbonos del propileno. Entre tanto, el par electrónico que había participado del enlace alqueno-complejo metálico se desplaza para formar un enlace entre el zirconio y uno de los carbonos del propileno.

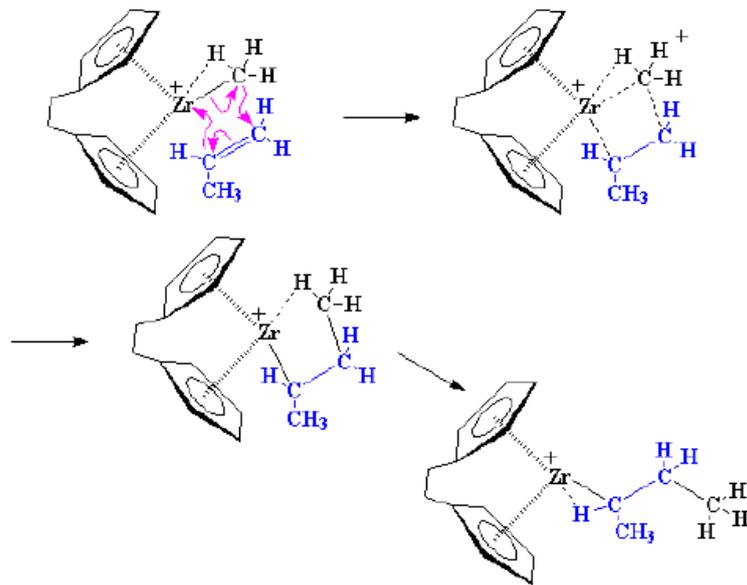


Figura 3-20 Reacción de Polimerización

Fuente: Macrogalleria.com

Como se puede observar en la figura, esto ocurre a través de un estado de transición de cuatro miembros. Y como también puede observar, el zirconio termina tal como empezó, perdiendo un ligando, pero con una asociación agóstica con un enlace C-H del monómero propileno.

Luego, otro monómero propileno aparece y reacciona del mismo modo que lo hizo el primero:

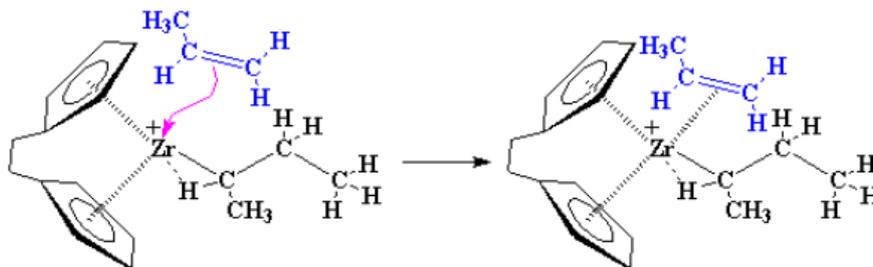


Figura 3-21 Reacción de Polimerización

Fuente: Macrogalleria.com

El propileno se coordina con el zirconio y luego los electrones cambian de posición:

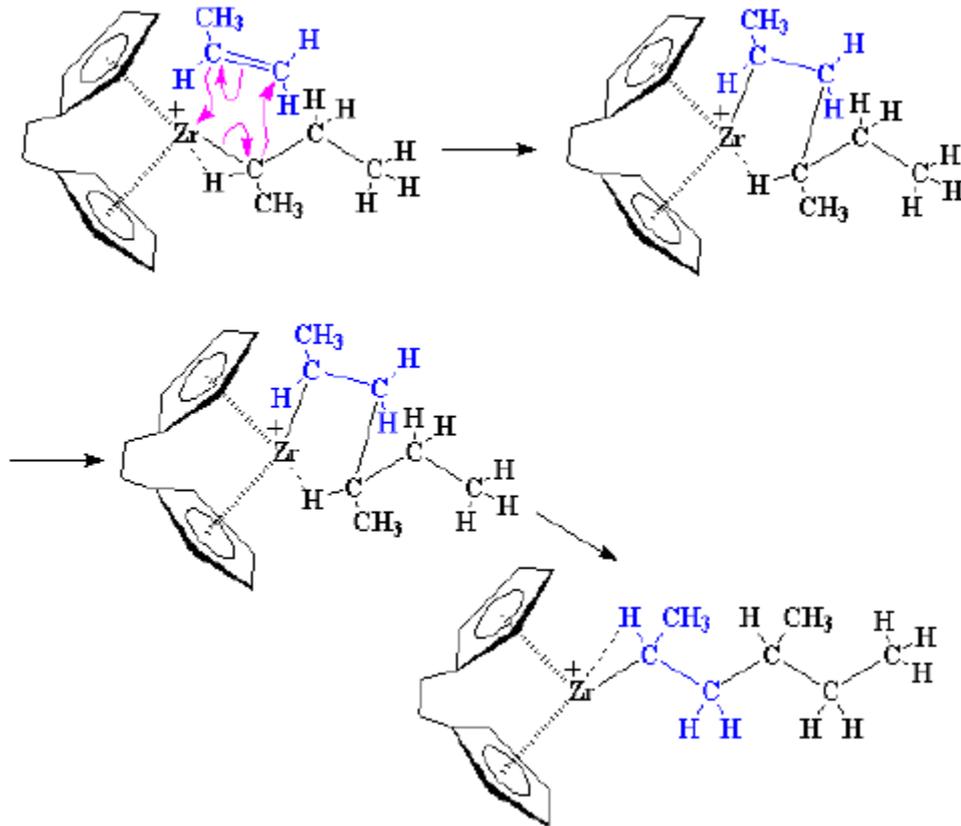


Figura 3-22 Reacción de Polimerización

Fuente: Macrogalleria.com

Se obtiene, de esta manera, un polímero isotáctico. Los grupos metilo se encuentran siempre del mismo lado de la cadena polimérica. Como puede apreciarse, el monómero propileno siempre se acerca al catalizador con su grupo metilo dirigido en el sentido opuesto del ligando indenilo.

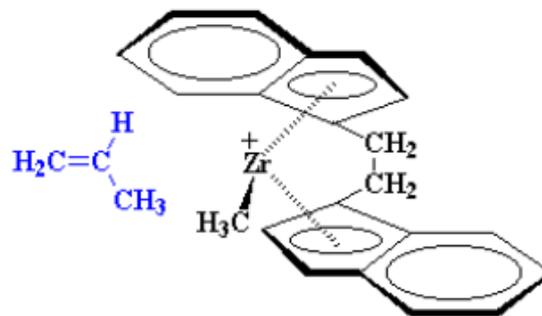


Figura 3-23 Efectos estéricos

Fuente: Macrogalleria.com

Si el grupo metilo se dirigiera hacia el ligando indenilo, por efectos estéricos, ambos se molestarían, evitando que el propileno se acerque lo suficiente al zirconio para formar el

complejo. De modo que sólo cuando el metilo se encuentra en sentido contrario respecto al ligando indenilo, el propileno puede acomplejarse con el zirconio.

De manera similar, un catalizador que presente otra configuración producirá polipropileno sindiotáctico.

ZIEGLER – NATTA

Los catalizadores de Ziegler – Natta son complejos metálicos con propiedades que permiten la polimerización estereoespecífica de alquenos.

El proceso fue desarrollado en el grupo de Karl Ziegler en el Instituto Max Planck de Mülheim. Su primera aplicación era la polimerización de etileno. En el grupo de Giulio Natta se amplió el campo de aplicación al propileno permitiendo un control de la tacticidad del polímero.

Los catalizadores clásicos del tipo Ziegler – Natta son catalizadores mixtos que contienen un compuesto organometálico de los grupos I, II o III del sistema periódico y un compuesto de un metal de transición. Se puede tratar tanto de catalizadores homogéneos como heterogéneos. Se trata de catalizadores con varios centros activos diferentes “*multiple site*”. Los sistemas más modernos emplean sobre todo cloruro de magnesio, tetracloruro de titanio, trietilaluminio además de diversos dadores de electrones internos y externos.

Para que dicho proceso se produzca, se requiere un complejo de metal de transición del grupo IV a VIII de geometría octaédrica con una posición de coordinación libre. Este complejo se forma inicialmente a partir de los componentes metálicos y metalorgánicos. La vacante de coordinación tiene propiedades de ácido de Lewis.

El mecanismo de un proceso tipo Ziegler – Natta se basa primero, en la adición del alqueno al centro metálico con los electrones del doble enlace y luego en la inserción en el enlace del metal con el carbono del resto orgánico enlazado previamente. Así se regenera la vacante de coordinación y el ciclo catalítico comienza de nuevo.

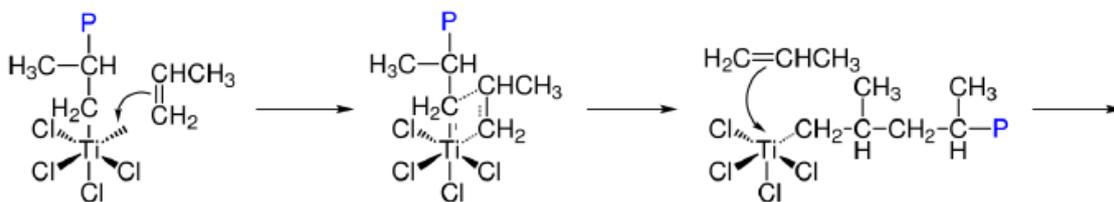


Figura 3-24 Polimerización pasos de Inserción y Reacción

Fuente: wikipedia.org

En la ecuación anterior se esquematiza cómo se coordina una molécula de propileno a un centro metálico de titanio y luego, pasando por un estado cíclico, se inserta en el enlace del metal con el polímero formado previamente. Esta reacción es estereoespecífica. El grupo metilo siempre se insertará al mismo lado de la cadena. El

crecimiento del polímero termina cuando se ha consumido todo el monómero o cuando se forma un hidruro por una reacción de eliminación:

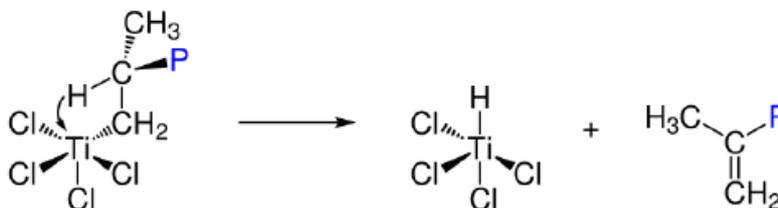


Figura 3-25 Reacción de término de Cadena con la formación de un Hidruro y un Isoalqueno

Fuente: wikipedia.org

3.5. TÉCNICAS DE POLIMERIZACIÓN

En este punto, se empleará el esquema de clasificación de los procesos productivos existentes. Como así también va a realizarse una pequeña introducción sobre los productos a desarrollarse teniendo en cuenta su formulación y los usos a los cuales pueden ser aplicados.

3.5.1. CLASIFICACIÓN

Existen diversas formas de clasificar los procesos. En este caso se realiza la misma basándose en el estado de agregación de la fase portadora del monómero. Teniendo en cuenta esta consideración, encontramos tres grandes familias de procesos. Las mismas son:

- Polimerización en suspensión (Slurry).
- Polimerización en masa en fase líquida (Bulk).

3.5.1.1. Polimerización en masa en fase gaseosa.

PROCESOS SLURRY (SLURRY PROCESSES, SP)

Están configurados para que la reacción tenga lugar en un hidrocarburo líquido, en el que el polipropileno es prácticamente insoluble, y a una temperatura inferior a la de fusión del polímero. Dentro de este tipo de procesos existen marcadas diferencias en la configuración de los reactores (de tipo bucle o autoclave) y en el tipo de diluyente utilizado, lo que afecta a las características de la operación y al rango de productos que se puede fabricar. El más conocido es el proceso llamado Montecatini que gracias a los avances en materia de polimerización está prácticamente desuso.

El proceso se puede dividir en las siguientes etapas: Preparación del catalizador, polimerización, recuperación del monómero y solvente, remoción de residuos del catalizador, remoción del polímero atáctico y de bajo peso molecular, secado del producto, adición de modificadores y extracción del polímero.

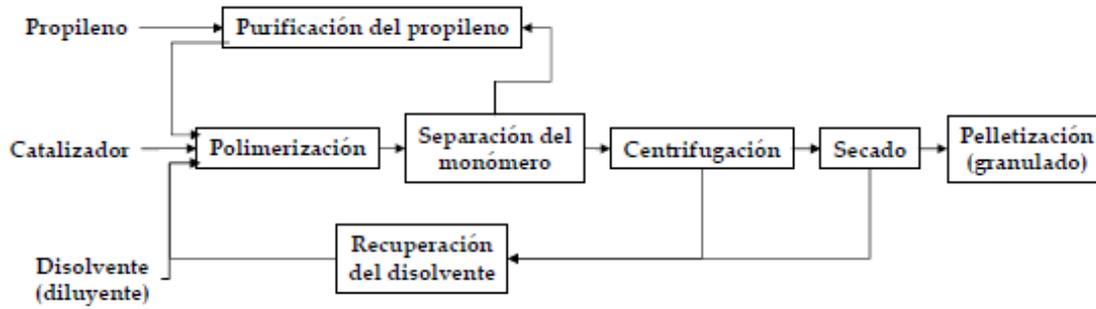


Figura 3-26 Proceso en suspensión Slurry

Fuente: Nº 53 – IPA (Polipropileno)

PROCESOS CON EL MONÓMERO CONDENSADO (BULK PROCESSES, BP)

3.5.1.2. La principal diferencia de este proceso con respecto al de suspensión es la sustitución del solvente por propileno líquido. Esto fue posible debido a que con el desarrollo de nuevos catalizadores ya no fue más necesaria la extracción de catalizador ni la remoción del polímero atáctico. El proceso más utilizado comercialmente corresponde a esta clasificación y es llamado Spheripol. Se trata de un proceso versátil que permite preparar diferentes tipos de productos con propiedades óptimas usando dos reactores en serie.

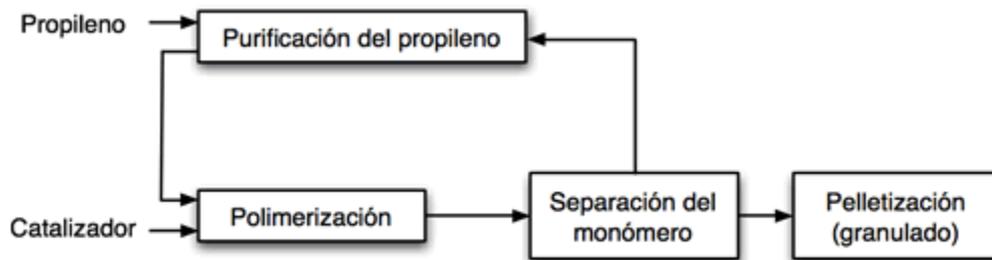


Figura 3-27 Proceso en fase líquida

3.5.1.3.

Fuente: Nº 53 – IPA (Polipropileno)

PROCESOS CON EL MONÓMERO EN FASE GASEOSA (GAS PHASE PROCESSES, GPP)

Los procesos en fase gaseosa aparecieron casi simultáneamente con los en fase líquida. Esta tecnología fue revolucionaria porque evitaba completamente la necesidad de un solvente o un medio líquido para dispersar los reactivos y productos del reactor. También eliminaba la separación y recuperación de grandes cantidades de solventes o de propileno líquido que era necesaria en los procesos con reactores en suspensión o en fase líquida. El polipropileno producto que se obtenía en los reactores de fase gas era esencialmente seco y sólo requería la desactivación de una pequeña parte de los residuos del catalizador antes de la incorporación de aditivos y su posterior peletización.

Por lo tanto, esta tecnología redujo la manufactura del polipropileno a pocos pasos esenciales. Algunos procesos representativos de esta tecnología son: Novolen, y Unipol.

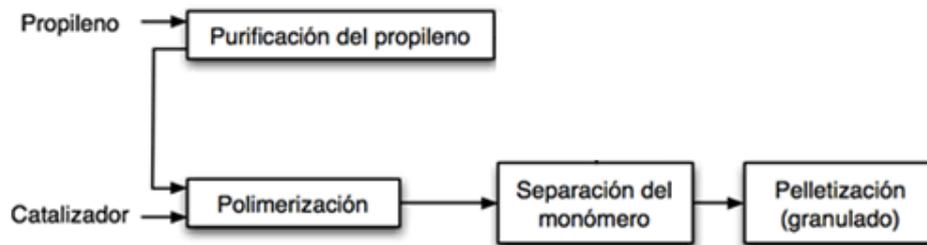


Figura 3-28 Proceso en fase gaseosa

Fuente: Nº 53 – IPA (Polipropileno)

3.5.2. POLIPROPILENO A PRODUCIR

El polipropileno extrudado tiene un campo de utilización muy grande y, a fines del proyecto, se escogerán tres productos a manufacturar que se caractericen por obtener cualidades que le confieran altas prestaciones.

En la categoría de copolímeros se obtendrán productos en bloque (5% de aditivos y 15% de etileno) llamados PPC1, los cuales presentan muy buen balance de propiedades mecánicas y, además puede tener una aditivación especial para tapas de bebidas carbonatadas. También se presentan copolímeros aleatorios (1% de aditivos y 7% de etileno), como es el caso del PPC2, el cual destaca por su alta fluidez y baja distorsión posmoldeo, a su vez es apto para la inyección de piezas de pared delgada y presentan excelente transparencia. Como tercer producto que la planta comercializa se tiene un homopolímero PPH1 el cual posee como propiedades el ser apto para la extrusión de caños y piezas que requieran muy buenas propiedades mecánicas, además de muy buena estabilidad de fundido y procesabilidad.

La producción de la planta se basará en la facilidad de comercialización de cada producto, luego de un análisis en cuanto a la versatilidad de cada producto y su campo de utilización, por lo que se decidió realizar un 45 % de la producción en copolímero random, PPC2, debido a su auge en la producción de piezas automotrices. Luego en cantidad de producción sigue el homopolímero, PPH1, debido a su gran utilización en la producción de películas y láminas en un 35 %. Por último, se produce el copolímero en bloque, PPC1, el cual presenta muchas características importantes, pero debido a su alta especificidad no se requiere en proporciones muy elevadas, por lo que se produce en un 20 %.

3.6. TECNOLOGÍAS DE POLIMERIZACIÓN DE PROPILENO

A la hora de desarrollar un proceso productivo, el proyecto se va a valer de una patente conocida para conseguir un producto de una calidad específica y con rendimientos elevados. Distintas patentes fueron evaluadas para conseguir la óptima a los fines del

desarrollo de la actividad, dentro de las cuales podemos destacar ciertos procesos, a saber:

3.6.1. PROCESO LIPP

Proceso por unidad de destilación. Muy utilizado para la producción de homopolímeros.

Esta unidad produce propileno grado polímero con una pureza superior a 99%. Su materia prima es un corte de Propano-Propileno proveniente de las principales refinerías del país.

El proceso comienza por remover impurezas en una serie de equipos, ya que las mismas afectan severamente la eficiencia del catalizador de Polimerización. Luego en una columna demetanizadora se remueven gases livianos, algunos de los cuales afectan también la polimerización.

Una columna de destilación de 200 platos produce la separación del propileno del propano. Esta columna opera con el concepto de Bomba de Calor, con lo que se logra alta eficiencia energética, ya que un compresor toma los gases del tope de la columna y los utiliza para calentar su fondo, y al mismo tiempo se baja la presión de la columna, con lo que se mejora la separación.

Después de la separación, varios lechos de guarda evitan la llegada de impurezas a la etapa de polimerización.

El corazón del sistema de reacción es el reactor tipo tanque agitado. El mismo opera en forma continua, y en él se inyectan catalizadores del tipo Ziegler Natta, el propileno fresco y el hidrógeno que regula el peso molecular del polímero distribuido.

La polimerización de propileno libera calor, el que es removido por ebullición y condensación del propileno con agua.

En esta etapa se forman gránulos de polipropileno alrededor de las partículas de catalizador. La mezcla de polvo de polipropileno y propileno no convertido se extrae del reactor y luego de evaporarse el propileno, el polímero se envía a una serie de recipientes separadores donde se completa la degasificación del mismo.

El propileno separado en estas etapas se condensa y se recicla nuevamente al reactor.

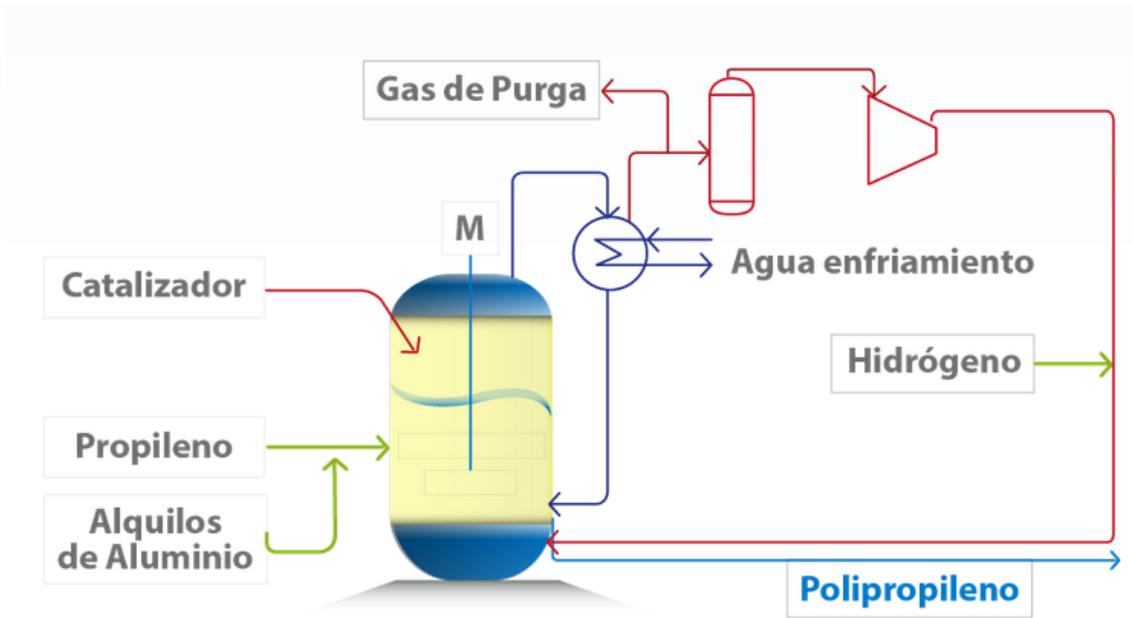


Figura 3-29 Proceso LIIP

Fuente: Petroken-pesa.com

3.6.2. PROCESO NOVOLEN

El proceso Novolen de fase gas es licenciado por Novolen Technology Holdings C.V. (NTH), un emprendimiento conjunto entre ABB Lummus Global y Lyondell.

Este proceso utiliza uno o dos reactores verticales de fase gas. Los homopolímeros y copolímeros random son manufacturados en uno o dos reactores en cascada, según la capacidad deseada y el tipo de productos. Los copolímeros de impacto requieren dos reactores en series: en el primer reactor, se polimerizan homopolímeros y copolímeros random; en el segundo reactor, se agrega la fase elastomérica polimerizando una mezcla de etileno-propileno.

El propileno, etileno y otros comonómeros que puedan ser necesarios se alimentan a los reactores. Se utiliza hidrogeno para controlar el peso molecular. Las condiciones de polimerización (temperatura, presión y concentraciones de reactantes) se fijan según el grado de polímero deseado. La reacción es exotérmica y el enfriamiento del reactor se logra a través de un intercambiador de calor, donde el gas de reacción líquido es mezclado con monómero adicional e inyectado en el reactor; la evaporación del líquido en el lecho de polímero provee un máximo de intercambio de calor.

El polímero en polvo es descargado del reactor y separado en un tanque de descarga a presión atmosférica. El monómero remanente ya separado del polvo es comprimido y reciclado o enviado a la unidad de olefinas para su recuperación. El gas eliminado del tanque de purga es enviado a un sistema de recuperación; el polvo es transportado a silos para polvo y luego peletizado incorporando una variedad de aditivos.

Para aplicaciones que requieren extremadamente bajos niveles de volátiles y olor, el proceso ofrece una unidad opcional para tratar los pellets luego de su peletizado.

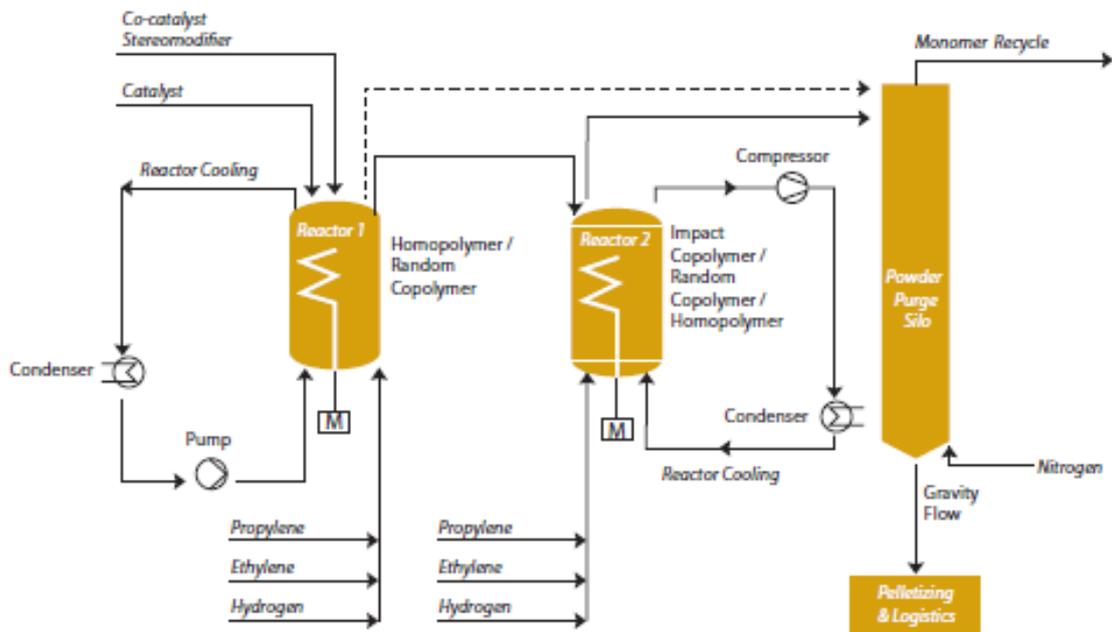


Figura 3-30 Proceso Novolen

Fuente: Novolen-Technology Summary

3.6.3. PROCESO UNIPOL

Este proceso es conceptualmente similar al proceso Unipol para PE, del cual evolucionó. Fue desarrollado por Union Carbide, luego adquirido por Dow Chemical, la cual licencia la tecnología. En el proceso Unipol para PP un reactor es utilizado para producir homopolímero y productos de copolímeros al azar (random) que operan en fase gaseosa en un lecho fluidizado; opcionalmente un segundo reactor puede ser operado en serie con el primero para producir copolímeros de impacto. Cuando se producen copolímeros de impacto, el homopolímero de PP producido en el primer reactor se transfiere al segundo reactor en donde el remanente del catalizador promueve una reacción adicional.

En el siguiente diagrama de proceso se muestran los dos reactores en serie, un recipiente de descarga del polímero en el que se separa el monómero que no reaccionó y se retorna al proceso, un tanque de purga en el que se incorpora nitrógeno, silos de almacenamiento del polvo de PP y una extrusora.

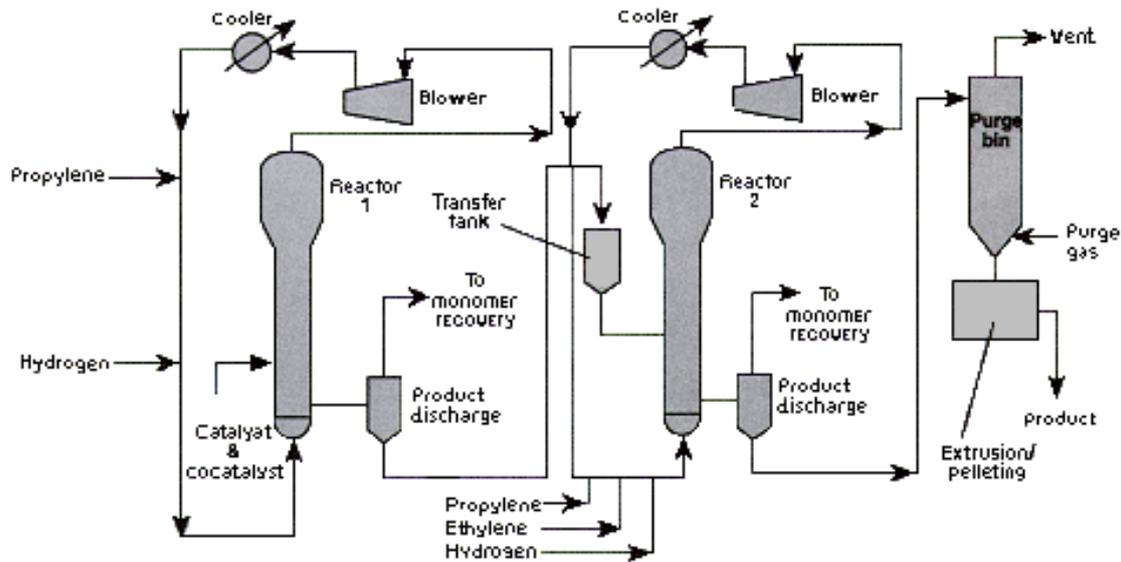


Figura 3-31 Proceso Unipol de Dow

Fuente: Dow Chemical Company

3.6.4. PROCESO INNOVENE PP DE INEOS

El proceso Innovene para propileno es una combinación de un reactor pistón de fase gaseosa agitado horizontal y catalizadores CD propietarios.

El propileno y etileno, en caso de ser requerido, se hacen pasar primero por un sistema de purificación de la alimentación para remover impurezas.

El propileno fresco, junto con el propileno líquido de reciclaje entra al primer reactor donde el catalizador es agregado. El gas caliente de reacción que sale de los domos del reactor 1 es separado de los finos antes de ser enfriados. Los finos son recirculados al reactor 1. El propileno condensado es reciclado al reactor a través de una bomba, mientras que el propileno gaseoso es reciclado a través de un compresor como medio de fluidización. A través de un sistema pulmón intermedio de transferencia de homopolímero del reactor 1 es alimentado al reactor 2. Cuando se produce homopolímero, esta reacción continúa en el reactor 2 por adición de propileno fresco y reciclado. Para hacer copolímero random o copolímero de impacto, el etileno es agregado como alimentación al segundo reactor. El propileno gaseoso y condensado son reciclados por medio de un arreglo similar al del reactor 1.

El polvo de polímero del reactor 2 es separado del gas de reacción en el filtro al tope de la columna de purgado. El gas de reacción es reciclado al reactor 2 por medio de un compresor. Cualquier traza de hidrocarburo que permanece adsorbida en el polvo es separada por desgasificación en la columna de purgado. No se requiere tratamiento de desgasificación adicional aguas abajo.

Hay diseños de planta disponibles para producir hasta 500 ktn PP en una línea única.

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel

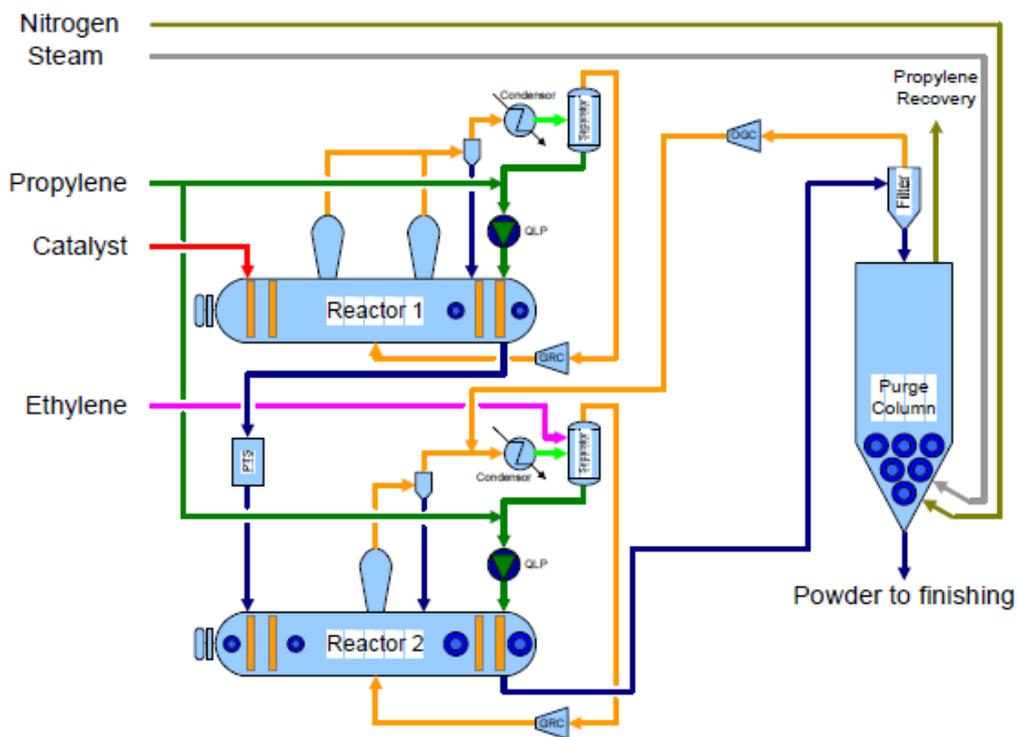


Figura 3-32 Proceso de Innovene

Fuente: www.ineostechnologies.com

3.6.5. PROCESO HYPOL DE MITSUI

Esta tecnología de producción se caracteriza por el uso de catalizadores de alto rendimiento, polimerización en dos fases y amplia gama de productos.

En el proceso Hypol, la materia prima y los catalizadores son introducidos continuamente a la sección de reacción (dos reactores en fase líquida y dos en fase gaseosa).

El propileno polimeriza formando polvo de polipropileno, el cual es secado para eliminar el material volátil, mezclado con diferentes aditivos dependiendo de la aplicación y sometido a un proceso de extrusión donde se transforma en gránulos o "pellets", los cuales son posteriormente transportados a silos de homogeneización. Los gránulos son finalmente ensacados y almacenados para su posterior despacho.

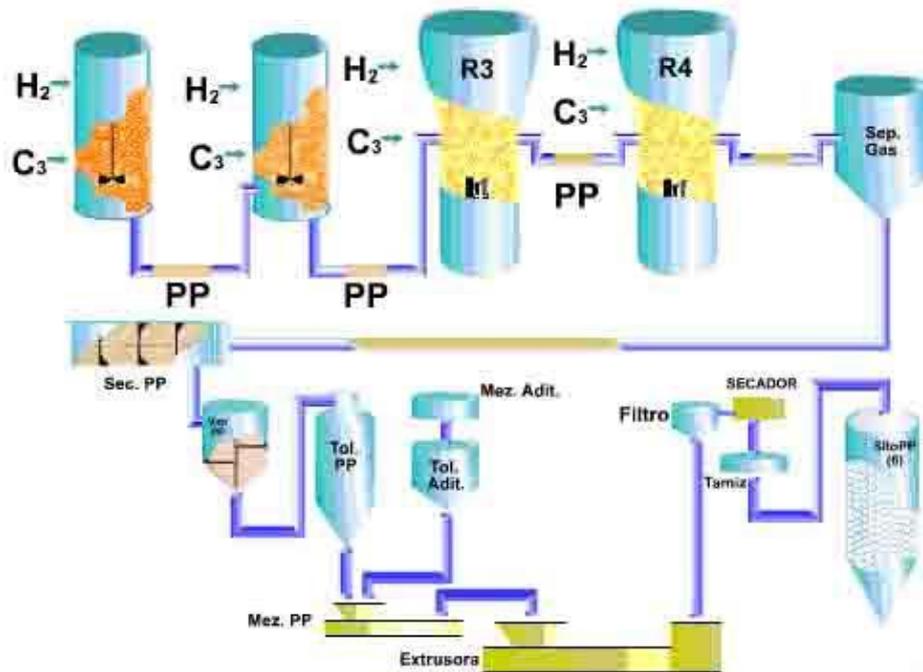


Figura 3-33 Proceso Hypol

Fuente: Propilven

3.6.6. PROCESO SPHERIPOL DE BASELL

El proceso Spheripol de Basell produce homopolímeros de polipropileno y copolímeros random y heterofásicos.

Este proceso tiene la habilidad de producir esferas de polímero directamente en el reactor en vez de partículas granulares irregulares como los otros procesos.

La polimerización en masa emplea reactores tubulares llenados con propileno líquido para producir homopolímero y copolímero random o terpolímero. La operación se lleva a cabo a 70°C y 4 Mpa. El catalizador, el propileno líquido y el hidrógeno (que se utiliza para controlar el peso molecular) son introducidos en forma continua en el reactor tubular. Una mezcla homogénea de esferas de polipropileno circula dentro del reactor tubular. Si se desea producir copolímero random o terpolímero, se introducen pequeñas cantidades de etileno y/o 1-buteno en el reactor. El calor de reacción es removido por las camisas de agua de enfriamiento del reactor. El polímero se descarga en forma continua en un ciclón, el propileno remanente del ciclón se recobra, condensa y bombea de vuelta en el reactor tubular.

Para producir copolímero de impacto y especialidades, el polímero del primer reactor es introducido en un reactor de lecho fluido de fase gas que opera en serie con el reactor tubular. El reactor fase gas no se usa cuando se producen homopolímeros o copolímeros random. En este reactor un elastómero (etileno-propileno) formado por la introducción de etileno se polimeriza dentro de la matriz del homopolímero formado en

la primera etapa de reacción. La fluidización se mantiene por recirculación de gas de reacción; el calor de reacción se remueve del gas de reciclo por medio de un intercambiador de calor antes de retornar a la parte inferior del reactor de fase gas para mantener la fluidización.

El polímero que se descarga de estos reactores fluye a un separador de baja presión y luego a un tanque donde los residuos de catalizador son neutralizados con vapor y el monómero disuelto es removido, recobrado y reciclado al sistema de reacción. De este tanque, el polímero es descargado a un pequeño secador de lecho fluido con un sistema cerrado de nitrógeno caliente para remover la humedad.

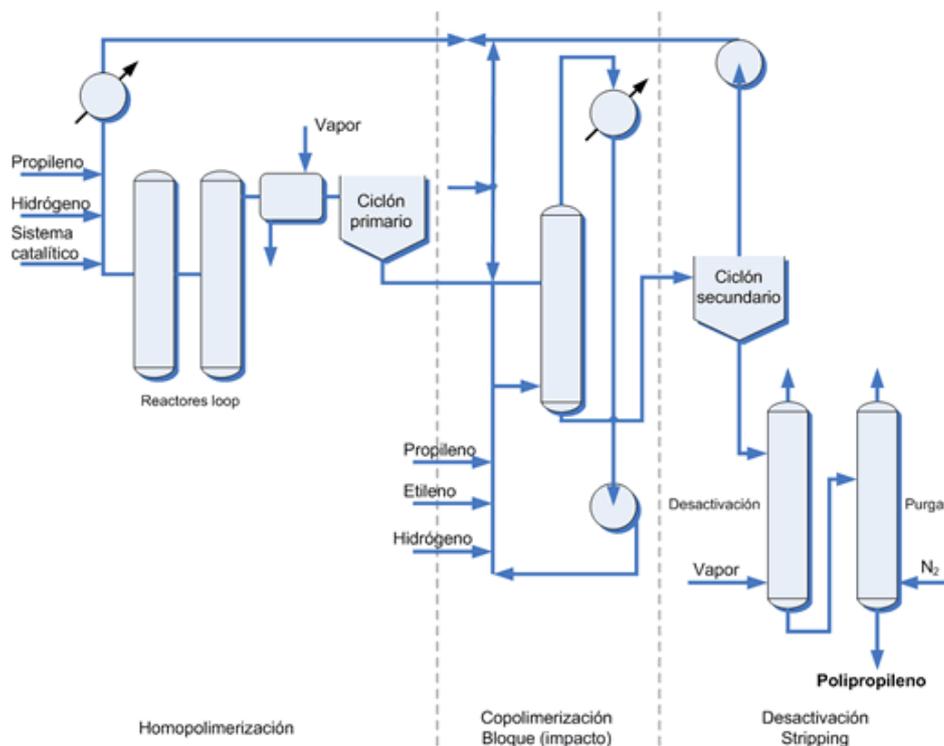


Figura 3-34 Proceso Spheripol

Fuente: www.eis.uva.es

3.7. SELECCIÓN

La selección de las tecnologías a emplear se realizó en función del prestigio de las distintas empresas propietarias de las patentes, cantidad de plantas similares en operación, y características de los productos obtenidos.

Respecto a la planta de polimerización Novolen, cabe destacar que es la patente de mayor flexibilidad que permite la producción de distintos grados de PP, al momento de presentar las distintas tecnologías, capacidades técnicas y costos comparables.

Debido a la simpleza, mayor experiencia demostrada en el país y rendimiento del proceso se decidió utilizar la tecnología Novolen, considerando otros factores como son



Universidad Nacional de Cuyo Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria Producción de Polipropileno



también la economía de la misma y la operatividad (teniendo en cuenta la baja cantidad de equipos y el mantenimiento necesario).



4. TAMAÑO

4.1. INTRODUCCIÓN

La importancia de definir el tamaño que tendrá el proyecto se manifiesta principalmente en su incidencia sobre el nivel de inversiones y los costos que se calculen, y, por lo tanto, sobre la estimación de la rentabilidad que podría generar su implementación. De igual manera, la decisión que se tome respecto al tamaño determinará el nivel de operación.

Para este proyecto, el tamaño estará dado por la capacidad instalada de producción de polipropileno, expresada en términos de toneladas producidas por año.

La capacidad instalada es el volumen máximo de producción que se puede obtener con los recursos (dinero, equipo, personal, instalaciones) disponibles en el proyecto.

La determinación del tamaño responde a un análisis interrelacionado de las siguientes variables: demanda, disponibilidad de insumos, localización y plan estratégico comercial de desarrollo futuro de la empresa que se creara con el proyecto, entre otras.

La cantidad demandada proyectada a futuro es quizás el factor condicionante más importante del tamaño, aunque este no necesariamente deberá definirse en función de un crecimiento esperado del mercado, ya que, el nivel óptimo de operación no siempre será el que se maximice las ventas. Aunque el tamaño puede ir adecuándose a mayores requerimientos de operación para enfrentar un mercado creciente, es necesario que se evalúe esa opción contra la de definir un tamaño con una capacidad ociosa inicial que posibilite responder en forma oportuna a una demanda creciente en el tiempo.

En algunos casos la tecnología seleccionada permite la ampliación de la capacidad productiva en tramos fijos. En otras ocasiones, la tecnología impide el crecimiento paulatino de la capacidad, por lo que puede ser recomendable invertir inicialmente en una capacidad instalada superior a la requerida en una primera etapa, si se prevé que en el futuro el comportamiento del mercado, la disponibilidad de insumos u otras variables hará posible una utilización rentable de esa mayor capacidad.

1.1.1.

4.2. FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO DEL PROYECTO

RELACIÓN TAMAÑO – FINANCIAMIENTO

La capacidad de financiamiento de un proyecto es un tema de actualidad en las finanzas empresariales. Se está empleando con efectividad y éxito, como alternativa de financiamiento directo en una amplia gama de proyectos.

En el afán de identificar las posibles fuentes de financiamiento para el proyecto en cuestión, se detallan a continuación los resultados:

- Fuentes Internas: por capital propio, el cual es aportado al inicio por medio de los capitalistas y responsables del proyecto.

- Fuentes Externas: se obtienen fuera del proyecto, pueden obtenerse por medio del mercado de capitales, bancos, cooperación y desarrollo.
- Mercado de Capitales: ofreciendo participación en el negocio (acciones, obligaciones o bonos).
- Bancos e Instituciones de Fomento: a través de la banca se pueden obtener créditos a corto, mediano y largo plazo, que presenten condiciones adecuadas a las características del proyecto. También por instituciones privadas en forma de créditos con proveedores y fabricantes de equipo.
- Cooperación para el Desarrollo: Se puede obtener apoyo financiero a través de organismos internacionales que destinan recursos técnicos y financieros.

Si los recursos financieros son insuficientes para cubrir las necesidades de inversión el proyecto no se ejecuta, por tal razón, el tamaño del proyecto debe ser aquel que pueda financiarse con mayor comodidad y seguridad, y que en lo posible presente los menores costos y un alto rendimiento del capital.

La disponibilidad de recursos financieros que el proyecto requiere para inversiones fijas, diferidas y/o capital de trabajo es una condicionante que determina la cantidad a producir.

Este factor deberá ser analizado en detalle en una etapa de factibilidad.

4.2.1. RELACIÓN TAMAÑO – PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio es el tamaño mínimo para no tener pérdidas en el ejercicio de la producción de los productos a elaborar. Por debajo de esta cantidad se estaría perdiendo y el proyecto no sería rentable. A partir del punto de equilibrio se comienza a percibir utilidades.

Este factor será analizado en capítulos posteriores, una vez determinada la estructura de costos del proyecto.

4.2.2. RELACIÓN TAMAÑO – CAPACIDAD DE INVERSIÓN

Está dada por la disponibilidad de recursos de inversión con los que se podrían contar para invertir en el presente proyecto, determinado por lo general por el costo de la maquinaria y equipo e instalación, capital de trabajo, entre otros.

Es aquí donde entra a tallar el índice de inversión por unidad de capacidad instalada, es decir el costo unitario de producción respecto a los diferentes tamaños de planta dada por la capacidad de la maquinaria y equipo.

En este caso la inversión requerida es de U\$D 95 013 445,67.

4.2.3. RELACIÓN TAMAÑO – MERCADO

La escala económica, para que un país desarrolle racionalmente la industria petroquímica, depende del tamaño de los mercados, que pueden no sólo ser los del propio país, sino que cada vez más incluye a los mercados regionales e internacionales.

Por lo que el tamaño óptimo depende, entre otras cosas, de las economías de escala que estén presentes en un proyecto. Al estar en presencia de un mercado creciente, esta variable toma más importancia, ya que deberá optarse por definir un tamaño inicial lo suficientemente grande como para que pueda responder a futuro a ese crecimiento del mercado, u otro más pequeño pero que vaya ampliándose de acuerdo con las posibilidades de las escalas de producción. El primer caso obliga a trabajar con capacidad ociosa programada, la que podría compensarse con las economías de escala que se obtendrían de operar con un mayor tamaño.

En el Capítulo 2 “Estudio de Mercado”, se analizó el comportamiento de la demanda de polipropileno. Ésta crece de manera sostenida, pero con diferentes tasas, por lo cual se debe optar entre dos alternativas: satisfacer por exceso o por defecto la demanda.

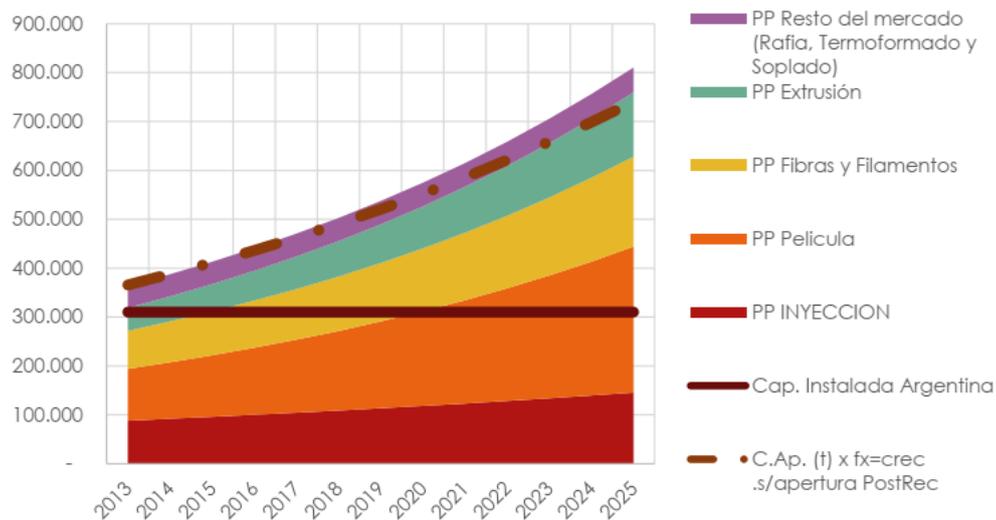


Figura 4-1 Demanda vs Capacidad instalada

Fuente: Estudio de Pre-factibilidad económica para la instalación de una planta de Polipropileno en Argentina – Adrián E. Ail

Para posibilitar un análisis en base a este factor, se realizó una simplificación estipulando una tasa de crecimiento de la demanda constante, y calculando un promedio de demanda para el horizonte de evaluación del proyecto.

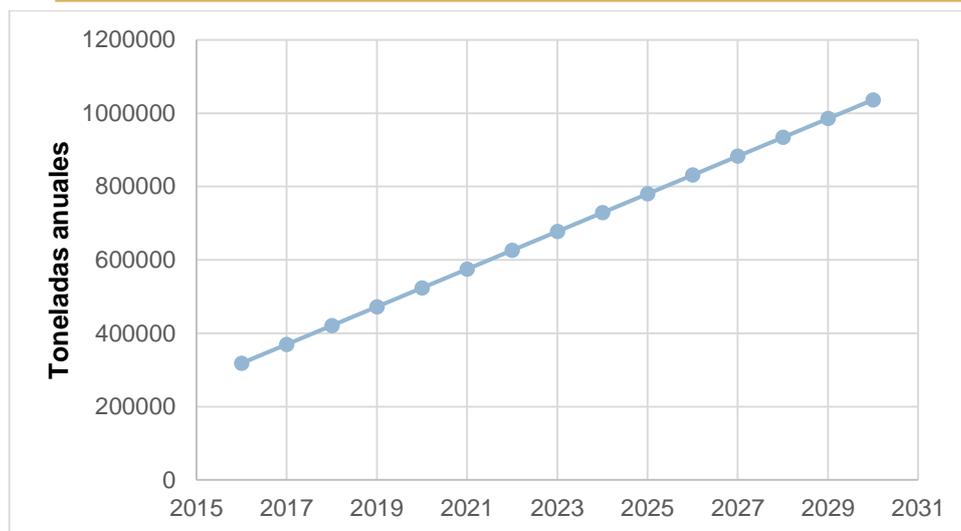


Figura 4-2 Variación de la demanda en función del tiempo

Fuente: Elaboración propia

En base a este análisis se proyectó una demanda promedio de 730 000 toneladas de polipropileno al año, lo que establece una diferencia de 400 000 toneladas al año de diferencia con la capacidad actual instalada por las plantas productoras.

Por lo que se considera un factor a tener en cuenta a la hora de la selección del tamaño.

4.2.4. RELACIÓN TAMAÑO – MERCADO PROVEEDOR

El abastecimiento suficiente, en cantidad y calidad, de materias primas es un aspecto de vital importancia en el desarrollo de una empresa, ya que limita la capacidad de uso del proyecto o aumenta los costos del abastecimiento. Aunque, no necesariamente la materia prima condiciona y/o limita el tamaño de un emprendimiento.

Al analizar este factor debe tenerse en cuenta que la materia prima fundamental, el propileno, cuenta con fuentes limitadas a grandes escalas, lo que obliga a realizar esfuerzos que generen convenios que aseguren un abastecimiento para el funcionamiento de la planta.

Por lo que en este caso se considera que el tamaño del proyecto se ve directamente influenciado por el mercado proveedor.

Según el estudio de localización del proyecto, la planta se encontrará ubicada en el parque industrial de Campana perteneciente al partido de Campana de la provincia de Buenos Aires, ya que cuenta con todos los servicios necesarios para la operación, además de posibilitar el abastecimiento de materia prima.

4.2.5. RELACIÓN TAMAÑO – RECURSOS HUMANOS

Uno de los factores que se analizó de manera enfática en el Capítulo 5 “Localización” fue la disponibilidad de personal apto para las tareas necesarias en este proyecto.

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel

La ubicación seleccionada para la empresa, Campana, cuenta con una oferta amplia de recursos humanos altamente capacitados, por lo cual esto no se convierte en un factor condicionante del tamaño de la empresa.

4.2.6. RELACIÓN TAMAÑO – TECNOLOGÍA

La determinación de la tecnología a utilizar es un factor de gran importancia. Debido a que la selección de la misma permite la ampliación o no de la capacidad productiva que puede alcanzar el proyecto.

La petroquímica se caracteriza específicamente por requerir grandes inversiones; es una industria de capital intensivo. Generalmente, utiliza procesos continuos, en plantas que trabajan día y noche y que tienen que operar por arriba del 70% de su capacidad para ser rentables. Además, el costo de producción unitario se reduce al incrementar la capacidad de las plantas, hasta el límite que la tecnología permita.

Por esa razón, en el diseño de los negocios petroquímicos se requiere un cuidadoso planeamiento en la selección de las tecnologías, las materias primas, entre otras.

Otra de las características de la industria petroquímica es que las tecnologías son muy dinámicas y constantemente son mejoradas o reemplazadas, lo que hace imprescindible que las empresas se mantengan actualizadas tecnológicamente para competir, no sólo localmente sino también en el exterior.

Generalizando, para la determinación del tamaño de la planta, se establece que es aconsejable invertir en una capacidad instalada superior a la requerida inicialmente por el proyecto. Ya que, las empresas petroquímicas, por medio de mejoras tecnológicas continuas, reducen los costos de sus productos, disminuyen sus precios y por consiguiente los mercados tienden a evolucionar, en general, con mayor rapidez que la propia economía del país. Es decir que se tratan de empresas que tienen gran velocidad de expansión.

Esta expansión se debe en gran parte a los materiales plásticos. Estos han sustituido a los materiales tradicionales y permiten la fabricación de nuevos artículos, gracias a sus excelentes propiedades y a su constante reducción de precio.

Es por esto, que este factor establecería un tamaño mínimo de factibilidad para el proyecto.

4.2.7. RELACIÓN TAMAÑO – MEDIO AMBIENTE

El impacto que pueda generar el proyecto sobre el medio ambiente, así como la necesidad de grandes equipamientos para realizar la mitigación de dichos impactos, es un factor muy importante que debe analizarse en el dimensionamiento de la capacidad de producción de la planta ya que se ve directamente influenciado con el tamaño de la planta.

En el capítulo 12 “Aspectos ambientales”, se presenta un estudio detallado de estos impactos, pero cabe resaltar que los mismos no son de carácter crítico. Por lo que, adoptando políticas con buenas prácticas de producción, el tamaño dejaría de estar directamente influenciado por el medio ambiente.

4.3. RESULTADO DEL ANÁLISIS

Del análisis de los factores enumerados anteriormente, se presume que el factor de mayor relevancia para la determinación del tamaño es la disponibilidad de la materia prima, el propileno.

Es importante resaltar que la realización del proyecto depende de manera decisiva de cómo evolucione la oferta de propileno en el mercado, ya sea por aumento en la producción de destilerías, por transformación de materias primas a través de procesos químicos, o por la posible importación desde Brasil.

Suponiendo que las condiciones son favorables en cuando al suministro de materia prima. Por lo que, para llevar a cabo la evaluación del tamaño de la planta, además de considerar el comportamiento de la demanda del mercado, se plantea sustituir las importaciones de polipropileno. Además, se toma como referencia la capacidad instalada de las empresas de igual rubro, dentro de las cuales encontramos:

Empresa	Tecnología	País	Capacidad (tn/año)
Indelpro	Spheripol	México	240 000
Indelpro	Spherizone	México	350 000
Propilven	Hypol	Venezuela	144 000
Propilco	Spheripol	Colombia	320 000
Petroquim	Spheripol	Chile	120 000
YPFB (en construcción)	-	Bolivia	250 000
LyondellBasell	Spheripol	España	360 000
Braskem	-	Brasil	350 000
Braskem	-	Brasil	150 000
Suzano	-	Brasil	200 000
NGC	En estudio	Trinidad y Tobago	400 000
Petroken	Lipp	Argentina	180 000
Petroquímica Cuyo	Novolen	Argentina	130 000

Tabla 4-1 Empresas productoras de polipropileno

Fuente: Elaboración propia en base a datos provistos por las empresas

Como resultado del estudio se obtuvo que la mayoría de las industrias producen más de 200 000 tn/año, pero aquellas que operan con producciones inferiores trabajan con la máxima capacidad disponible.

Analizando el estudio de la variación de la demanda en función del tiempo de la Figura 3-2 en el cual se obtuvo una demanda insatisfecha de 400 000 toneladas al año de polipropileno y si además se considera un posible aumento de la oferta proveniente de la competencia, se obtiene como resultado la producción anual estimada.

El objetivo propuesto por el proyecto es producir 200 000 toneladas anuales. Abarcando un 50% de la demanda promedio insatisfecha del mercado teniendo en cuenta los factores mencionados con anterioridad.

4.4. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN

Para realizar una estimación del programa de producción, se propone comenzar con la fabricación, teniendo en cuenta el tiempo estadístico de 1 año de construcción de la planta, en el año 2019.

Basándose en la capacidad instalada previamente definida, la jornada laboral adquirida, el periodo de mantenimiento, entre otros, se prosigue a realizar la planificación del programa de producción.

Teniendo en cuenta que se trata de un proceso en que se establecen 24 horas de producción continua y que se considerará una parada al año para realizar tareas de mantenimiento, sumando un total de 25 días no laborales. Se tiene como resultado la producción diaria que satisface la cantidad necesaria del producto.

$$\text{Producción Diaria} = \frac{\text{Producción anual}}{\text{Días laborales}} = \frac{200000 \frac{\text{tn}}{\text{año}}}{340 \frac{\text{día}}{\text{año}}} = 588,24 \frac{\text{tn}}{\text{día}}$$

AÑO 2019			
Mes	Días hábiles	Horas de trabajo	Producción
Enero	18	432	10 588 tn/mes
Febrero	28	672	16 471 tn/mes
Marzo	31	744	18 235 tn/mes
Abril	30	720	17 647 tn/mes
Mayo	31	744	18 235 tn/mes
Junio	30	720	17 647 tn/mes
Julio	31	744	18 235 tn/mes
Agosto	31	744	18 235 tn/mes
Septiembre	30	720	17 647 tn/mes
Octubre	31	744	18 235 tn/mes
Noviembre	30	720	17 647 tn/mes
Diciembre	19	456	11 176 tn/mes
Total	340 días	8 160	200 000 tn/año

Tabla 4-2 Programa de producción propuesto

Fuente: Elaboración propia

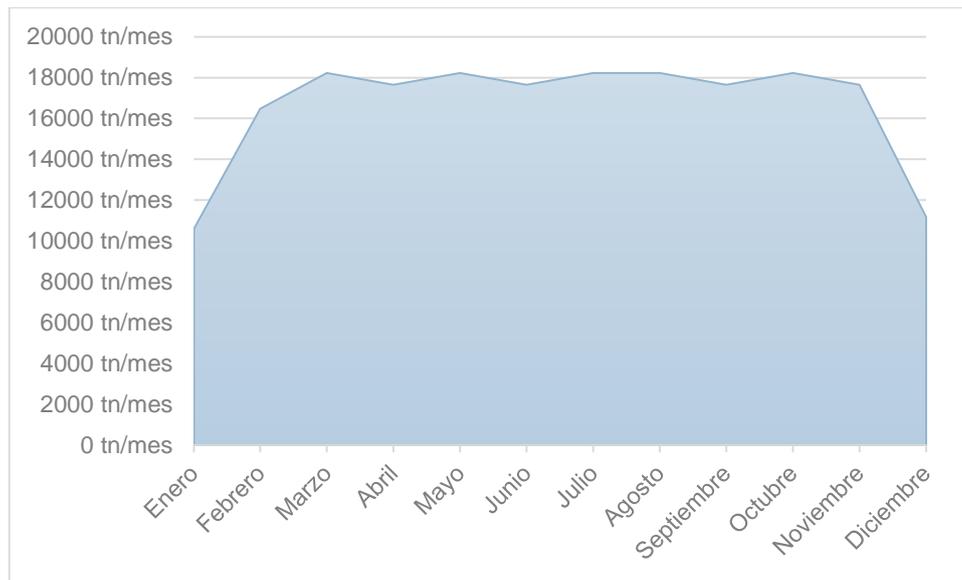


Figura 4-2 Programa de producción propuesto

Fuente: Elaboración propia

4.5. CONCLUSIÓN

En el presente capítulo se observaron y/o analizaron los distintos factores que condicionan el tamaño del proyecto, destacándose en particular aquellos que tienen mayor peso de decisión.

De los resultados obtenidos del análisis, se determina que, si el proyecto tiene como objetivo cubrir el 50% del aumento potencial de la demanda insatisfecha en cuanto a datos suministrados sobre la situación en Argentina del mercado de polipropileno, se encontraría con una producción capaz de abastecer con lo establecido. Lo que conlleva a construir una planta de tal envergadura.

Por otro lado, se tuvo en cuenta también el tamaño de las empresas productoras de polipropileno del país, y en base a esos datos, el proyecto tendría una participación total de aproximadamente un 38% del mercado.

Es por ello que se llega a la conclusión que el tamaño óptimo promovido por el proyecto es de 200 000 toneladas anuales.

5. LOCALIZACIÓN

5.1. INTRODUCCIÓN

La planta de producción de polipropileno deberá ser emplazada tan cercana al mercado productor como sea posible, siendo esta la razón por la que debe analizarse la demanda del mercado consumidor a nivel local. En el desarrollo de este capítulo se realizará un estudio de las alternativas dando distintas valoraciones y ponderaciones a los factores relevantes, objetiva y subjetivamente, para finalmente lograr la mejor localización para llevar a cabo este proyecto.

Ha de tenerse en cuenta que la localización de la planta debe ser catalogado como un factor fundamental para la optimización de utilidades. El punto geográfico donde se vaya a emplazar la empresa, en una determinada localidad, municipio, zona o región es una decisión de carácter estratégico, dado que una mala decisión puede alterar notablemente el rendimiento del mismo, como también así la inserción del producto al mercado, la decisión dependerá de diversas variables que pueden favorecer o perjudicar la actividad económica presente y futura de la empresa.

A la hora de la elección, en la locación concreta de la edificación, se deberá tener en cuenta la superficie, su distribución en planta, su costo y forma de adquisición (alquiler, compra, etc.), la reglamentación que puede afectarle, así como un eventual crecimiento de la empresa, planificado o no.

Generalizando, para determinar la localización de la planta, se tienen en cuenta dos aspectos muy importantes que son los costos y los ingresos, con el objetivo principal de minimizar los primeros y maximizar los últimos.

5.2. HERRAMIENTAS DE SELECCIÓN

El primer análisis a realizar para elegir la localización más idónea para la planta, es determinar el arquetipo poblacional donde se va a ubicar. Para esto, es necesario realizar un estudio detallado de algunos factores, entre los que destacan:

- La proximidad al mercado y a los clientes, la distancia a las áreas de influencia.
- Dotación de servicios de la zona, como suministro de agua, vapor, luz, teléfono, entre otros servicios utilizados para la producción, así como de la infraestructura necesaria para el tipo de empresa que se vaya a colocar.
- Las posibilidades de acceso a las materias primas y compradores, cercanía de los proveedores. Este factor facilita y reduce los gastos de aprovisionamiento derivados del transporte.
- La tasa de desempleo, disponibilidad de mano de obra calificada, posibilidades de subcontratación, posibilidades de capacitación de personal y de desarrollo humano entre otros.
- Las ayudas económicas y fiscales, las subvenciones y los incentivos municipales.

- Además, se deben valorar otros factores como el comportamiento del mercado al ingresar una competencia nueva, así como las estrategias de negocios desarrolladas por los establecimientos de la zona, es decir, la forma de competencia que deberá abordar.

El principal objetivo que persigue la localización de un proyecto es minimizar los costos de logística y optimizar la celeridad en la respuesta del servicio. Este análisis es de suma importancia y arroja consecuencias considerables a mediano y largo plazo, ya que una vez emplazada la empresa, no es sencillo (y comúnmente es inviable) cambiar la localización.

Teóricamente, las alternativas de localización de un proyecto son infinitas. Pero en realidad, el ámbito de elección no es tan amplio, pues las restricciones propias del proyecto descartan muchas de ellas.

En primer término, se considera localizar la planta dentro de Argentina, el objetivo fundamental de este emplazamiento es abastecer al mercado consumidor interno, promover la creación y desarrollo de un emprendimiento sustentable que contribuya a la generación de valor económico, social y ambiental para la comunidad.

Otro factor por el que se decide localizar la planta dentro del país, es que se cuenta con amplia disponibilidad de materia prima de alto perfil en cuanto a cantidad y calidad.

En Argentina, dados los factores anteriormente mencionados (servicios, transporte, materia prima, etc.) la mayor concentración industrial se presenta en la zona del litoral del Río de La Plata y la margen derecha del río Paraná, conformándose allí el denominado cordón industrial, o costa industrial argentina, que se extiende entre Santa Fe y La Plata.

Los asentamientos industriales en el país en los últimos tiempos, responden a una política de desarrollo de determinadas áreas del territorio, para lo cual se han implementado numerosas medidas para favorecer su instalación; surgen así los parques industriales que, al estar dotados de infraestructura, servicios y urbanización, han facilitado la radicación de pequeñas y medianas empresas.

5.3. MACROLOCALIZACIÓN

La localización adecuada de la empresa, puede determinar el éxito o fracaso de un negocio.

Por ello, la decisión de dónde ubicar el proyecto obedecerá no solo a criterios económicos, sino también a criterios estratégicos, institucionales, e incluso, de preferencias emocionales.

Con todos ellos, se busca determinar aquella localización que maximice la rentabilidad del proyecto.

5.3.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MACROLOCALIZACIÓN

Los factores que influyen comúnmente en la decisión de la localización de un proyecto, se analizan en este apartado:

- Medios y Costos de Transporte.
- Disponibilidad y Costo de Mano de Obra.
- Cercanía de las Fuentes de Abastecimiento.
- Factores Ambientales.
- Cercanía del Mercado.
- Costo y Disponibilidad de Terrenos.
- Topografía de suelos.
- Estructura impositiva y legal.
- Disponibilidad de agua, energía y otros suministros.
- Comunicaciones.
- Posibilidad de desprenderse de desechos.

Existen además una serie de factores no relacionados con el proceso productivo, pero que condicionan la localización, a este respecto se puede señalar tres factores denominados genéricamente ambientales:

- La disponibilidad y confiabilidad de los sistemas de apoyo (disponibilidad de asesores).
- Las condiciones sociales y culturales.
- Las consideraciones legales y políticas.

La mayoría de las nuevas industrias se establecen dentro de un área industrial, por las ventajas que trae aparejadas esta elección.

Un área industrial es un agrupamiento físico de empresas en un espacio determinado. Según las características, funciones u objetivos existen diferentes tipos de aglomerados. Entre los más conocidos se encuentran los complejos, polos, parques, zonas y áreas industriales.

- Zona Industrial: es un simple espacio reservado para la industria. Suele ser creado por ordenanza municipal motivado por criterios urbanísticos. Sus beneficios generalmente se vinculan con su situación respecto al transporte y del precio del terreno dentro de esta zona.
- Área Industrial: es un terreno mejorado, dividido en parcelas con miras a la instalación de industrias y que se ofrece a la venta o alquiler. Sus beneficios, además de los anteriores, se vinculan a la posibilidad de aprovechamiento de economías de escala en la formación de infraestructura.
- Parque Industrial: es un terreno urbanizado y subdividido en parcelas, conforme a un plan general, dotado de infraestructura – carreteras, medios de transporte, etc.- y servicios públicos, que puede contar o no con fábricas construidas (por adelantado) y con servicios e instalaciones comunes necesarios para el establecimiento de plantas industriales.

Dentro de la Argentina, la ubicación preferencial del emprendimiento, quedará definida en alguno de los parques industriales.

La infraestructura, la seguridad y los beneficios impositivos son sólo algunas de las ventajas que presentan estos agrupamientos especialmente desarrollados para la radicación de industrias.

Los beneficios pueden dividirse en cuatro grandes ramas: fiscales, jurídicos, ambientales y de seguridad.

Entre los incentivos que tiene un parque industrial se encuentra:

- Subvenciones de capital.
- Sistemas de crédito a largo y corto plazo y planes de locación – compra.
- Exoneración de impuestos.
- Terrenos de bajo costo.
- Tarifas de agua y electricidad subvencionadas.
- Subvención de fletes.
- Pago de los gastos de traslado.
- Simplificación de procedimiento.
- Uso de instalaciones y servicios de producción comunes.
- Suministro garantizado de materias primas y materiales intermedios.

En el territorio argentino, la provincia de Buenos Aires cuenta con la mayor oferta de suelo industrial en parques, con más de 3 600 hectáreas disponibles - equivalente al 43 % del total del país-; seguida en magnitud por Entre Ríos y Mendoza, con 712 y 635 hectáreas, respectivamente, según el relevamiento realizado por el Centro de Estudios para la Producción (CEP).

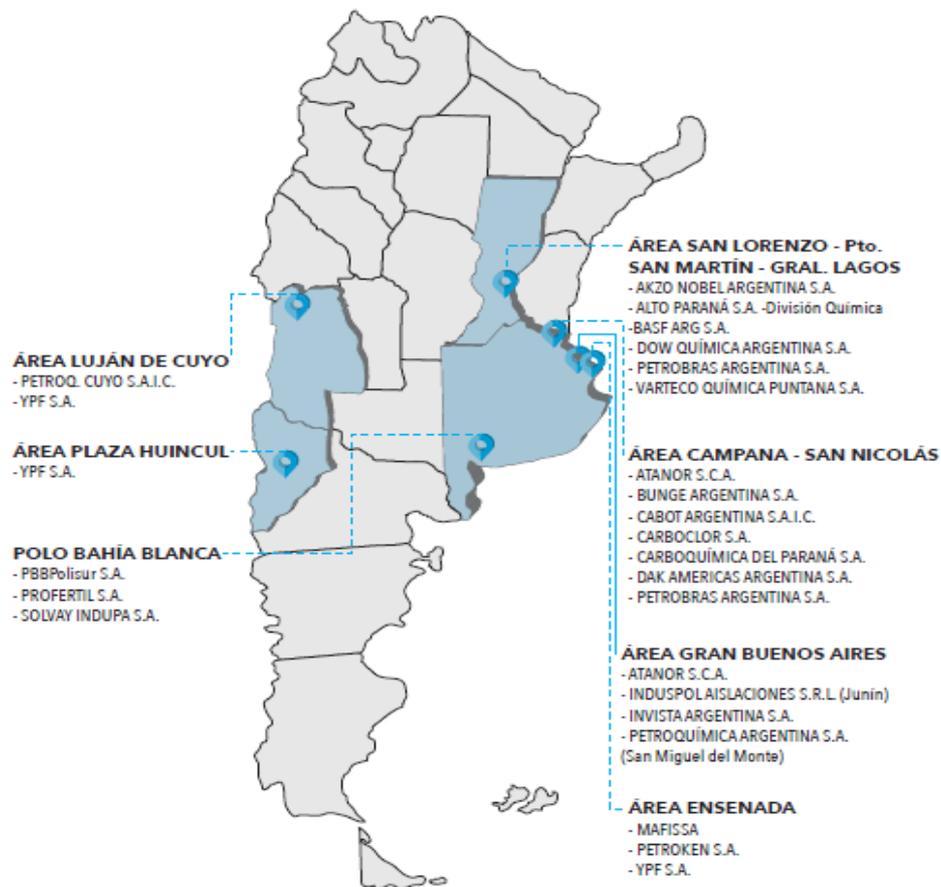


Figura 5-1 Mapa petroquímico de Argentina

Fuente: Cámara de la Industria Química y Petroquímica

Concluyendo, la localización más apropiada se decide en función de los datos obtenidos del análisis de tipo cualitativo, ya sea “por puntos” o por el “método de factores ponderados”, a fines del proyecto utilizaremos el método de Brown-Gibson (factores ponderados) como herramienta para el criterio de decisión.

Los factores globales analizados para decidir la macrolocalización son:

- Medios y costos de transporte de materia prima.
- Medios y costos de transporte de productos terminados.
- Disponibilidad y costo de mano de obra.
- Disponibilidad y costo de materia prima.
- Costo y disponibilidad de terreno.
- Disponibilidad de agua, energía y otros suministros.

5.3.2. FACTORES A PONDERAR

MEDIOS Y COSTOS DE TRANSPORTE

Las materias primas para la elaboración del producto se transportan en camiones de carga de productos gaseosos inflamables. A fin de minimizar costos, es preferible ubicar la planta lo más cerca posible de los proveedores, dado que tenemos dos proveedores hay que analizar cerca de cuál es más conveniente.

Para calcular los costos de transporte de materia prima, se consultan datos de las tarifas de la Confederación Argentina del Transporte Automotor de Carga:

Km	\$	Km	\$
10	123,62	250	637,94
20	150,50	300	746,64
30	178,74	350	819,98
40	205,95	400	859,72
50	234,29	450	917,17
60	255,26	500	1 010,95
70	277,88	550	1 120,97
80	298,60	600	1 213,15
90	320,00	650	1 295,25
100	340,47	700	1 384,54
120	381,37	750	1 474,74
140	421,68	800	1 557,80
160	467,61	850	1 630,55
180	515,10	900	1 714,82
200	531,72	950	1 819,01
225	586,83	1 000	1 905,35
Tarifa Estadía: \$2 966,88			

5.3.2.2.

Tabla 5-1 Tarifa Transporte Febrero 2018

FUENTE: Confederación Argentina del Transporte Automotor de Carga

DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA

La mano de obra es un factor que no afecta a la localización de manera significativa, ya que las posibles localizaciones analizadas cuentan con mano de obra calificada para desarrollar los trabajos requeridos y que, por medio de la Federación de Sindicatos de Trabajadores de Industrias Químicas y Petroquímicas de la República Argentina se fijan escalas salariales a nivel nacional, por lo que los costos de mano de obra son equivalentes en todo el país.

DISPONIBILIDAD Y COSTO DE MATERIAS PRIMAS

La disponibilidad de la materia prima es un elemento vital para el proyecto. De acuerdo a los estudios realizados, la provincia de Buenos Aires posee el mayor mercado proveedor de la principal materia prima (al contener varias refinerías), aunque hay que tener en cuenta a Mendoza, por la refinería de Luján de Cuyo.

5.3.2.3.

CERCANÍA AL MERCADO PROVEEDOR

Debido al volumen de materia prima necesario, la cercanía a los mercados es fundamental, teniendo en cuenta los costos de transporte principalmente, por lo que hay que definir quiénes serán los potenciales proveedores.

5.3.2.4.

CERCANÍA AL MERCADO CONSUMIDOR

En cuanto al mercado consumidor, la empresa produce pellets de PP que luego serán procesados para su posterior transformación en distintos artículos. Se analizará para el mercado nacional, aunque si luego se quisiese para proyectar a un mercado internacional debe tenerse una cercanía al puerto relativamente alta.

MERCADO NACIONAL

5.3.2.5.1.

En relación al mercado nacional, existen empresas que se dedican a la construcción de mobiliario urbano, tuberías, conductos y fijaciones, pallets, flejes, entre otros tantos artículos. Cabe destacar la versatilidad del producto por lo que puede ser utilizado en un amplio espectro de aplicaciones y ser transformado por diversas técnicas.

5.3.2.5.2.

DISPONIBILIDAD DE TERRENOS

Buenos Aires cuenta con grandes áreas destinadas a emplazamientos empresariales, y también con numerosos parques y zonas industriales en varias de sus jurisdicciones lo que ofrece una amplia posibilidad de elección, incluyendo además la variabilidad en el costo de los mismos.

Entre Ríos es el segundo, a nivel nacional, en disponibilidad de hectáreas en parques industriales. Particularmente Gualguaychú, por su ubicación geográfica, es la entrada obligada a los países que conforman el MERCOSUR.

5.3.2.5.3. Con respecto a Mendoza, la provincia cuenta con 635 hectáreas destinadas a Parques Industriales, representando el 7,5% del total nacional, de esta manera se ubica en el tercer puesto.

DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS

Tanto las políticas económicas como los servicios necesarios para el normal funcionamiento de una empresa facilitan el desarrollo de la industria en la zona.

Las áreas industriales analizadas proveen a todas sus compañías de estos beneficios. Por lo que no existen diferencias significativas entre las distintas localizaciones a analizar.

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel



5.3.3. MATRIZ DE PONDERACIÓN

Una matriz de ponderación de puntos de aspectos cuantitativos es un método de análisis que permite asignar valores a una serie de factores que se consideran relevantes para definir la localización.

Este método no tiene como objetivo del estudio buscar una localización óptima sino una o varias localizaciones aceptables. En cualquier caso, otros factores más subjetivos, como pueden ser las propias preferencias de la empresa a instalar determinarán la localización definitiva. Para llevar a cabo esta evaluación de localización, se definieron anteriormente los aspectos más significativos y su interrelación, determinándole a cada uno de ellos un valor de importancia relativa a los fines del proyecto. Luego se realizó una escala cuyos valores van desde 1 (uno) a 10 (diez), asignándole una calificación a cada ítem, complementando con estadísticas que contrastan dichos valores. Dichos valores se suman, y dan como resultado una ponderación total para cada localización potencial, que se comparan entre sí para determinar cuál es la mejor opción.

Factores	Peso relativo porcentual (%)	Buenos Aires		Mendoza		Entre Ríos	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Superficie disponible	10	10	1	7	0,7	8	0,8
Disponibilidad de servicios	10	9	0,9	8	0,8	8	0,8
Mano de obra disponible	10	9	0,9	8	0,8	6	0,6
Beneficios Promocionales	10	8	0,8	7	0,7	7	0,7
Cercanía al mercado proveedor	18	10	1,8	6	1,08	7	1,26
Proximidad a los competidores	7	4	0,28	6	0,42	7	0,49
Cercanía al mercado consumidor	12	10	1,2	6	0,72	7	0,84
Estructura impositiva y legal	7	9	0,63	9	0,63	8	0,56
Cercanía al puerto	8	10	0,8	5	0,4	7	0,56

Disponibilidad de educación	8	9	0,72	8	0,64	6	0,48
Total	100		9,03		6,89		7,09

Tabla 5-2 Método de factores ponderados

Fuente: Elaboración propia

FACTORES A PONDERAR

- Superficie disponible: Se le da un peso relativo de 10% debido a que debe tenerse en cuenta una posible ampliación, ya sea por variación en la cantidad y la variedad producida:
- Disponibilidad de servicios: Es un factor muy importante, dado que sin ellos no se puede llevar a cabo el proyecto de manera “orgánica”, y habría una necesidad de realizar una inversión mayor en la instalación de los mismos.
- Mano de obra disponible: Al igual que los anteriores tiene un valor importante, dado que es necesaria la presencia de personal calificado (en muchos casos) para llevar a cabo ciertas tareas.
- Beneficios promocionales: Tiene un alto grado de ponderación dado que influye de manera directa a la utilidad del proyecto planteado.
- Cercanía al mercado proveedor: Es uno de los factores más importantes a tener en cuenta dado que influye en los costos y tiempos de aprovisionamiento, teniendo en cuenta el transporte necesario.
- Proximidad a los competidores: Es un factor a tener en cuenta, pero no es de los más relevantes, ya que se apunta a un mercado interno en primera instancia.
- Cercanía al mercado consumidor: Se asemeja mucho a la cercanía al mercado proveedor, dado que influye en los costos de transporte y el tiempo de entrega, en este caso.
- Estructura legal e impositiva: Es necesario tenerse en cuenta este factor para llevar a cabo cualquier proyecto.
- Cercanía al puerto: Su relevancia se basa en un posible crecimiento en la producción y los objetivos de la empresa.
- Disponibilidad de educación: Factor que se puede tomar como importante por dos vertientes, el desarrollo de la vida de la familia de los trabajadores y las capacitaciones para los trabajadores propiamente dichos.

5.3.4. CONCLUSIÓN

Según el análisis realizado el lugar de preferencia para llevar a cabo el proyecto es en la provincia de Buenos Aires, destacándose de las otras localizaciones por la cercanía a los mercados y de la superficie disponible, además por la disponibilidad de servicios.

5.4. MICROLOCALIZACIÓN

La localización específica del proyecto, se determina al igual que la macrolocalización, por medio del “método de factores ponderados”.

La provincia seleccionada desde el análisis macro es Buenos Aires por lo que, a continuación, se examinan los parques industriales (potenciales a llevar a cabo este proyecto) de dicha provincia para definir la microlocalización de la industria en cuestión.

Dado que la provisión de materia prima dependerá de las refinerías de Dock Sud y Campana, se procederá a analizar la localización óptima, basándonos en las dos áreas más cercanas a las refinerías (Área Campana – San Nicolás y Área GBA) y en una localización intermedia entre ambos puntos de aprovisionamiento.

5.4.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MICROLOCALIZACIÓN

Los factores globales analizados para decidir la microlocalización son:

- Proximidad de materia prima.
- Disponibilidad de servicios.
- Disponibilidad de acceso de transporte.
- Costo y disponibilidad de terrenos.
- Costo de transporte.
- Infraestructura para tratamiento de efluentes.

5.4.2. FACTORES A PONDERAR

5.4.2.1.

PROXIMIDAD DE MATERIA PRIMA

Este factor es de suma importancia, mientras más próximos se encuentran los proveedores, menor será el costo de transporte. Como puede observarse, el costo de transporte de la materia prima depende de los kilómetros recorridos, por lo que la cercanía de los proveedores, es una ventaja importante.

En base a este postulado se decide realizar en análisis entre tres posibles microlocalizaciones, estas son las áreas industriales de San Nicolás – Campana y Gran Buenos Aires, y un área intermedia entre los dos mercados proveedores como tercera alternativa.

CAMPANA

La refinería de Campana es propiedad de Axion Energy S.A., esta se encuentra en el partido de Campana, en Avenida Emilio Mitre 574, a orillas del Río Paraná. Campana es una ciudad, cabecera del partido homónimo, situada al nordeste de la provincia de Buenos Aires. La misma se ubica a 75 km de la ciudad de Buenos Aires y tiene contactos de transporte por medio de la autopista Panamericana y la red troncal del ferrocarril General Bartolomé Mitre. Al limitar con el Río Paraná, posee un puerto propio (Puerto de Campana), el cual está conformado por una serie de muelles y

terminales independientes, situados todos en la margen derecha del río, aproximadamente en el kilómetro 67. De acuerdo al censo nacional de 2010, Campana cuenta con un total de 86.860 habitantes, lo que indica un marcado crecimiento poblacional en la zona.

- DIRECCIÓN: Au. Ruta Nacional 9 km 70.4, 2804 Campana, Buenos Aires.
- PÁGINA WEB: parqueindustrialcampana.com
- TELÉFONO DE CONTACTO: 03489 44-2939



Figura 5-2 Refinería Axion Energy S.A. Campana

Fuente: Google Maps

5.4.2.1.2.

DOCK SUD

En el caso de la refinería de Dock Sud podemos decir que ésta es de la firma multinacional Shell, se encuentra en el partido de Avellaneda, en Sargento Ponce 2 318, cercano al Río Dock Sud y al Riachuelo.

Dock Sud es una ciudad, establecida como tal en 2014, perteneciente al partido de Avellaneda, situada en el área metropolitana de Buenos Aires. La misma se ubica a poco más de 8 km de la ciudad de Buenos Aires. Posee uno de los puertos más importantes para el trabajo petroquímico (Puerto de Dock Sud). De acuerdo al censo nacional de 2001, Dock Sud cuenta con un total de 35 897 habitantes.

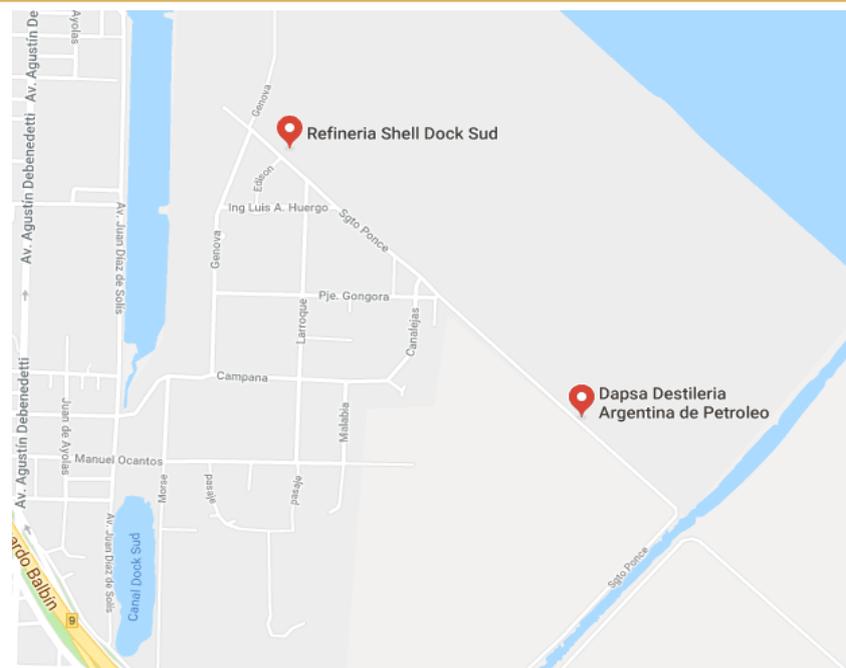


Figura 5-3 Refinería Shell Dock Sud

Fuente: Google Maps

5.4.2.2.

DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS

La empresa posiblemente se encuentre dentro de un área industrial, por lo tanto, existiría disponibilidad de servicios.

5.4.2.3.

DISPONIBILIDAD DE ACCESOS DE TRANSPORTE

La instalación debe contar con espacio suficiente para permitir el desplazamiento de camiones y otros medios de transporte, que permitan el ingreso y la salida, evitando gastos innecesarios de logística. En el caso de las áreas industriales analizadas, se cuenta con accesos asfaltados, por lo que, en las peores condiciones, sólo hará falta una adaptación de los mismos.

5.4.2.4.

COSTO Y DISPONIBILIDAD DE TERRENOS

Este factor de análisis tiene una elevada importancia, dado que hay que tener en cuenta que las áreas industriales ya existen y que la ubicación dependerá del estudio que realicemos. Se observa que, mientras más alejados se encuentren las áreas industriales de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires más económicos son los terrenos, pero, como contrapartida, se alejan más del mercado proveedor y consumidor, lo que repercute en los costos de logística.

5.4.2.5.

COSTO DE TRANSPORTE

Como se describe en el apartado de macrolocalización, los costos de transporte dependen de los kilómetros recorridos, por lo que al ponderar este factor se evalúa la

distancia que separa la empresa de los mercados proveedor y consumidor. La tabla de valores coincidirá con la previamente citada.

5.4.3. MATRIZ DE PONDERACIÓN

Como se nombró previamente las locaciones utilizadas para el análisis serán las áreas industriales de San Nicolás – Campana y Gran Buenos Aires, y un área intermedia entre los dos mercados proveedores como tercera alternativa.

Factores	Peso relativo porcentual (%)	Área GBA		Área Campana		Punto Intermedio	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Proximidad Materia Prima	20	9	1,8	9	1,8	8	1,6
Disponibilidad de Materia Prima	13	8	1,04	9	1,17	7	0,91
Disponibilidad de Servicios	13	10	1,3	10	1,3	7	0,91
Disponibilidad de Transporte	13	10	1,3	8	1,04	6	0,78
Costos y disponibilidad de Terreno	21	0	0	8	1,68	7	1,47
Costos de Transporte	10	7	0,7	6	0,6	5	0,5
Cercanía al puerto	10	10	1	10	1	7	0,7
Total	100		7,14		8,59		6,87

Tabla 5-3 Método de factores ponderados

Fuente: Elaboración propia

5.4.4. DESCRIPCIÓN DEL SITIO SELECCIONADO

De acuerdo al método de factores ponderados, la localización óptima para la empresa sería la zona de Campana – San Nicolás, más específicamente en el parque industrial de Campana (partido de Campana), en la provincia de Buenos Aires, ya que posee diversas ventajas comparativas para la localización del proyecto.

La zona de Campana cuenta con un parque industrial con todos los servicios necesarios, terrenos disponibles y está ubicado a pocos kilómetros de la red ferroviaria, puerto y grandes centros de consumo.

INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS INTERNOS

- Red de Pavimentos:

El acceso cuenta con Pavimento de Hormigón Armado. El resto de las calles internas, cuenta con pavimento Asfáltico, con cordón cuneta de Hormigón Armado.

Ancho libre entre cordón 7m.

El Radio de Giro: 20 metros para facilitar la circulación de camiones.

Longitud Total: 4.633m.

Superficie Total: 32.626m².

- Desagües Pluviales:

Todas las parcelas desaguan sus pluviales sin anegamientos. Todas las calles internas poseen cordón cuneta y sumideros. No tiene zanja ni conductos a cielo abierto. El parque cuenta con conductos de desagües pluvial en cañerías de Hormigón premoldeado de diámetros variables.

- Desagües Industriales:

La totalidad de las parcelas cuenta con conductos subterráneos que reciben los efluentes líquidos industriales, previamente tratados. En general vuelcan directamente al conducto Pluvial que pasa por su frente. En el resto del parque se ha construido una cañería adicional que colecta estos líquidos. El cuerpo receptor final es el Río Paraná.

- Red Interna de gas:

Recorre la totalidad de las calles internas del parque industrial, sobre uno de sus laterales. Consiste en un anillo, con diámetros y longitudes variables y las siguientes características:

- ✓ Presión: 15kg/cm²
- ✓ Acceso: Diámetro 8": 191m.
- ✓ Calle 1 y Calle 102: Diámetro 6": 1.027m.
- ✓ Calle 101, Calle 2 y Calle 103: Diámetro 4": 3.451m.
- ✓ Longitud total: 4.669m.
- ✓ Prestador del Servicio: Gas Natural Ban S.A.

- Red de Energía:

La alimentación de Energía Eléctrica al parque proviene de la Subestación Transformadora Campana 1, que cuenta con dos transformadores de 30 MVA de 33/13.2 KV. El transporte hasta la Subestación se realiza a través de un alimentador sobre estructura de H⁰ A⁰ con disposición coplanar preparado para doble terna.

- Recurso Hídrico Subterráneo:

El Abastecimiento de agua se hará por medio de una perforación por cada parcela, con un caudal medio de explotación de 10 m³/hora.

- Régimen de Desgravación Impositiva:

Las empresas a radicarse en el Parque contarán con la posibilidad de Desgravación Impositiva que le ofrece la Ley 10.547 de Promoción Industrial de la Provincia de Buenos Aires. Esta permite hasta diez (10) años de exención de pago de Impuestos de Ingresos Brutos e Inmobiliario básico y otros beneficios.

VÍAS DE COMUNICACIÓN

- 5.4.4.2. • Ruta Nacional n° 9: Pasa por el frente del Parque Industrial, vincula con las ciudades de Buenos Aires, Rosario, Córdoba y el norte argentino, pasando a Bolivia, Perú, etc.
- Ruta Nacional n° 12: A 10 km, por Ruta Nacional 9. Pasa por el puente Zárate-Brazo Largo, que vincula por carretera y ferrocarril con acceso directo a países del MERCOSUR: Uruguay, Paraguay, Brasil.
- Ruta Provincial n° 6: A 2 km, por Ruta Nacional n° 9. Enlaza con las rutas Nacionales n° 5 y n° 7, que conecta con el Centro, el Oeste y el Sur de la Provincia de Bs. As. Por Ruta Nacional n° 7 se llega a Chile.
- Ferrovía (TBA): En la ciudad de Campana (3 Km). Enlaza con la Ciudad de Buenos Aires y Provincias vecinas. Tiene entrada a los dos Puertos locales.
- 5.4.4.3. • Red Fluvial: En la zona, a través del Río Paraná, vincula con los puertos de Rosario y Buenos Aires. Los Puertos locales admiten buques de gran calado.

MEDIDAS DE PROMOCIÓN

La Ley Provincial N° 10119/83 establece el marco jurídico referido al régimen de creación de parques y sectores industriales, definición conceptual de los mismos y aprobación de anteproyectos de obras industriales a ejecutar. El Decreto N° 3487/91 efectúa la Clasificación según el origen de la iniciativa para su creación. Clasifica a los Parques como: oficiales, privados o mixtos, pudiendo cambiar de clase a juicio de su titular y la previa verificación de la autoridad de aplicación.

La Ley Provincial N° 10.547 (Promoción Industrial) establece que una de sus finalidades es la de promover la localización de las industrias en Parques Industriales para el aprovechamiento de inversiones existentes, obtención de economías de escala, creación de fuentes de trabajo en la cercanía de centros poblados y preservación del medio ambiente.

La Ley presenta una serie de beneficios y franquicias entre los que se destacan la exención impositiva en el impuesto a los Ingresos Brutos e Inmobiliario en el ámbito provincial. Los beneficios de esta exención son de hasta 9 años, que sólo pueden ser renovados si realizan una ampliación de planta o realizar un proyecto de innovación tecnológica. Para ello, los municipios deben adherir y conformar juntas locales de promoción industrial. La Dirección Provincial de Promoción Industrial otorga apoyo a los empresarios para la preparación de los proyectos de inversión o ampliación de planta necesarios para obtener los beneficios del instrumento.

Ubicado sobre la Ruta Nacional N ° 9 (Km. 73). El puerto de Zárate se encuentra a 12 km, mientras que el aeropuerto Jorge Newbery se ubica a 73 km. Está distante 3 km de la ferrovía del TBA.

5.4.5. CONCLUSIÓN

Según el análisis realizado el lugar de preferencia para llevar a cabo el proyecto es en el Parque Industrial de Campana, en su homólogo partido, destacándose de Dock Sud fundamentalmente en la disponibilidad de terreno para emplazar el emprendimiento y del punto intermedio planteado por la disponibilidad de servicios y los costos de transporte.

6. INGENIERÍA DE PROCESO

6.1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por Ingeniería de proceso aquella etapa del proyecto donde se desarrolla, evalúa y diseña los procesos productivos, se genera toda la información indispensable para la ingeniería básica como así también se definen los requerimientos de materias primas e insumos que tenga el proceso.

El presente capítulo trata los aspectos relacionados con la ingeniería del proceso para la obtención de polipropileno a partir de propileno como materia prima.

6.2. ALCANCE DE LA INGENIERÍA DE PROCESO

La Ingeniería de Proceso permite realizar los balances de masa y energía, el diseño de equipos y la predicción del comportamiento de los equipos ante cambios de las condiciones operativas.

6.3. PROCESO PRODUCTIVO

La materia prima principal es el propileno y es provista principalmente por las refinerías de petróleo cercanas a la planta como ya se ha analizado en el Capítulo 5 “Localización”. Éste se recibe como una mezcla principalmente con propano, el cual es separado por destilación y devuelto a la refinería para su aprovechamiento. El producto obtenido es un propileno grado polímero, de una pureza mínima del 99,8%.

La producción de resinas de polipropileno se lleva a cabo en el proceso fase gas Novolen.

En un primer reactor se produce la reacción de homopolimerización, por lo que la alimentación consiste principalmente en propileno y el complejo catalizador-cocatalizador a utilizar. Se agrega hidrógeno para controlar el peso molecular en el medio de reacción. Se eligen las condiciones de polimerización (temperatura, presión y concentración de los reactivos) dependiendo del grado que se desee producir.

La reacción es exotérmica, y el enfriamiento del reactor se realiza por la transferencia de calor por la descompresión (flash) de la mezcla de los gases licuados del reactor con las corrientes de alimentación. La evaporación de los líquidos en el lecho de polimerización asegura que el intercambio de calor sea extremadamente eficiente. El polvo de polímero se descarga desde el reactor y se separa en un tanque de descarga a presión atmosférica. Los monómeros sin reaccionar se separa del polvo y se comprime, y finalmente se recicla o se retorna aguas arriba a la unidad de destilación para su recuperación. El polímero se pone en contacto con nitrógeno en un tanque de purga para despojarlo del propileno residual.

El gas de purga se recupera, el polvo se transporta a los silos de polvo, y posteriormente por extrusión se convierte en pellets, donde se incorpora una gama completa de aditivos bien dispersados.

Los pellets se tratan con una corriente de vapor de agua con el fin de eliminar todas aquellas impurezas que puedan generar olores indeseables en el producto.

Posteriormente se llevan a los silos de almacenamiento de producto final para posteriormente pasar a una línea de envasado automático en bolsas de 25 kg.

Por último, estas bolsas son palletizadas y enviadas al almacenamiento de producto final para su posterior despacho.

En el caso de la producción de copolímeros, tanto aleatorios como en bloque, una vez que se ha separado el homopolímero se agrega a un segundo reactor donde además se alimenta propileno, etileno y el complejo catalizador-cocatalizador.

El tratado posterior de las corrientes de salida del reactor es el mismo que para el caso de la producción de homopolímero.

6.3.1. DIAGRAMA DE BLOQUES DE PROCESO



Figura 6-1 Diagrama de bloques

Fuente: Elaboración propia

6.4. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

Para realizar el balance de masa se considera una capacidad anual de 200 000 toneladas de polipropileno, de acuerdo a estimaciones que surgieron del estudio de mercado y de interrelación con el estudio de tamaño del proyecto. Se llevará a cabo el balance masa de cada equipo, teniendo en cuenta que la planta será de operación continua.

6.4.1. MEMORIA DE CÁLCULO

Los criterios de selección de cada uno de los equipos que componen la línea de producción se justifican en escoger aquellas alternativas que representan la mayor viabilidad técnica y económica, es decir, que la selección de cada equipo en particular cumpla tanto con los requerimientos específicos del proceso como con los condicionantes económicos asociados.

6.5. CÁLCULOS DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

De acuerdo a al estudio de mercado y a la capacidad instalada, se procesará en la planta la cantidad de materia prima necesaria para llegar al objetivo de 200 000 toneladas anuales de polipropileno.

6.5.1. BALANCE DE MASA GLOBAL

El tamaño de planta seleccionado es de 200 000 toneladas de polipropileno al año, que se distribuyen en los tres tipos de productos que se obtendrán, según lo descrito en el capítulo 3 "Selección de Tecnología": PPC1 (20%), PPC2 (45%) y PPH1 (35%).

Con ayuda de una planilla de cálculo de Excel y en base al plan de producción propuesto se realizó el balance de masa para las diferentes etapas del proceso.

El rendimiento global del proceso, considerando las pérdidas en cada etapa, las cuales serán detalladas en los distintos apartados, resultó de un 94,69%. Esto deja de manifiesto que es un proceso con bajos niveles de pérdidas lo que es congruente con las tecnologías maduras utilizadas en el proceso.

Hay etapas en las que hay pérdidas que, si bien son tenidas en cuenta en el desarrollo teórico, debido a su poca influencia en los resultados finales son despreciadas en el momento del cálculo.

La corriente de alimentación principal necesaria para cumplir con el plan de producción adoptado es de 273 533,94 tn anuales.

6.5.2. DESTILACIÓN DE LA MEZCLA DE ALIMENTACIÓN

La corriente de materia prima es una mezcla principalmente de propileno-propano, en composiciones variables que generalmente rondan un 70-80% en volumen de propileno.

Para los cálculos realizados en este proyecto, la composición en masa de entrada que se considera es de 70 % de propileno, 25% de propano y 5% de etileno.

Esta corriente es un subproducto del proceso de cracking catalítico de las refinerías de petróleo.

La separación de los distintos componentes se realiza en dos etapas, en ambos casos utilizando columnas de platos.

Primeramente, se ingresa la mezcla en una unidad de desetanizado, donde se elimina de la corriente principal el total del etileno presente por la parte superior de la columna, retirando por el fondo una corriente con los componentes de 3 carbonos.

Posteriormente, la corriente de carbono 3 se separa en propileno y propano en una nueva columna de destilación. El propileno se retira por la parte superior con una pureza del 99,8%, que es la necesaria para la polimerización, mientras que por el fondo se retira el propano en una corriente que arrastra un 5% de propileno.

Debido a la similitud existente entre ambos compuestos, el diseño final para la separación de ellos por destilación requiere de una determinación rigurosa de temperaturas, presiones, flujos de las corrientes y composiciones. Esta determinación se realiza resolviendo los balances de materia y energía, y relaciones de equilibrio para cada etapa. Desafortunadamente, estas relaciones son ecuaciones algebraicas no lineales que interactúan entre sí fuertemente. En consecuencia, los métodos de resolución se vuelven complejos y tediosos. Sin embargo, una vez que estos métodos de resolución han sido programados para un ordenador, las soluciones se alcanzan de forma rápida y casi rutinaria.

Se determina en primer lugar, los perfiles de operación (T y P) bajo los cuales debe trabajar la columna para conseguir con el número de etapas ideales, las especificaciones dadas en el destilado; igualmente se definen todas las corrientes del sistema (T, P y composiciones) y se determina la eficiencia global de las etapas.

BALANCE DE MASA UNIDAD DESETANIZADORA

Como ya se mencionó inicialmente en esta unidad se produce la separación completa entre las corrientes de etileno y la de carbono 3.

$$F_1 = F_6 + F_3$$
$$F_1 X_{C2F1} = F_6 X_{C2F6} + F_3 X_{C2F3}$$

Como la composición de la corriente F_6 (fondo de la columna) en etileno es 0, puede calcularse fácilmente el valor de la corriente de cabeza (F_3).

$$F_1 X_{C2F1} = F_3 X_{C2F3}$$
$$F_3 = F_1 \frac{X_{C2F1}}{X_{C2F3}} = 274409,00 \frac{\text{tn } 0,05}{\text{año } 1}$$

$$F_3 = 13720,45 \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

Por el balance global del equipo se puede determinar el flujo de corriente de carbono 3 y su composición final.

$$F_6 = F_1 - F_3 = (274409,00 - 13720,45) \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

$$F_6 = 260688,55 \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

$$X_{C_3H_4F_6} = \frac{X_{C_3H_4F_1} F_1}{F_6} = \frac{0,7 \cdot 274409,00 \frac{\text{tn}}{\text{año}}}{260688,55 \frac{\text{tn}}{\text{año}}}$$

$$X_{C_3H_4F_6} = 73,68 \%$$

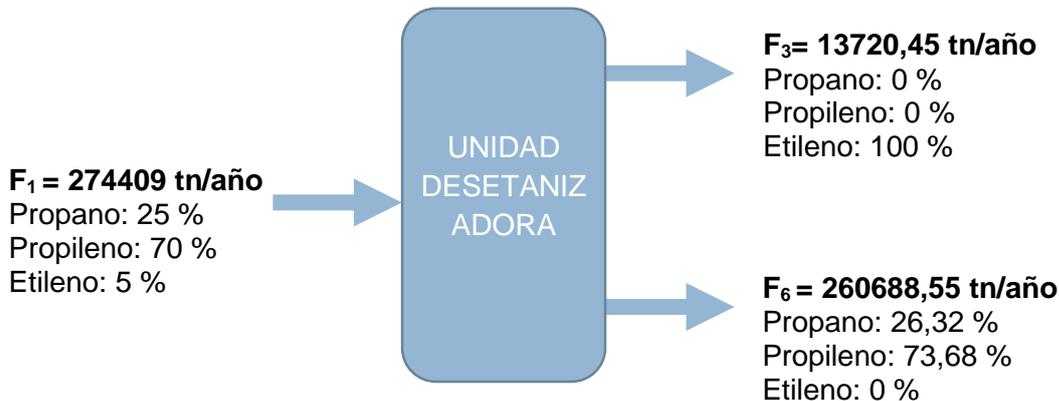


Figura 6-2 Balance de masa desetanización mezcla propileno-propano

6.5.2.2.

Fuente: Elaboración propia

BALANCE DE MASA DESTILACIÓN PROPANO-PROPILENO

La corriente de fondo de la unidad desetanizadora ingresa a una columna de destilación para separar sus componentes. Para el cálculo se parte del conocimiento de la composición de los distintos flujos de salida de la unidad y a partir de ellos se calculan los caudales másicos en cada corriente.

$$F_6 = F_{14} + F_{13}$$

$$F_6 X_{C_3H_6F_6} = F_{14} X_{C_3H_6F_{14}} + F_{13} X_{C_3H_6F_{13}}$$

$$F_{13} = \frac{F_6 \left(1 - \frac{X_{C_3H_6F_6}}{X_{C_3H_6F_{14}}}\right)}{1 - \frac{X_{C_3H_6F_{13}}}{X_{C_3H_6F_{14}}}} = \frac{260688,55 \frac{\text{tn}}{\text{año}} \left(1 - \frac{0,7368}{0,998}\right)}{1 - \frac{0,05}{0,998}}$$

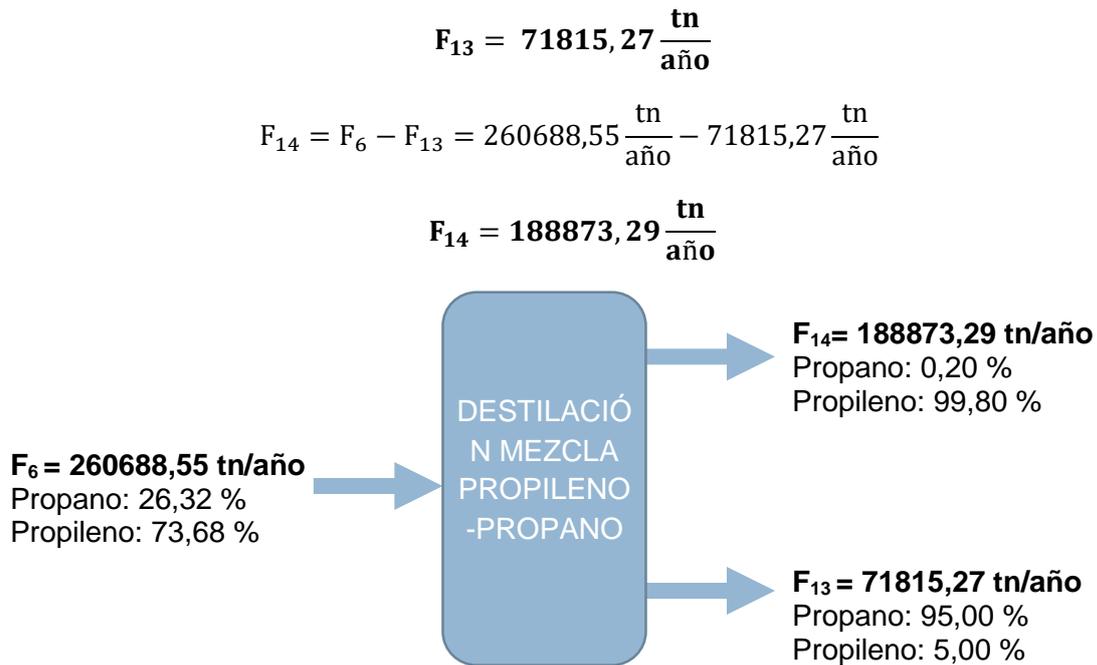


Figura 6-3 Balance de masa destilación mezcla propileno-propano

Fuente: Elaboración propia

6.5.3. REACCIÓN DE POLIMERIZACIÓN

La reacción ocurre en dos etapas, una primera donde se produce la homopolimerización y la segunda de copolimerización.

Como puede deducirse, en el caso de la producción de homopolímero, la segunda etapa no se lleva a cabo y el producto pasa directamente, luego de la separación, al proceso de extrusión.

Es por esto que esta etapa consta de tres procesos de polimerización, en el primero se va a producir la homopolimerización, en el segundo una reacción de copolimerización en bloque y en el restante una reacción de copolimerización aleatoria.

El corazón de esta unidad es el reactor del tipo tanque agitado. El mismo opera en forma continua, y en él se inyectan catalizadores del tipo metalocenos (con su respectivo cocatalizador), el propileno fresco, el etileno en caso de que se produzcan copolímeros y el hidrógeno que regula el peso molecular del polímero distribuido.

La polimerización de propileno libera calor, el que es removido por ebullición y condensación del propileno con agua.

En esta etapa se forman gránulos de polipropileno alrededor de las partículas de catalizador. La mezcla de polvo de polipropileno y propileno no convertido se extrae del reactor y luego de evaporarse el propileno se envía a una serie de recipientes separadores donde se completa la degasificación del polímero.

El propileno que no termina de completar la reacción de polimerización es condensado en un paso posterior y se inyecta nuevamente en el reactor.

Como se estableció en el capítulo 3 “Selección de Tecnología”, se van a producir tanto homopolímero como copolímero con etileno. Estos copolímeros se presentan principalmente en bloques o de forma aleatoria. Las reacciones de polimerización que van a producirse dentro del reactor son las siguientes:

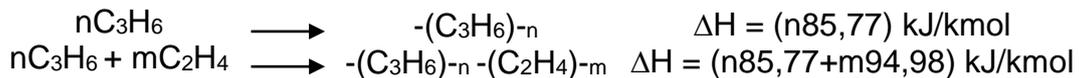


Figura 6-4 Reacciones de polimerización

Fuente: Elaboración propia

BALANCE DE MASA REACTOR DE HOMOPOLIMERIZACIÓN

Para poder realizar los balances de masa en reactores se deben tener en cuenta una serie de consideraciones en cuanto a relaciones de alimentación, y variables del proceso que fueron basadas en datos bibliográficos y/o empíricos. Estas consideraciones serán presentadas en este apartado, pero se cumplen de igual manera para los procesos de copolimerización.

Esta reacción tiene una conversión del 56,5%. Sin embargo, como se produce recirculación de monómero hasta su conversión total, los cálculos se realizan considerando una conversión del 100% en base al propileno ingresado.

Hay que tener en cuenta, que la cantidad de PP producido debe responder al plan de producción establecido, es por esto que va a considerarse una alimentación superior a la teórica debido al flujo de monómero que se encuentra en permanente recirculación hasta completar la reacción.

El hidrógeno se agrega en pequeñas proporciones como un agente de terminación, es decir, para controlar el peso molecular del polímero obtenido. Se adopta como valor de cálculo un 1% en volumen de hidrógeno en relación al monómero ingresado, lo que equivale a 0,476 kg de hidrógeno por tn de propileno. El catalizador del tipo de metallocenos debe ser cambiado totalmente luego de cierto tiempo de reacción. La productividad de estos catalizadores es de 20 000 kg de polipropileno por kg de catalizador consumido. La cantidad de cocatalizador necesaria es de 9,42 kg por cada kg de catalizador.

Además, se considera que durante el proceso de reacción existen pérdidas equivalentes al 1% en masa del propileno alimentado.

La cantidad de homopolímero que va a producirse en este reactor es el necesario para alcanzar el plan de producción del producto PPH1 y además el 30% de la demanda de polipropileno de cada uno de los copolímeros PPC1 Y PPC2.

Para la realización del cálculo se parte de conocer el flujo de salida del reactor (F_{28}). Esta corriente tiene un flujo total de 149 133,95 tn al año, de las cuales un 69,68 % corresponde a polipropileno, un 30,31 % a propileno y el 0,01 % restante al hidrógeno. De esta corriente todo el componente gaseoso, es decir el monómero y el hidrógeno, son ingresados nuevamente a través de la corriente de recuperación de gases (F_{42}). La cantidad de propileno fresco a ingresar se calcula teniendo en cuenta que con una tonelada de propileno se puede obtener una tonelada de polipropileno restando las pérdidas.

$$F_{16} = \frac{F_{28} X_{PP}}{1 - \%p\acute{e}rdidas} = \frac{103911,10 \frac{\text{tnPP}}{\text{a\~{n}o}}}{1 - 0,01}$$

$$F_{16} = 104960,7 \frac{\text{tn}}{\text{a\~{n}o}}$$

Conociendo el valor de la alimentación de monómero fresco se calcula la cantidad de hidrógeno necesario para el control del peso molecular.

$$F_{22} = F_{16} \frac{\text{tn } H_2}{\text{tn } C_3H_6} = 104960,7 \frac{\text{tn}}{\text{a\~{n}o}} 4,76 \cdot 10^{-4} \frac{\text{tn } H_2}{\text{tn } C_3H_6}$$

$$F_{22} = 49,98 \frac{\text{tn}}{\text{a\~{n}o}}$$

Posteriormente ya se puede determinar las cantidades de catalizador y cocatalizador teniendo en cuenta las relaciones anteriormente expuestas.

$$F_{79} = F_{28} X_{PP} \frac{1 \text{ tn ctz}}{20000 \text{ tn PP}} \frac{10,42 \text{ tn flujo}}{\text{tn ctz}} = 103911,10 \frac{\text{tnPP}}{\text{a\~{n}o}} \frac{1 \text{ tn ctz}}{20000 \text{ tn PP}} \frac{10,42 \text{ tn flujo}}{\text{tn ctz}}$$

$$F_{79} = 54,14 \frac{\text{tn}}{\text{a\~{n}o}}$$

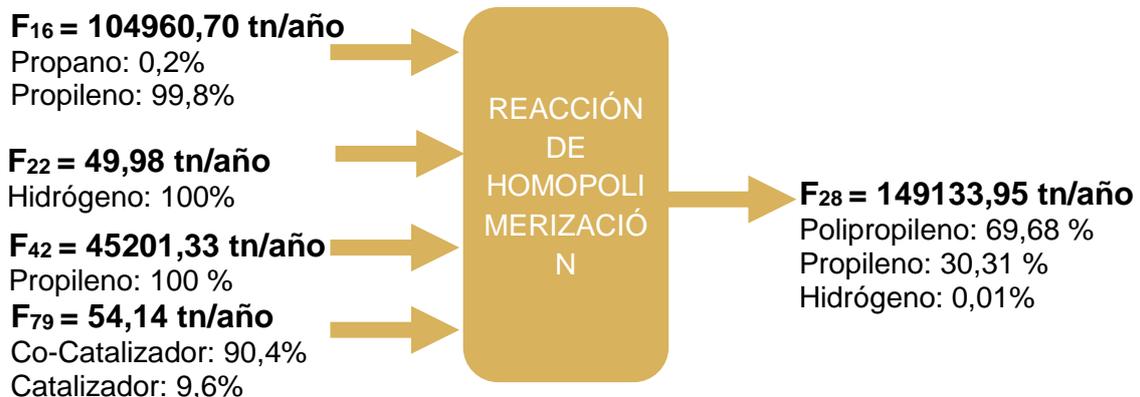


Figura 6-5 Balance de masa Reacción de homopolimerización

Fuente: Elaboración propia

BALANCE DE MASA REACTOR DE COPOLIMERIZACIÓN ALEATORIA

De forma similar al reactor de homopolimerización, se parte del conocimiento de la corriente de salida del reactor (F_{29}), basado en el programa de producción anual.

Esta corriente tiene un flujo de 51 638,02 tn anuales compuesta por un 63,54% en masa de polipropileno, un 19,35% de propileno, 17,10% de etileno y 0,01% de hidrógeno.

Cabe aclarar que un parte del etileno que sale formando parte del copolímero (6 121,67 tn/año), mientras que el flujo restante (2 744,44 tn/año) sale en forma gaseosa para ser recuperado y reingresado al reactor junto con el propileno.

La corriente de alimentación de homopolímero (F_{26}) se calcula considerando que 30% de la cantidad total de polipropileno que conforma el copolímero.

$$F_{26} = \frac{F_{29} X_{PP}}{1 - \%p\acute{e}rdidas} \frac{tn_{Homopol\acute{m}ero}}{tn_{pol\acute{m}ero}} = \frac{51638,02 \frac{tn}{a\~{n}o} 0,6352}{1 - 0,01} 0,3$$

$$F_{26} = 9943,32 \frac{tn}{a\~{n}o}$$

A partir de este valor se puede determinar la cantidad de propileno fresco que debe ingresarse.

$$F_{17} = \frac{F_{29} X_{PP} - F_{26}}{1 - \%p\acute{e}rdidas} = \frac{51638,02 \frac{tn}{a\~{n}o} 0,6352 - 9943,32 \frac{tn}{a\~{n}o}}{1 - 0,01}$$

$$F_{17} = 23201,09 \frac{tn}{a\~{n}o}$$

Conocer el valor de esta corriente permite conocer el flujo de hidrógeno que debe agregarse en este reactor.

$$F_{23} = F_{17} \frac{tn H_2}{tn C_3H_6} = 23201,09 \frac{tn}{a\~{n}o} 4,76 \cdot 10^{-4} \frac{tn H_2}{tn C_3H_6}$$

$$F_{23} = 11,05 \frac{tn}{a\~{n}o}$$

También debe calcularse la cantidad de etileno que debe alimentarse (F_{19}). Éste será igual a la corriente de etileno en la salida (como monómero o formando parte del polímero) adicionando las pérdidas que se producen en el proceso de reacción.

$$F_{19} = \frac{F_{29} X_{C_2H_4F_{29}}}{1 - \%p\acute{e}rdidas} = \frac{51638,02 \frac{tn}{a\~{n}o} 0,1274}{1 - 0,01}$$

$$F_{19} = 6214,58 \frac{tn}{a\~{n}o}$$

La corriente de recuperación de monómero (F_{43}) se calcula a partir de la cantidad de sus componentes presentes en la corriente de salida.

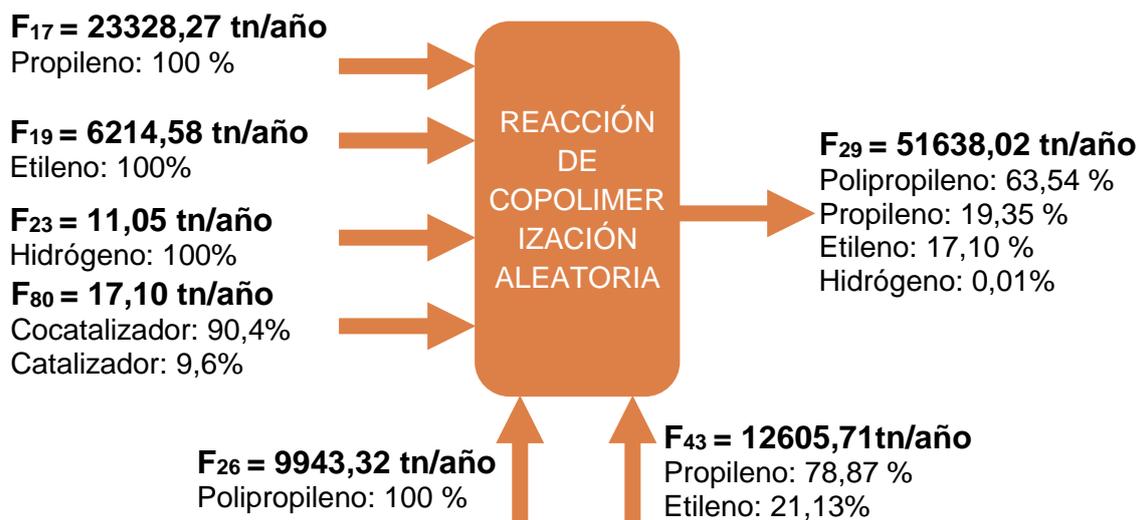
$$F_{43} = \frac{F_{29} X_{C_2H_4} + F_{29} X_{C_3H_6}}{1 - \%p\acute{e}rdidas} = \frac{51638,02 \frac{tn}{a\tilde{n}o} 0,053 + 51638,02 \frac{tn}{a\tilde{n}o} 0,1935}{1 - 0,01}$$

$$F_{43} = 12605,71 \frac{tn}{a\tilde{n}o}$$

El flujo de catalizador (F_{80}) se calcula en base a la cantidad de polímero que acompaña al flujo de salida.

$$F_{80} = F_{29} X_{PP} \frac{1tn\ ctz}{20000\ tn\ PP} \frac{10,42\ tn\ flujo}{tn\ ctz} = 32812,97 \frac{tnPP}{a\tilde{n}o} \frac{1tn\ ctz}{20000\ tn\ PP} \frac{10,42\ tn\ flujo}{tn\ ctz}$$

$$F_{80} = 17,10 \frac{tn}{a\tilde{n}o}$$



6.5.3.3. **Figura 6-6 Balance de masa Reacción de copolimerización aleatoria**

Fuente: Elaboración propia

BALANCE DE MASA REACTOR DE COPOLIMERIZACIÓN EN BLOQUE

En este caso, el cálculo se realiza con la misma mecánica que el reactor de copolimerización en bloque.

La corriente de salida (F_{30}) es de 119 865,65 tn/año. Su composición en masa es de 70,83%, 21,46% de propileno, 0,01% de hidrógeno y 7,70% de etileno.

Del total de etileno que sale en la corriente de salida, 2 867,25 tn/año lo hacen en forma de gas para ser recuperado y las restantes 6 427,75 tn/año lo hacen formando parte del polímero.

La corriente de alimentación de homopolímero (F_{26}) se calcula considerando que 30% de la cantidad total de polipropileno que conforma el copolímero.

$$F_{27} = \frac{F_{30} X_{PP}}{1 - \%p\acute{e}rdidas} \frac{tn_{Homopol\acute{i}mero}}{tn_{pol\acute{i}mero}} = \frac{119865,65 \frac{tn}{a\tilde{n}o} 0,7083}{1 - 0,01} 0,3$$

$$F_{27} = 25729,00 \frac{tn}{a\tilde{n}o}$$

A partir de este valor se puede determinar la cantidad de propileno fresco que debe ingresarse.

$$F_{18} = \frac{F_{30} X_{PP} - F_{27}}{1 - \%p\acute{e}rdidas} = \frac{119865,65 \frac{tn}{a\tilde{n}o} 0,7207 - 25729,00 \frac{tn}{a\tilde{n}o}}{1 - 0,01}$$

$$F_{18} = 59732,66 \frac{tn}{a\tilde{n}o}$$

Conocer el valor de esta corriente permite conocer el flujo de hidrógeno que debe agregarse en este reactor.

$$F_{24} = F_{18} \frac{tn H_2}{tn C_3H_6} = 59732,66 \frac{tn}{a\tilde{n}o} 4,76 \cdot 10^{-4} \frac{tn H_2}{tn C_3H_6}$$

$$F_{23} = 28,59 \frac{tn}{a\tilde{n}o}$$

También debe calcularse la cantidad de etileno que debe alimentarse (F_{19}). Éste será igual a la corriente de etileno en la salida (como monómero o formando parte del polímero) adicionando las pérdidas que se producen en el proceso de reacción.

$$F_{20} = \frac{F_{30} X_{C_2H_4F_{30}}}{1 - \%p\acute{e}rdidas} = \frac{119865 \frac{tn}{a\tilde{n}o} 0,2146}{1 - 0,01}$$

$$F_{20} = 6492,68 \frac{tn}{a\tilde{n}o}$$

La corriente de recuperación de monómero (F_{44}) se calcula a partir de la cantidad de sus componentes presentes en la corriente de salida.

$$F_{44} = \frac{F_{30} X_{C_2H_4F_{30}} + F_{30} X_{C_3H_6F_{30}}}{1 - \%p\acute{e}rdidas} = \frac{119865,65 \frac{tn}{a\tilde{n}o} 0,02 + 119865,65 \frac{tn}{a\tilde{n}o} 0,21}{1 - 0,01}$$

$$F_{44} = 28455,01 \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

El flujo de catalizador (F_{80}) se calcula en base a la cantidad de polímero que acompaña al flujo de salida.

$$F_{81} = F_{30} X_{PP} \frac{1 \text{ tn ctz}}{20000 \text{ tn PP}} \frac{10,42 \text{ tn flujo}}{\text{tn ctz}}$$

$$= 119865,65 \cdot 0,7083 \frac{\text{tnPP}}{\text{año}} \frac{1 \text{ tn ctz}}{20000 \text{ tn PP}} \frac{10,42 \text{ tn flujo}}{\text{tn ctz}}$$

$$F_{81} = 44,24 \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

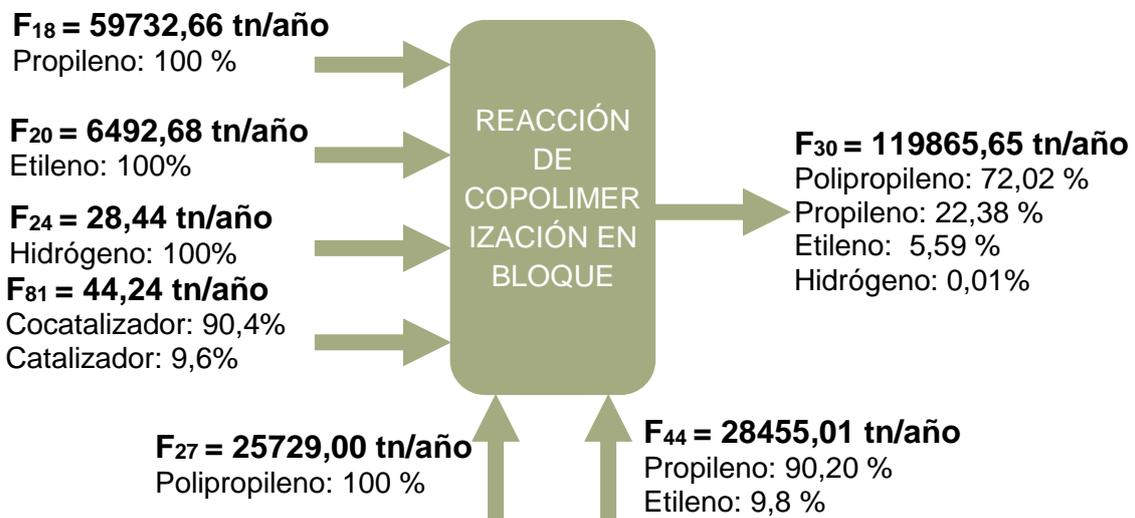


Figura 6-7 Balance de masa Reacción de copolimerización en bloque

6.5.3.4.

Fuente: Elaboración propia

BALANCE DE ENERGÍA REACTOR DE HOMOPOLIMERIZACIÓN

En este apartado se busca calcular la cantidad de calor generado por la reacción de polimerización, conociendo además que se trata de una reacción exotérmica.

Este calor será aprovechado para precalentar el agua de alimentación a la caldera generadora de vapor. Este vapor será utilizado en la unidad de desodorizado, produciendo una economía en el proceso.

Se plantea que el 80% de la energía de reacción es utilizada en el precalentamiento de agua, mientras el 20% restante se consume para el calentamiento de los productos de alimentación.

Para este cálculo se utiliza la variación de entalpía que se produce en el cada una de las reacciones.

Como se dijo anteriormente, la energía de polimerización del propileno es de 85,77 kJ/kmol. Para facilitar los cálculos, este valor se transforma a las unidades en las cuales se ha trabajado en el balance de masa.

$$85,77 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} \frac{1 \text{ kmol}}{42 \text{ kg}} \frac{10^3 \text{ kg}}{\text{tn}} = 2042,14 \frac{\text{kJ}}{\text{tn}}$$

Este valor se multiplica por la corriente de propileno que se polimeriza y de esta manera se puede calcular el valor del calor neto liberado anualmente por la polimerización.

$$Q = 212201301,4 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}$$

BALANCE DE ENERGÍA REACTOR DE COPOLIMERIZACIÓN ALEATORIA

6.5.3.5.

De forma análoga a lo realizado para la polimerización del propileno, en este caso debe tenerse en cuenta también el calor generado por la polimerización del etileno.

$$94,98 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} \frac{1 \text{ kmol}}{28 \text{ kg}} \frac{10^3 \text{ kg}}{\text{tn}} = 3392,14 \frac{\text{kJ}}{\text{tn}}$$

De esta manera, conociendo los datos del balance de masa para el reactor se puede determinar la cantidad de calor generado por la reacción.

$$Q = F_{29} X_{C_3H_6F_{29}} \Delta H_{C_3H_6} + F_{29} X_{C_2H_4F_{29}} \Delta H_{C_2H_4}$$

$$Q = 38965,40188 \frac{\text{tn}}{\text{año}} 0,8421 2042,14 \frac{\text{kJ}}{\text{tn}} + 38965,40188 \frac{\text{tn}}{\text{año}} 0,1579 3392,14 \frac{\text{kJ}}{\text{tn}}$$

6.5.3.6.

$$Q = 87878700 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}$$

BALANCE DE ENERGÍA REACTOR DE COPOLIMERIZACIÓN EN BLOQUE

En este caso se cuenta con toda la información para los cálculos del balance de masa de este reactor y el balance de energía de los reactores anteriores. El mecanismo del cálculo que se emplea es el mismo.

$$Q = F_{30} X_{C_3H_6F_{30}} \Delta H_{C_3H_6} + F_{30} X_{C_2H_4F_{30}} \Delta H_{C_2H_4}$$

$$Q = 90906,80 \frac{\text{tn}}{\text{año}} 0,9293 2042,14 \frac{\text{kJ}}{\text{tn}} + 90906,80 \frac{\text{tn}}{\text{año}} 0,071 3392,14 \frac{\text{kJ}}{\text{tn}}$$

$$Q = 194322129 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}$$

6.5.4. SEPARACIÓN/RECUPERACIÓN POLÍMERO – GAS

El polímero en polvo se descarga desde el reactor y se separa en un tanque de descarga a presión atmosférica. La separación se lleva a cabo mediante la inyección de nitrógeno al tanque separador. Se utiliza nitrógeno como gas de separación ya que es inerte con las sustancias que llegan a la unidad.

La corriente de nitrógeno que arrastra los gases (C_3H_6 , C_2H_4 , H_2 , respectivamente) es llevada a un condensador. De esta manera se logra la separación del monómero para su posterior inyección al reactor de polimerización, consiguiendo de tal forma la recirculación del propileno no reaccionado.

La corriente de incondensables de N_2 e H_2 , es retirada del condensador. El nitrógeno de esta corriente se recupera para reutilizarla en la separación. Cabe destacar que los procesos de recuperación del nitrógeno exceden los límites del proyecto.

Por último, el polvo de PP se transporta a los silos de producto intermedio.

A continuación, se detallan los balances de masa del sistema de separación polímero-gas para cada uno de los polímeros producidos por la empresa.

Con respecto al balance de energía de la etapa correspondiente, se concluye que es irrelevante para el fin del proyecto.

6.5.4.1. BALANCE DE MASA SEPARADOR POLÍMERO-GAS PPH1

Como este equipo es el encargado de realizar la separación de la corriente proveniente del reactor de polimerización PPH1, las corrientes puestas en juego en el balance son:

$$F_{28} + F_{36} = F_{31} + F_{39}$$

A modo de resumen se representa el balance de masa del equipo, el cual es el siguiente:

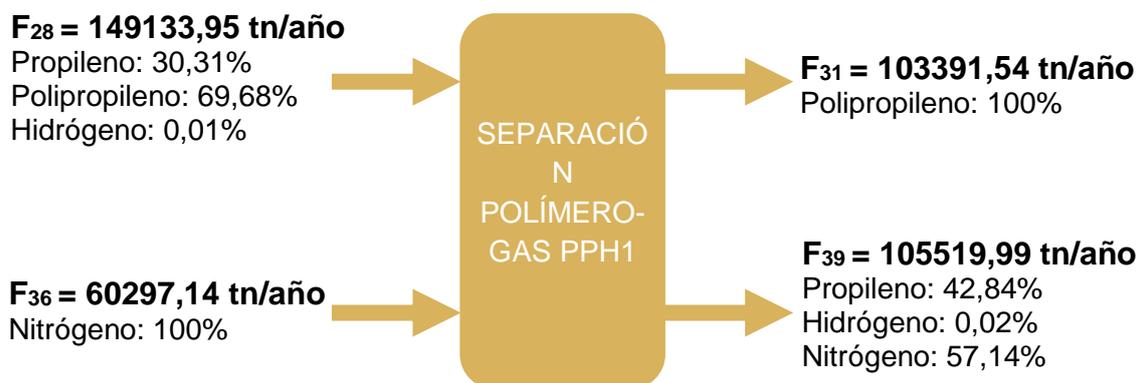


Figura 6-8 Balance de masa separador polímero-gas PPH1

Fuente: Elaboración propia

El cálculo de la corriente (F_{28}) proveniente del reactor de PPH1 que fue calculada con anterioridad.

Para el cálculo se estableció que la unidad de separación iba a tener un 0,5% de pérdidas con respecto al polímero. Procediendo con los cálculos se obtiene que:

$$F_{31} = F_{28} * X_{PP} * (1 - \%_{\text{pérdidas}}) = 149133,95 * 0,6968 * (1 - 0,005) \frac{\text{tn PP}}{\text{año}}$$

$$F_{31} = 103391,54 \frac{\text{tn PP}}{\text{año}}$$

En cambio, para la corriente de nitrógeno pura se estableció una relación 2 a 1 en volumen con respecto los gases que hay que despojar del polímero. La misma relación es de 4 a 3 en masa.

Por lo tanto;

$$F_{36} = \frac{4}{3} * F_{28}(1 - X_{PP}) = \frac{4}{3} * 149133,95 * (1 - 0,6968) \frac{\text{tn N}_2}{\text{año}}$$

$$F_{36} = 60297,14 \frac{\text{tn N}_2}{\text{año}}$$

Por último, la corriente F_{39} es la que llega al condensador para su posterior inyección en el reactor. La misma va a estar formada por los compuestos no reaccionados y el N_2 usado en el separador.

$$F_{39} = F_{36} + F_{28} * (1 - X_{PP}) = (60297,14 + 149133,95 * (1 - 0,6968)) \frac{\text{tn gases}}{\text{año}}$$

6.5.4.2.

$$F_{39} = 105519,99 \frac{\text{tn gases}}{\text{año}}$$

BALANCE DE MASA CONDENSADOR DE RECUPERACIÓN PPH1

En el condensador se separa el monómero propileno del resto de la corriente con el fin de inyectarlo en el reactor para convertirlo en producto. A modo de resumen se detalla a continuación el balance de masa del equipo.

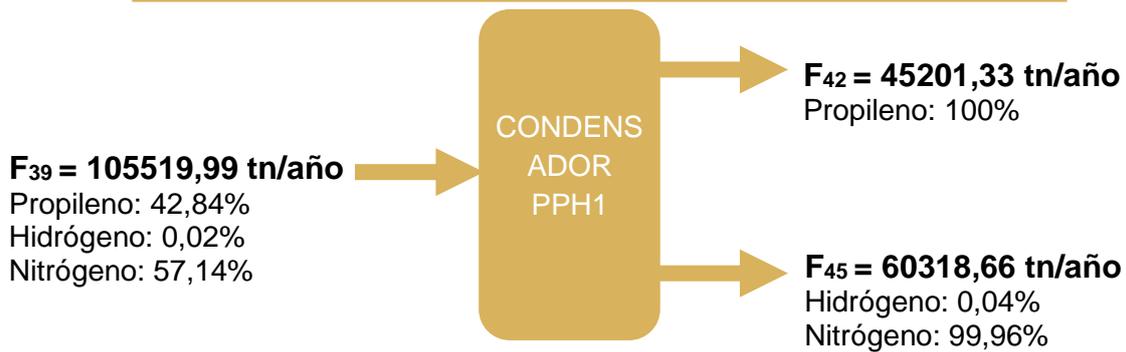


Figura 6-9 Balance de masa condensador de recuperación PPH1

Fuente: Elaboración propia

Procediendo con el cálculo obtenemos que:

$$F_{42} = F_{39} * X_{C_3H_6F_{39}} = 105519,99 \frac{tn}{año} * 0,4284$$

$$F_{42} = 45201,33 \frac{tn C_3H_6}{año}$$

$$F_{39} = F_{42} + F_{45} \rightarrow F_{45} = F_{39} - F_{42} = (105519,99 - 45201,33) \frac{tn}{año}$$

$$F_{45} = 60318,66 \frac{tn}{año}$$

6.5.4.3.

BALANCE DE MASA SEPARADOR POLÍMERO-GAS PPC1

De igual manera que para el separador polímero-gas PPH1 se lleva a cabo el balance de masa del separador del copolímero aleatorio (PPC1).

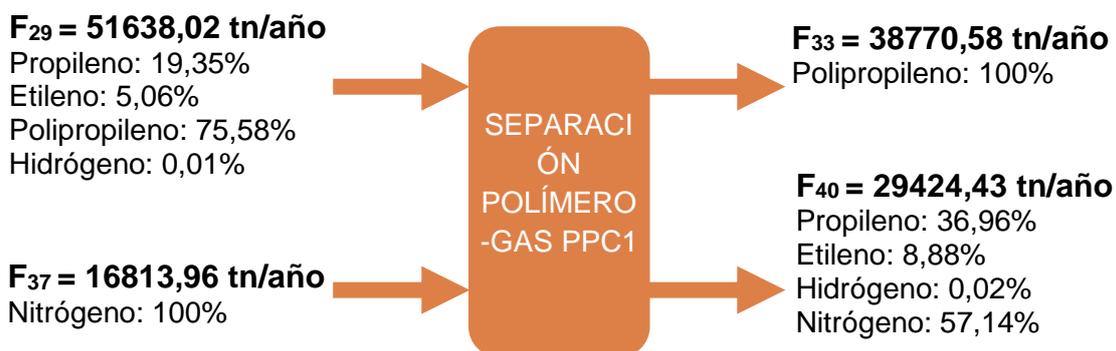


Figura 6-10 Balance de masa separador polímero-gas PPC1

Fuente: Elaboración propia

Como balance general tenemos que:

$$F_{29} + F_{37} = F_{33} + F_{40}$$

Por lo tanto, se procede con el resto de los cálculos.

$$F_{33} = F_{29} * X_{PP} * (1 - \%_{perdidas}) = 51638,02 * 0,7558 * (1 - 0,005) \frac{\text{tn PP}}{\text{año}}$$

$$F_{33} = 38770,58 \frac{\text{tn PP}}{\text{año}}$$

$$F_{37} = \frac{4}{3} * F_{29}(1 - X_{PP}) = \frac{4}{3} * 51638,02 * (1 - 0,7558) \frac{\text{tn N}_2}{\text{año}}$$

$$F_{37} = 16813,96 \frac{\text{tn N}_2}{\text{año}}$$

$$F_{40} = F_{37} + F_{29} * (1 - X_{PP}) = (16813,96 + 51638,02 * (1 - 0,7558)) \frac{\text{tn gases}}{\text{año}}$$

$$F_{40} = 29424,43 \frac{\text{tn gases}}{\text{año}}$$

BALANCE DE MASA CONDENSADOR DE RECUPERACIÓN PPC1

6.5.4.4.

De forma análoga al condensador de recuperación del reactor PPH1 se hacen los cálculos del balance de masa. Resumiendo, el mismo, se tiene que:

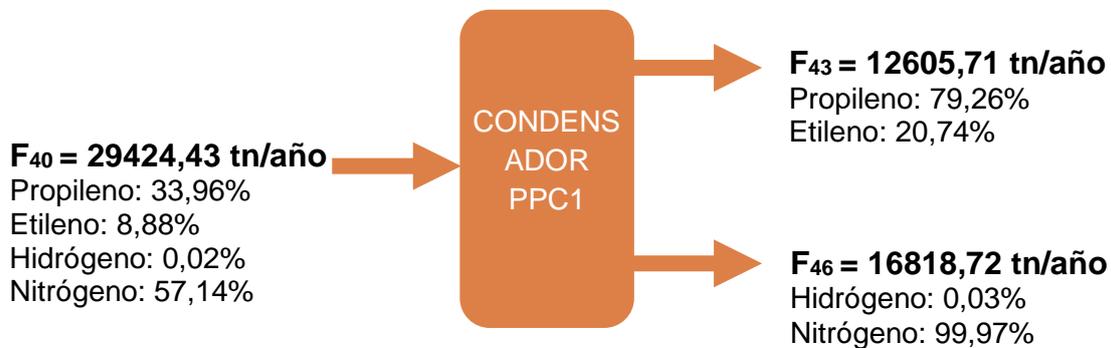


Figura 6-11 Balance de masa condensador de recuperación PPC1

Fuente: Elaboración propia

Procediendo con el cálculo se obtiene:

$$F_{43} = F_{40} * (X_{C_3H_6F_{40}} + X_{C_2H_4F_{40}}) = 29424,43 \frac{\text{tn}}{\text{año}} * (0,3396 + 0,0888)$$

$$F_{43} = 12605,71 \frac{\text{tn gases}}{\text{año}}$$

$$F_{40} = F_{43} + F_{46} \rightarrow F_{46} = F_{40} - F_{43} = (29424,43 - 12605,71) \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

$$F_{46} = 16818,72 \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

BALANCE DE MASA SEPARADOR POLÍMERO-GAS PPC2

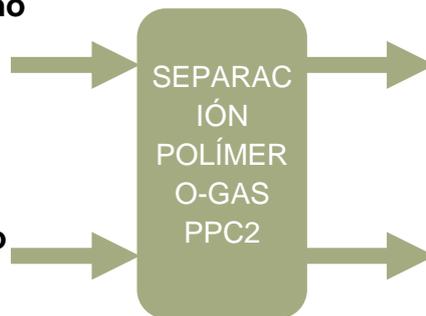
Siguiendo con la misma metodología terminamos el último separador polímero-gas que corresponde al polímero en bloque (PPC2).

6.5.4.5

F₃₀ = 119865,65 tn/año

Propileno: 21,46%
 Etileno: 2,28%
 Polipropileno: 76,25%
 Hidrógeno: 0,01%

F₃₈ = 37956,35 tn/año
 Nitrógeno: 100%



F₃₄ = 90452,26 tn/año
 Polipropileno: 100%

F₄₁ = 66423,62 tn/año
 Propileno: 38,73%
 Etileno: 4,11%
 Hidrógeno: 0,02%
 Nitrógeno: 57,14%

Figura 6-12 Balance de masa separador polímero-gas PPC2

Fuente: Elaboración propia

Como balance general tenemos que:

$$F_{30} + F_{38} = F_{34} + F_{41}$$

Por lo tanto, se procede con el resto de los cálculos.

$$F_{34} = F_{30} * X_{PP} * (1 - \%_{\text{perdidas}}) = 119865,65 * 0,7625 * (1 - 0,005) \frac{\text{tn PP}}{\text{año}}$$

$$F_{34} = 90452,26 \frac{\text{tn PP}}{\text{año}}$$

$$F_{38} = \frac{4}{3} * F_{30} (1 - X_{PP}) = \frac{4}{3} * 119865,65 * (1 - 0,7625) \frac{\text{tn N}_2}{\text{año}}$$

$$F_{38} = 37956,35 \frac{\text{tn N}_2}{\text{año}}$$

$$F_{41} = F_{38} + F_{30} * (1 - X_{PP}) = (37956,35 + 119865,65 * (1 - 0,7625)) \frac{\text{tn gases}}{\text{año}}$$

$$F_{41} = 66423,62 \frac{\text{tn gases}}{\text{año}}$$

BALANCE DE MASA CONDENSADOR DE RECUPERACIÓN PPC2

A modo de resumen se presente el balance de masa del condensador de recuperación del reactor PPC2.

6.5.4.6.

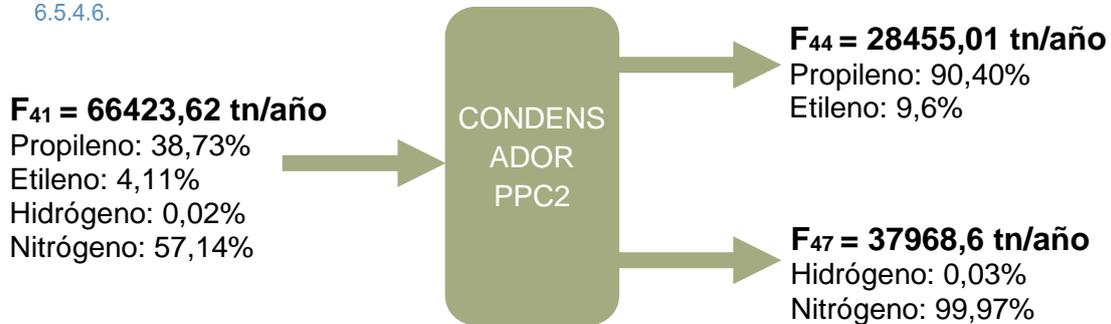


Figura 6-13 Balance de masa condensador de recuperación PPC2

Fuente: Elaboración propia

Procediendo con el cálculo se obtiene:

$$F_{44} = F_{41} * (X_{C_3H_6F_{41}} + X_{C_2H_4F_{41}}) = 66423,62 \frac{tn}{año} * (0,3873 + 0,0411)$$

$$F_{44} = 28455,01 \frac{tn \text{ gases}}{año}$$

$$F_{41} = F_{44} + F_{47} \rightarrow F_{47} = F_{41} - F_{44} = (66423,62 - 28455,01) \frac{tn}{año}$$

$$F_{47} = 37968,6 \frac{tn}{año}$$

6.5.5. EXTRUSIÓN Y MEZCLA

El polipropileno, tal como se produce en la etapa de polimerización no podría ser comercializado, por degradarse fácilmente, y requerir distintos aditivos según su aplicación.

En esta unidad se agregan los distintos aditivos necesarios dependiendo el producto que se desea obtener.

El equipo principal es la extrusora. El polvo de polipropileno se funde y se mezcla íntimamente con los diversos aditivos; el material fundido es tomado por una bomba de engranajes que lo fuerza a través de una placa perforada donde los pellets de polipropileno toman su forma comercial definitiva.

El polímero debe calentarse hasta su punto de fusión o reblandecimiento. La capacidad calorífica de los plásticos y el calor latente de fusión tienen valores elevados, de modo que la cantidad de calor que hay que aplicar para fundir estos materiales es muy alta.

Una vez que el material que se encuentra en estado líquido o fundido ha adquirido la forma final deseada debe solidificarse. En el caso del polipropileno, por tratarse de un polímero termoplástico, este proceso se realiza sin reacción química simplemente enfriando el material.

El enfriamiento se realiza mediante la eliminación de calor por conducción, y a veces por convección, y el trabajo realizado sobre el polímero no contribuye al enfriamiento del mismo como sí ocurriría en el proceso de calentamiento. El enfriamiento no se realiza hasta la temperatura ambiente, basta con alcanzar una temperatura a la cual la pieza pueda mantener su forma final sin sufrir deformaciones.

Algunas aplicaciones requieren un polímero con características especiales, llamados de Reología Controlada, en las que se altera la distribución de pesos moleculares de las cadenas que lo forman por corte de las más largas. Este proceso es también realizado en la etapa de extrusión, por medio de la inyección de peróxidos orgánicos.

BALANCE DE MASA EXTRUSORA DE PPH1

6.5.5.1.

El cálculo de los distintos flujos que intervienen en la extrusión es sencillo y se parte de conocer el plan de producción y la fórmula de cada uno de los productos a extruir.

Cabe destacar que los aditivos que se le agregan en cada caso van a depender de las aplicaciones para las cuales se los fabrica, por lo cual se plantea un porcentaje general sin discriminar de qué tipo de aditivo se habla. Estos aditivos son agregados a la extrusora en forma de masterbatch con una composición conocida únicamente por el proveedor.

Para alcanzar el plan de producción de homopolímero se conoce que el flujo de salida de la extrusora (F_{60}) es de 70 705,29 tn/año. De esta corriente un 95% pertenece a polipropileno y el 5% restante a los aditivos.

Con esto puede calcularse la corriente de entrada de aditivos (F_{57}), teniendo además en cuenta las pérdidas propias del proceso.

$$F_{57} = \frac{F_{60} X_{\text{aditivos}}}{1 - \% \text{pérdidas}} = \frac{70705,29 \frac{\text{tn}}{\text{año}} \cdot 0,05}{1 - 0,01}$$

$$F_{57} = 3570,97 \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

Con el mismo criterio se puede calcular el flujo de entrada de homopolímero.

$$F_{54} = \frac{F_{60} X_{\text{PP}}}{1 - \% \text{pérdidas}} = \frac{70705,29 \frac{\text{tn}}{\text{año}} \cdot 0,95}{1 - 0,01}$$

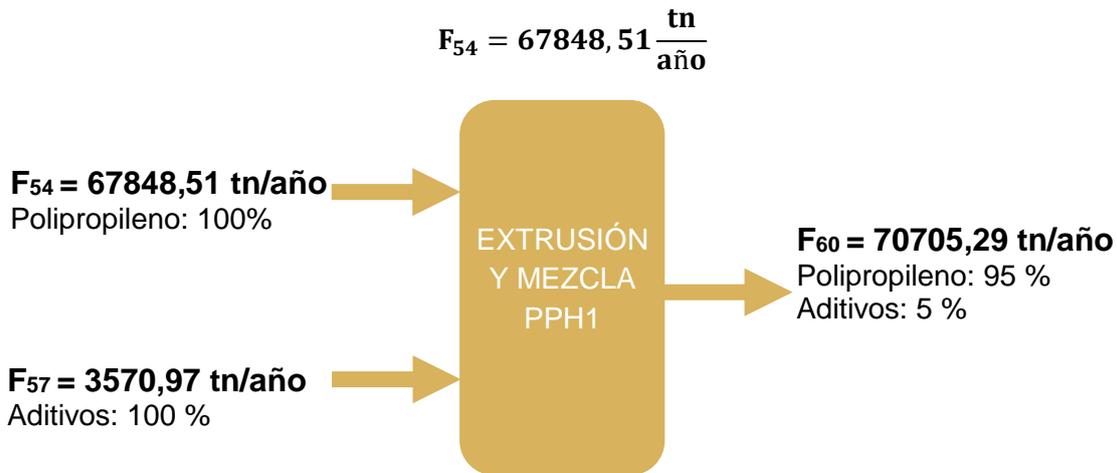


Figura 6-14 Balance de masa extrusión PPH1

Fuente: Elaboración propia

BALANCE DE MASA EXTRUSORA DE PPC1

El balance de masa en este caso conlleva la misma mecánica que en el caso anterior, con la salvedad que en este caso también está formando parte del polímero un porcentaje de etileno.

La corriente de salida de polímero aditivado (F₆₁) es de 40 403,02 tn/año, de las cuales un 80% corresponde a propileno polimerizado, un 15% al etileno y el restante 5% a los aditivos necesarios.

$$F_{58} = \frac{F_{61} X_{\text{aditivos}_{F_{61}}}}{1 - \% \text{pérdidas}} = \frac{40403,02 \frac{\text{tn}}{\text{año}} 0,05}{1 - 0,01}$$

$$F_{58} = 2040,56 \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

El cálculo de la cantidad de polímero proveniente de los silos se puede realizar partiendo de la cantidad de propileno necesaria o bien de etileno. En este caso se decide proceder en base al etileno polimerizado.

$$F_{55} = \frac{F_{61} X_{\text{C}_2\text{H}_4_{F_{61}}}}{1 - \% \text{pérdidas}} = \frac{40403,02 \frac{\text{tn}}{\text{año}} 0,15}{1 - 0,01}$$

$$F_{55} = 38770,57 \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

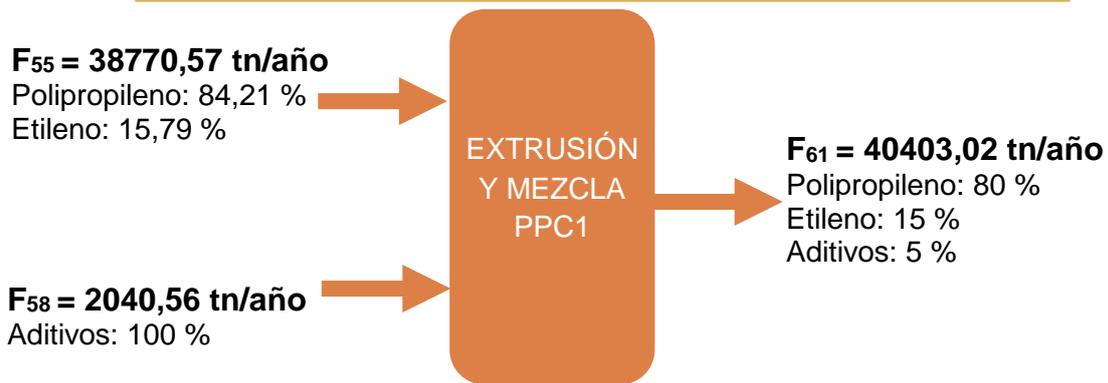


Figura 6-15 Balance de masa extrusión PPC1

Fuente: Elaboración propia

BALANCE DE MASA EXTRUSORA DE PPC2

El cálculo en esta extrusora es exactamente igual al caso de la extrusión de PPC1. La única diferencia reside en que la corriente de salida (F_{62}) en este caso es de 90 452,26 tn por año.

En este tipo de polímero, el porcentaje de propileno es mayor (92%), y el contenido de aditivos es significativamente menor (1%). El 7% restante corresponde al etileno.

$$F_{59} = \frac{F_{62} X_{\text{aditivos}_{F62}}}{1 - \% \text{pérdidas}} = \frac{90452,26 \frac{\text{tn}}{\text{año}} 0,01}{1 - 0,01}$$

$$F_{59} = 913,66 \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

$$F_{56} = \frac{F_{62} X_{C_2H_4_{F62}}}{1 - \% \text{pérdidas}} = \frac{90452,26 \frac{\text{tn}}{\text{año}} 0,07}{1 - 0,01}$$

$$F_{56} = 90452,26 \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

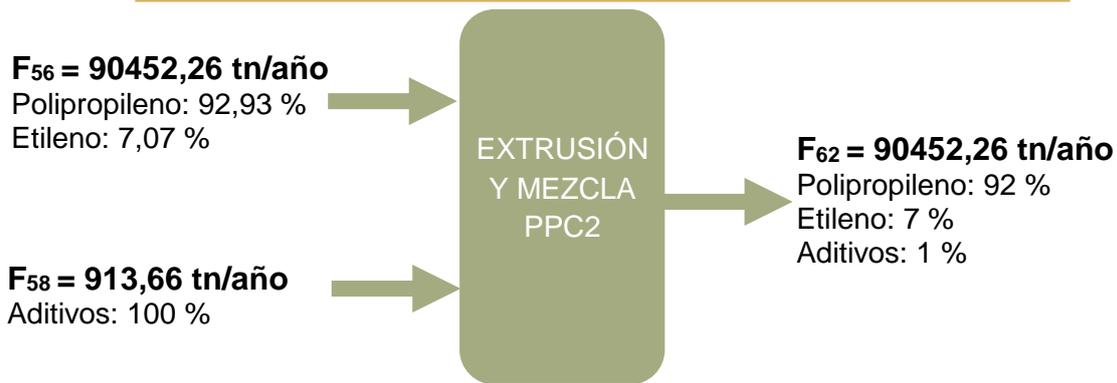


Figura 6-16 Balance de masa extrusión PPC2

Fuente: Elaboración propia

BALANCE DE ENERGÍA EXTRUSIÓN

El calor necesario para la extrusión del polipropileno se va a calcular partiendo del calor de procesado unitario, que se calcula de la siguiente manera:

$$Q_p = C_p \Delta T + \lambda = 0,550 \frac{\text{kJ}}{\text{tn}}$$

La variación de temperatura (ΔT) se considera entre la temperatura a la cual se realiza el procesado (250°C) y la temperatura a la cual se encuentra almacenado el polvo de polipropileno, que es aproximadamente la temperatura ambiente (25°C).

Se considera que el calor empleado para la extrusión es equivalente para cualquiera de los productos que se obtienen debido a que la mayor proporción es de propileno polimerizado y los valores distan poco entre los distintos monómeros.

El calor necesario que debe aportarse al sistema para la extrusión del polipropileno se calcula multiplicando el calor de procesado (Q_p) por las toneladas a extruir.

$$Q_{PPH1} = (F_{54} + F_{57}) Q_p = 71419,48 \frac{\text{tn}}{\text{año}} 0,550 \frac{\text{kJ}}{\text{tn}}$$

$$Q_{PPH1} = 39280,71 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}$$

$$Q_{PPC1} = (F_{55} + F_{58}) Q_p = 40811,13 \frac{\text{tn}}{\text{año}} 0,550 \frac{\text{kJ}}{\text{tn}}$$

$$Q_{PPC1} = 22446,12 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}$$

$$Q_{PPC2} = (F_{56} + F_{59}) Q_p = 91365,92 \frac{\text{tn}}{\text{año}} 0,550 \frac{\text{kJ}}{\text{tn}}$$

$$Q_{PPC2} = 50251,16 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}$$

El calor total a emplear en la etapa de extrusión podrá calcularse sumando los calores necesarios para la extrusión de cada producto. Este valor es de gran importancia para dimensionar el gasto de energía que representa esta etapa.

$$Q_T = Q_{PPH1} + Q_{PPC1} + Q_{PPC2} = 39280,71 \frac{\text{kJ}}{\text{año}} + 22446,12 \frac{\text{kJ}}{\text{año}} + 50251,16 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}$$

$$Q_T = 111978,09 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}$$

6.5.6. UNIDAD DE DESODORIZADO

El polipropileno extraído de los separadores cuenta con partículas que generan malos olores en el producto final, por lo que estas deben extraerse la mejor manera posible sin dañar al material en cuestión. El medio por el cual vamos a producir la extracción va a ser vapor de agua saturado, el cual va a encontrarse a una presión de 4 bar aproximadamente, obtenido mediante una caldera instalada en la planta. Al estar a dicha presión el vapor poseerá una densidad de $2,1621 \text{ kg/m}^3$ ($0,00216 \text{ tn/m}^3$). Además, se plantea que el vapor debe estar en contacto permanente para una correcta remoción, por lo que se estima una proporción en volumen de un 50% de exceso de vapor en relación al volumen de polipropileno.

Hay que tener en cuenta que en el proceso de desodorizado se tienen pérdidas equivalentes al 0,5% en peso, debido principalmente a arrastre con vapor y a degradación y separación del material terminado.

6.5.6.1.

BALANCE DE MASA DE UNIDAD DESODORIZADORA PPH1

En principio, se procede a calcular el volumen de polipropileno para cada una de las unidades desodorizadoras o, en su defecto a calcular una relación entre las densidades de polipropileno y vapor, de manera que:

$$F_{64} = \frac{F_{60}}{\rho_{PP}} \cdot \rho_{Vap} \cdot 1,5 \frac{m_{vap}^3}{m_{PP}^3} = \frac{70705,2852 \text{ tn}_{PP}}{0,946 \frac{\text{tn}_{PP}}{m_{PP}^3}} \cdot 0,002162 \frac{\text{tn}_{Vap}}{m_{Vap}^3} \cdot 1,5 \frac{m_{vap}^3}{m_{PP}^3} = 242,386 \text{ kg}_{Vap}$$

Para la primera unidad desodorizadora, donde:

- m_{PP} es la masa de polipropileno en toneladas.
- ρ indica densidades, en toneladas por metro cúbico, para el polipropileno y el vapor respectivamente.
- 1,5 es la relación de exceso de vapor indicada previamente expresada en metros cúbicos de vapor por metro cúbico de polipropileno.

Las pérdidas deben contemplarse de manera que se tiene:

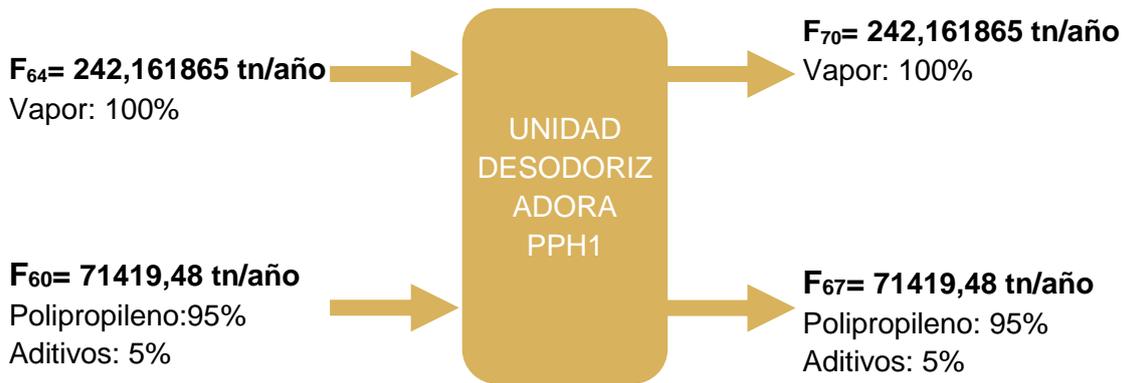


Figura 6-17: Unidad desodorizadora PPH1

Fuente: Elaboración propia.

BALANCE DE MASA DE UNIDAD DESODORIZADORA PPC1

6.5.6.2. Se realiza un análisis análogo al realizado para la unidad desodorizadora PPH1, considerando las mismas pérdidas y condiciones:

$$F_{65} = \frac{F_{61}}{\rho_{PP}} \cdot \rho_{Vap} \cdot 1,5 \frac{m_{Vap}^3}{m_{PP}^3} = \frac{40403,0201 \text{ tn}_{PP}}{0,946 \frac{\text{tn}_{PP}}{\text{m}_{PP}^3}} \cdot 0,002162 \frac{\text{tn}_{Vap}}{\text{m}_{Vap}^3} \cdot 1,5 \frac{m_{Vap}^3}{m_{PP}^3}$$

$$= 138,506 \text{ kg}_{Vap}$$



6.5.6.3.

Figura 6-18 Unidad desodorizadora PPC1

Fuente: Elaboración propia

BALANCE DE MASA DE UNIDAD DESODORIZADORA PPC2

De igual modo que en las unidades anteriores se tiene que:

$$F_{66} = \frac{F_{62}}{\rho_{PP}} \cdot \rho_{Vap} \cdot 1,5 \frac{m_{Vap}^3}{m_{PP}^3} = \frac{90906,7953 \text{ tn}_{PP}}{0,946 \frac{\text{tn}_{PP}}{m_{PP}^3}} \cdot 0,002162 \frac{\text{tn}_{Vap}}{m_{Vap}^3} \cdot 1,5 \frac{m_{Vap}^3}{m_{PP}^3}$$

$$= 311,639 \text{ kg}_{Vap}$$

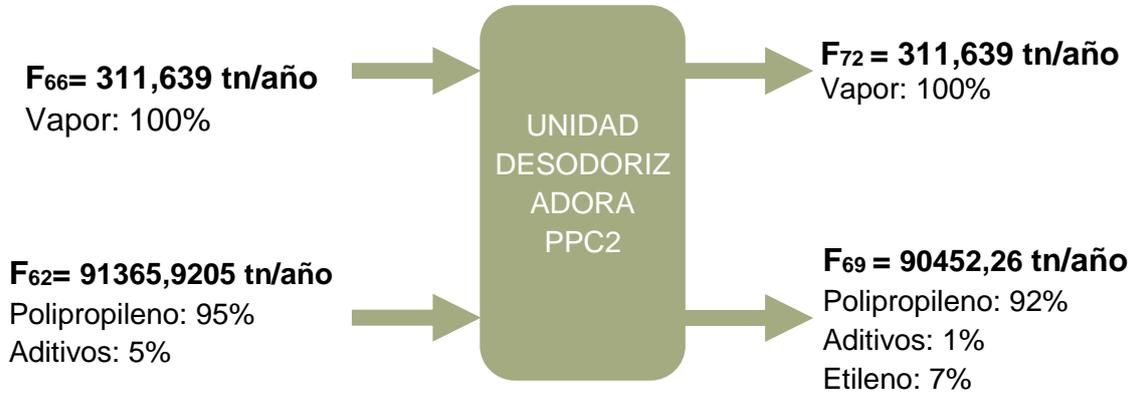


Figura 6-19 Unidad desodorizadora PPC2

Fuente: Elaboración propia

De lo visto previamente se tiene que son necesarias 692,531 toneladas de vapor por año para esta remoción de olores.

6.5.7. ENVASADO

Los pellets obtenidos de la etapa de extrusión se envían a un sistema de silos de mezclado y almacenaje. El proceso de mezclado y homogenización permite obtener lotes con calidad uniforme y consistente.

El producto sale de los silos e ingresa a un sistema automático y continuo de envasado y paletizado. Se tienen pérdidas del 0,5% en peso en esta etapa del proceso, las cuales son contempladas en el balance de masa.

Se fracciona el 50 por ciento de la producción en bolsas de 25 kg cada una y el 50 por ciento restante en bolsas de 1250 kg y se colocan 40 bolsas por palet, para el caso del envasado en bolsas de 25 kg.

BALANCE DE MASA PARA ENVASADORA PPH1

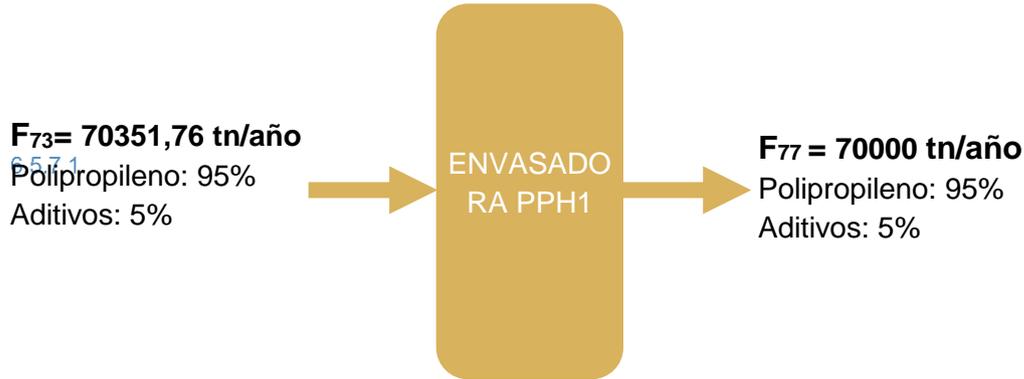


Figura 6-20 Unidad envasadora PPH1

Fuente: Elaboración propia

A la hora de realizar el balance de masa se tienen en cuenta a las pérdidas únicamente, las cuales representan un 0,5% en peso.

BALANCE DE MASA PARA ENVASADORA PPC1

Para las envasadoras restantes se empleará el mismo criterio que en el homopolímero

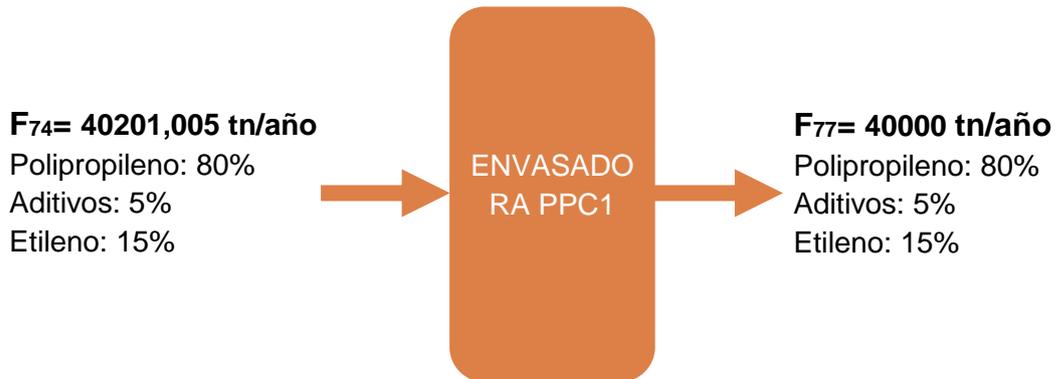


Figura 6-21 Unidad envasadora PPC1

Fuente: Elaboración propia

BALANCE DE MASA PARA ENVASADORA PPC2

Se procederá de igual modo al descripto previamente.



Figura 6-22: Unidad envasadora PPC2

Fuente: Elaboración propia

6.5.8. ALMACENAMIENTO

El producto envasado y paletizado se lleva a la zona de almacenamiento de producto terminado cercano a la zona de producción. Es importante que la distancia entre la zona de producción y la zona de almacenamiento no sea muy grande para evitar altos costos de transporte dentro de la misma planta.

6.5.9. DESPACHO

El despacho se realiza en camiones, de acuerdo con los pedidos que los clientes realicen. Existe una zona dentro de la planta destinada a la carga de estos camiones, que se lleva a cabo utilizando autoelevadores.

6.6. DIAGRAMA COMPLETO DEL PROCESO

En la Figura 6-23 se observa el diagrama completo del proceso con todos los flujos anteriormente calculados. Además, se muestran los equipos de cada una de las operaciones con su referencia correspondiente, la terminación “00” indica que existen varios equipos que realizan esa operación. El diseño, selección y descripción detallada de estos equipos se verá en el próximo capítulo.

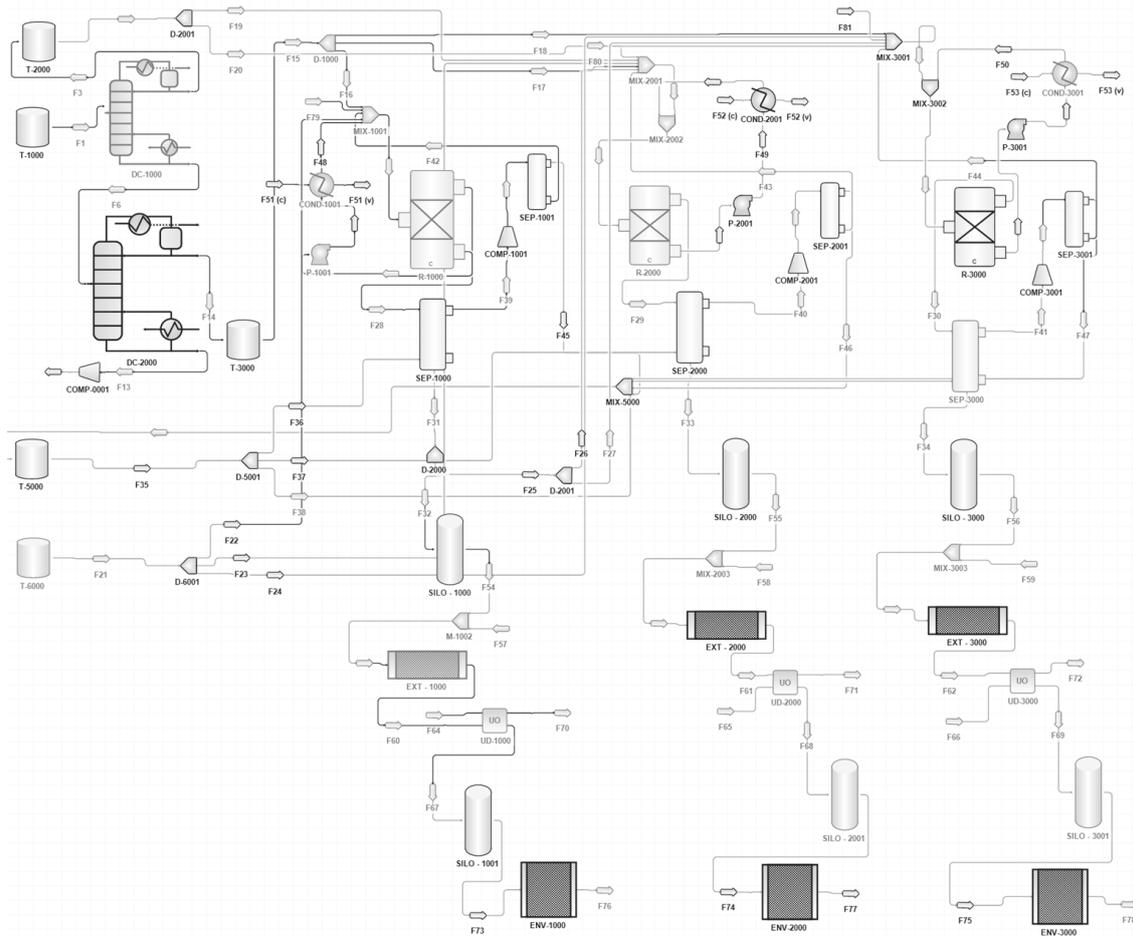


Figura 6-23 Diagrama del proceso

Fuente: Elaboración propia

7. SELECCIÓN Y DISEÑO DE EQUIPOS

7.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se definen las tecnologías utilizadas para cada operación del proceso.

Tratándose de una industria de grandes dimensiones como esta podemos afirmar que la tecnología será de tipo capital intensivo. En los casos en los que se consideró pertinente se evaluaron alternativas tecnológicas para los equipos seleccionados.

El objetivo de esto es seleccionar la maquinaria considerada óptima para el proceso productivo y con ello el proveedor más conveniente, evaluando no solo el costo de su maquinaria, sino también ubicación, forma de pago, entrega, plazos, y confiabilidad.

Además, con la información definida en el capítulo anterior, se define también el diseño y selección de los equipos específicos a utilizar. Se plantea un factor de ocupación de 0,8 de la capacidad total instalada. Para el cálculo y diseño de los diferentes equipos que son necesarios se evalúan los flujos a tratar en cada caso. Considerando esto se evalúa la posibilidad de disposiciones modulares y en paralelo debido a los grandes niveles de materia a procesar.

Producto de la elección de una alternativa se derivarán luego las distintas necesidades, sean éstas de equipos y materiales, requerimientos de personal, necesidades de espacios como de obras físicas, para luego hacer los cálculos de los diversos costos del proyecto.

7.2. ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS GASEOSAS

Las materias primas llegarán de manera directa por medio de gasoductos, aunque se deben tener tanques pulmón y tanques para el almacén de materias primas para evitar detener la producción por eventuales fallas del proveedor.

Las materias primas a almacenar son la mezcla de alimentación, el propileno y el etileno destilado, partiendo de saber qué se debe buscar, se procede a analizar los flujos.

Inicialmente se plantea que necesitamos un flujo de 274 409,005 toneladas anuales de GLP para alcanzar la producción deseada. Los tanques se suponen para mantener la producción 1 día en caso de imprevistos por parte del proveedor de la mezcla gaseosa, por lo que se dice que (según el programa de producción) son necesarias 807,085 toneladas diarias, por lo que el tanque de GLP se diseñará en función de este supuesto.

Para el diseño, nos regiremos en la norma NOM-009-SESH-2011, la cual establece recipientes para el almacén de dicha mezcla, con sus respectivos equipos de seguridad, especificaciones y pruebas a realizar.

Partiendo de la cantidad a analizar, sabiendo la relación de volumen que tenemos para la mezcla dada (licuada), obtenida según un proveedor, se tiene que el volumen a ocupar por el tanque de reserva diaria es:

$$F_{v\text{propano}} + F_{v\text{propileno}} + F_{v\text{etileno}} = 346,643 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} + 920,319 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} + 71,06 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$F_{v\text{GLP}} = 1338,052 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Según la norma nombrada previamente, el tanque será de tipo E, debido a su capacidad (superior a 386 m³), el tanque tendrá una presión de diseño que dependerá de las condiciones en las que sea aportado este gas, aunque no será menor a 7 kg/cm², se estima que la presión requerida posible es de 17 kg/cm². El espesor vendrá dado por la diferencia de presión que se tenga entre la atmosférica (externa) y la interna.

Por último, los equipamientos de seguridad a tener en cuenta son medidores de presión, válvulas antirretorno y válvulas de seguridad, entre otros.

Las cañerías, como son desarrolladas en otro inciso, coinciden con las de las demás partes del sistema en cuanto a material y espesor, debido a que se manejan a presiones similares e iguales compuestos.

De lo visto previamente en la norma se establecen tanques esféricos (para soportar de mejor manera las tensiones) los cuales, según consultas con el proveedor serán:

Datos técnicos	
Equipo	Tanque de almacenamiento de GLP
Referencia del proceso	TK-1000
Marca	RAYEN
Modelo	C-A3351
Cantidad	1
Almacenamiento	1 440 m ³
Presión de diseño	17 kg/cm ²
Material	Acero inoxidable
Área ocupada	160 m ²
Costo	U\$D 125 000

Tabla 7-1 Ficha técnica tanque de almacenamiento de GLP

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor

Respecto a los tanques pulmón de los productos destilados, para el etileno, como se dijo previamente se requiere un volumen diario de 71,06 m³, por lo que para almacenar 3 días un tanque de 250 m³ es suficiente. El tanque tendrá características similares a las de el de mezcla de alimentación, con la diferencia que los elementos de seguridad serán más económicos.

Datos técnicos	
Equipo	Tanque de almacenamiento de etileno
Referencia del proceso	TK-2000
Marca	RAYEN
Modelo	C-B5200
Cantidad	1
Almacenamiento	250 m ³
Presión de diseño	17 kg/cm ²
Material	Acero inoxidable
Área ocupada	18 m ²
Costo	USD 30 000

Tabla 7-2 Ficha técnica tanque de almacenamiento de etileno

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor

Para el caso del propileno el flujo es mucho mayor, por lo que la acumulación en un tanque de 1 000 m³, alcanza para sostener un día de producción en caso de ausencia de entrega de materia prima.

Datos técnicos	
Equipo	Tanque de almacenamiento de propileno
Referencia del proceso	TK-3000
Marca	RAYEN
Modelo	C-A3420
Cantidad	1
Almacenamiento	1 000 m ³
Presión de diseño	17 kg/cm ²
Material	Acero inoxidable
Área ocupada	120 m ²
Costo	USD 75 000

Tabla 7-3 Ficha técnica tanque de almacenamiento de propileno

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor



Figura 7-1 Tanque de almacenamiento de gases

Fuente: alibaba.com

7.3. DESETANIZADO Y DESTILACIÓN PROPANO-PROPILENO

Se elige describir en conjunto ambas etapas debido a que se utiliza el mismo tipo de equipos con diferencias en el diseño y principalmente en el tamaño.

El equipo seleccionado para completar estas operaciones es la columna de destilación de platos.

Las columnas de destilación están compuestas de varias partes, cada una de las cuales es usada para transferir calor o mejorar la transferencia de masa. Una columna típica tiene varios componentes principales:

- Una bomba para impulsar el flujo de alimentación
- Un intercambiador de calor para calentar el flujo de alimentación
- Un recipiente vertical donde tiene lugar la separación de los componentes líquidos
- Interiores de columna tales como platos o relleno que se utilizan para incrementar el contacto entre líquido y vapor
- Un rehervidor o reboiler para vaporizar el producto de fondo
- Un intercambiador de calor para condensar y enfriar el vapor que sale por la parte superior de la columna.
- Un tambor de reflujo para recibir el vapor condensado del tope de la columna para que el líquido (reflujo) pueda recircularse a la columna
- Una bomba para impulsar el reflujo

El recipiente vertical aloja los interiores de la columna y junto con el condensador y el rehervidor, constituyen una columna de destilación.

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel

7.3.1. OPERACIÓN DE DESTILACIÓN

La mezcla líquida que se va a procesar se conoce como alimentación y se introduce generalmente en un punto situado en la parte media de la columna en un plato que se conoce como plato de alimentación. El plato de alimentación divide a la columna en dos secciones: una superior llamada de enriquecimiento o rectificación (Figura 7-2) y una zona inferior de agotamiento. La alimentación circula hacia la parte inferior de la columna donde es dirigida al reboiler o rehervidor (Figura 7-3).

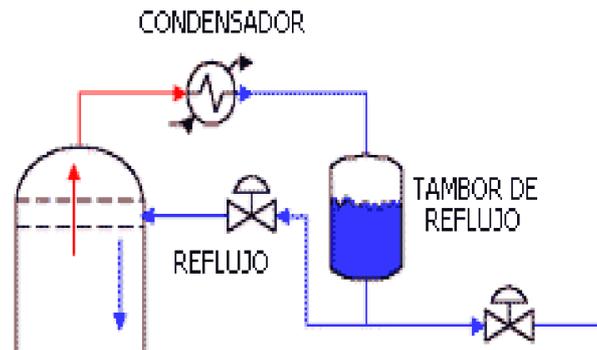


Figura 7-2 Zona de rectificación

Fuente: Diseño de plantas industriales - MSc. Pedro Angeles Chero

Se suministra calor al re-hervidor para generar vapor. La fuente de calor puede ser cualquier fluido adecuado, en este caso se va a trabajar con vapor de agua. El vapor generado en el rehervidor se introduce nuevamente en la columna en la parte inferior. El líquido que se extrae del rehervidor se llama producto de fondo o simplemente, fondo. El vapor se mueve hacia la parte superior de la columna, y al salir por la parte superior, es enfriado por un condensador. El condensado es retenido en un recipiente denominado tambor de reflujo. Parte de este líquido es recirculado a la parte superior de la columna y se llama reflujo. El líquido condensado que sale del sistema es el destilado o producto de tope.

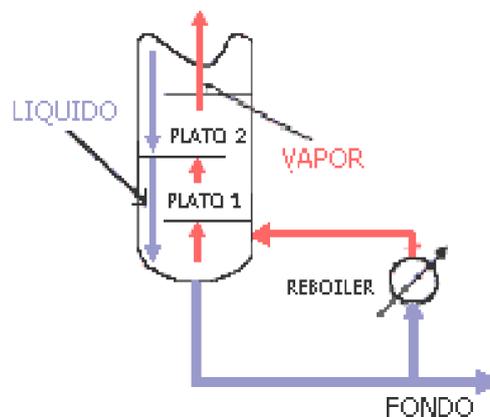


Figura 7-3 Zona de agotamiento

Fuente: Diseño de plantas industriales - MSc. Pedro Angeles Chero

7.3.2. PLATOS DE BURBUJEO

Los platos son superficies planas que dividen la columna en una serie de etapas. Tienen por objeto retener una cierta cantidad de líquido en su superficie a través de la cual se hace burbujear el vapor que asciende por la columna consiguiéndose así un buen contacto entre el vapor y el líquido.

El líquido del plato cae al plato inferior por un rebosadero situado en un extremo del plato. En los platos normalmente no se llega a alcanzar el equilibrio entre el líquido y el vapor que abandona el plato, es decir, la eficacia del plato no es del 100%. Un plato ideal o teórico es aquel en el que se alcanza el equilibrio entre las corrientes que salen del plato.

En las columnas utilizadas para este proceso se prefieren los platos de burbujeo o casquetes de burbujeo.

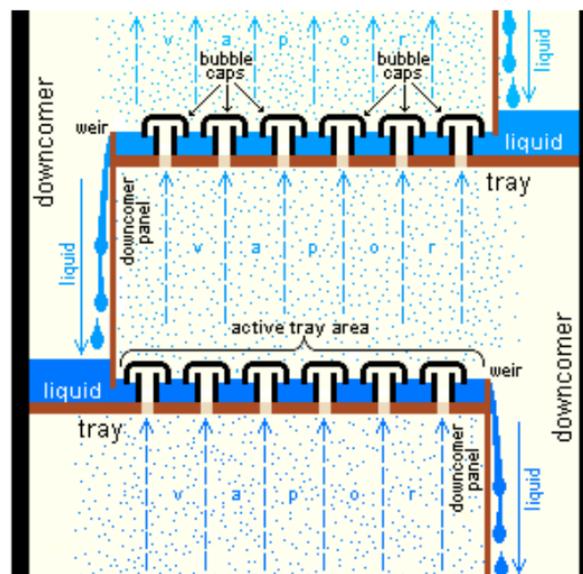


Figura 7-4 Platos de burbujeo

Fuente: Diseño de plantas industriales - MSc. Pedro Angeles Chero

La capacidad del plato aumenta a medida que se incrementa la separación entre ellos, siendo el límite de esta distancia de 48 pulgadas para vapores que tienen una densidad menor de $19,53 \text{ kg/m}^3$. La separación generalmente utilizada es de 24 pulgadas (0,61 m), ya que este espaciamiento es aceptable desde el punto de vista de limpieza de los platos.

La elección del tipo de flujo es función de dos factores: el caudal de líquido y el diámetro de la columna. Para columnas de gran diámetro es necesario dividir en un cierto número de pasos para reducir el gradiente hidráulico a través del plato. El diámetro seleccionado es de 2 m para las columnas de separación de propano y propileno, y 1,5 m para la columna de desetanizado.

7.3.3. DIMENSIONES DE LOS EQUIPOS

La cantidad de platos necesaria se determina a través de simulaciones debido a la falta de información necesaria para utilizar métodos gráficos como McThiele o Ponchón-Savarit.

Para el proceso de desetanizado se necesitan 47 platos, y la alimentación ingresa por el plato 32.

Para la separación del propileno, al tratarse de compuestos de volatilidades similares, es necesaria una gran cantidad de platos. En este caso se emplearán 190. Por cuestiones de diseño, es muy dificultoso trabajar con columnas tan altas, por lo que se decide trabajar con dos columnas de 95 platos cada una. La alimentación se realiza en ambos casos por el plato 65.

Considerando la separación entre platos ya determinada, la altura total de la torre de desetanizado es de 28,67 m, mientras que cada torre de destilación de propano-propileno tendrá una altura total de 57,95 m.

7.3.4. EQUIPAMIENTO SELECCIONADO

El proveedor de los equipos necesarios es la empresa Mersen, que provee los equipos de destilación completos, incluyendo bombas, hervidores, condensadores, etc.

Para acondicionar la alimentación proveniente de los tanques de alimentación se necesita una serie de procesos y equipos (condensadores, enfriadores, etc.), al igual que las corrientes de salida que se acondicionan para el proceso.

Para una simplificación de cálculos se multiplica el valor otorgado por el proveedor por un factor de 1,25 para determinar el costo total del proceso de destilación.

Datos técnicos	
Equipo	Columna de desetanizado
Referencia del proceso	DC-1000
Marca	MERSEN
Modelo	MCPA-072
Cantidad	1
Volumen	51 m ³
Altura	28,67 m
Ancho	1,5 m
Potencia total	1 362 kW
Material	Acero inoxidable AISI 316
Costo	U\$D 7 800 000

Tabla 7-4 Ficha técnica Columna de desetanizado

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor

Datos técnicos	
Equipo	Columna de destilación
Referencia del proceso	DC-2000
Marca	MERSEN
Modelo	MCP-132
Cantidad	2
Volumen	182 m ³
Altura	57,95 m
Ancho	2 m
Potencia total	2 087 kW
Material	Acero inoxidable AISI 316
Costo	U\$D 12 000 000

Tabla 7-5 Ficha técnica Columna de destilación propileno-propano

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor



Figura 7-5 Columna de destilación

Fuente: MERSEN

7.4. REACCIONES DE POLIMERIZACIÓN

7.4.1. DISEÑO REACTORES DE POLIMERIZACIÓN

Conocidas las reacciones a desarrollar en el proceso, se conocen ciertos datos de las mismas. Mediante información extraída de diferentes papers se tiene que sus constantes cinéticas para las distintas etapas son:

Constante de activación:

$$k_{iM} = 4,97 \times 10^7 \times e^{-\frac{5.10^4}{RT}}$$

Constante de propagación:

$$k_p = 4,97 \times 10^7 \times e^{-\frac{5.10^4}{RT}}$$

Constante de transferencia al monómero:

$$k_{trM} = 1,2 \times 10^6 \times e^{-\frac{5.10^4}{RT}}$$

Constante de desactivación:

$$k_d = 2,34 \times 10^6 \times e^{-\frac{5.10^4}{RT}}$$

Al saber estas constantes se procede a realizar el diseño para la etapa de transferencia al monómero, debido a que es la etapa más lenta y por ello, la que controla el mismo.

De igual modo se conoce que la reacción es de primer orden, por lo que la ecuación cinética sigue la forma:

$$r_A = k_{trM} \cdot C_A^0 \cdot (1 - x_A)$$

El cálculo de la concentración inicial viene dado por la realización de un cálculo del número de moles del monómero que tenemos inicialmente, seguido de una división del mismo número por el volumen total obtenido en el ingreso.

Conociendo los flujos máscicos, se tiene que, para el caso del homopolímero, el caudal será:

$$F_{16} = 12,88516 \frac{tn}{hora} = 12885,16 \frac{kg}{hora}$$

Si el peso molecular del propileno es de 42,08 gramos por mol:

$$n_{prop\ entrada} = \frac{F_{16}}{P_{molar}} = \frac{12885,16 \frac{kg}{hora}}{0,04208 \frac{kg}{mol}} = 306206,365 \frac{mol}{hora}$$

Teniendo en cuenta la recirculación de monómero (que influirá sobre la cantidad de moles que ingresen al equipo):

$$n_{prop\ recirc.} = \frac{F_{42}}{P_{molar}} = \frac{5548,996 \frac{kg}{hora}}{0,04208 \frac{kg}{mol}} = 131867,776 \frac{mol}{hora}$$

Se determina el volumen, sabiendo que la reacción ocurre a 7 kg/cm² y a 70°C:

Planteando la densidad a dichas condiciones para propileno (sabiendo que no se aleja mucho de la idealidad):

$$\rho = \frac{P \cdot P_m}{R \cdot T} = \frac{6,775 \text{ atm} \cdot 0,04208 \frac{kg}{mol}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot L}{K \cdot mol} \cdot (273 + 70)K} = 0,01014 \frac{kg}{L} = 10,136 \frac{kg}{m^3}$$

$$\frac{F_{16}}{\rho} = F_{v16} = \frac{12885,16 \frac{kg}{hora}}{10,136 \frac{kg}{m^3}} = 1271,1967 \frac{m^3}{hora}$$

Se plantea de igual modo para las demás entradas:

$$\frac{F_{42}}{\rho} = F_{v42} = \frac{5548,996 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{10,136 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 547,4542 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Para el hidrógeno:

$$\rho = \frac{P \cdot P_m}{R \cdot T} = \frac{6,775 \text{ atm} \cdot 0,002 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot (273 + 70)\text{K}} = 4,8176 \cdot 10^4 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 0,48176 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\frac{F_{22}}{\rho} = F_{v22} = \frac{6,1358 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{0,48176 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 12,7362 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Sumando la cantidad de moles totales de propileno se tiene que:

$$n_{\text{prop entrada}} + n_{\text{prop recirc.}} = 306206,365 \frac{\text{mol}}{\text{hora}} + 131867,776 \frac{\text{mol}}{\text{hora}} = 438074,141 \frac{\text{mol}}{\text{hora}}$$

$$F_{A0} = 438074,141 \frac{\text{mol}}{\text{hora}} = 121,68726 \frac{\text{mol}}{\text{s}}$$

Sumando el caudal volumétrico total que entra al reactor:

$$F_{v22} + F_{v42} + F_{v16} = (12,7362 + 547,4542 + 1271,1967) \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} = 1831,3871 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Sabiendo que la concentración es el número de moles por unidad de volumen se tiene que:

$$C_A^0 = \frac{n_{\text{totales}}}{V_{\text{total}}} = \frac{438074,141 \frac{\text{mol}}{\text{hora}}}{1831,3871 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}} = 239,2034 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} = 0,239 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Planteando la ecuación de velocidad entonces, se tiene que:

$$r_A = 1,2 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{s}} \cdot e^{\left(\frac{-5 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8,3143 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (273 + 70)\text{K}} \right)} \cdot 0,239 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot (1 - 0,565)$$

$$r_A = 0,003034059 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$$

Al utilizar un reactor agitado (según información provista por la misma patente) el cual tiene un régimen continuo, la evaluación del mismo se verá según la ecuación de diseño:

$$F_{A0} \cdot x_A = r_A \cdot V$$

$$V = \frac{F_{A0} \cdot x_A}{r_A} = \frac{121,68726 \frac{\text{mol}}{\text{s}} \cdot 0,565}{0,003034059 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}} = 22660,50115 \text{ L}$$

$$V = 22,66 \text{ m}^3$$

Determinación del diámetro y longitud:

Si el volumen se determina según:

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L$$

Para reactores con presiones inferiores a 250 PSI (17 kg/cm², aproximadamente) la relación L/D = 3, entonces L = 3D

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot 3D = 22,66 \text{ m}^3$$

Despejando:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4}{3 \cdot \pi} \cdot V}$$

$$D = 2,1266 \text{ m y } L = 3 \cdot D \rightarrow L = 6,3798 \text{ m}$$

Para el diseño de los siguientes reactores se tendrá que el procedimiento es el mismo, con la diferencia de la adición de corrientes de alimentación de homopolímero y etileno, además de las vistas para el primer reactor.

Cabe destacar que se continúa con una cinética de orden 1, y que se estima que la variación que tenemos en la ecuación de velocidad es despreciable debido a los bajos porcentajes de etileno utilizados, por lo que también la constante cinética será la misma, a saber:

$$k_{trM} = 1,2 \times 10^6 \times e^{-\frac{5 \cdot 10^4}{RT}}$$

$$r_A = k_{trM} \cdot C_A^0 \cdot (1 - x_A)$$

Para el caso del copolímero 1, analizando los flujos másicos obtenidos en el balance de masa, se tiene que:

$$F_{17} = 2,8576 \frac{\text{tn}}{\text{hora}} = 2857,6308 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$

Si el peso molecular del propileno es de 42,08 gramos por mol:

$$n_{\text{prop entrada}} = \frac{F_{17}}{P_{\text{molar}}} = \frac{2857,6308 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{0,04208 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 67909,4766 \frac{\text{mol}}{\text{hora}}$$

Teniendo en cuenta la recirculación de monómero (que influirá sobre la cantidad de moles que ingresen al equipo):

$$n_{\text{prop recirc.}} = \frac{F_{43}}{P_{\text{molar}}} = \frac{1230,63869 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{0,04208 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 29245,2161 \frac{\text{mol}}{\text{hora}}$$

Se determinará el volumen, sabiendo que la reacción ocurre a 7 kg/cm² y a 70°C:

Planteando la densidad a dichas condiciones para propileno (sabiendo que no se aleja mucho de la idealidad):

$$\rho = \frac{P \cdot P_m}{R \cdot T} = \frac{6,775 \text{ atm} \cdot 0,04208 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot (273 + 70)\text{K}} = 0,01014 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 10,136 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\frac{F_{17}}{\rho} = F_{v17} = \frac{2857,6308 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{10,136 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 281,9465 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Se plantea de igual modo para las demás entradas:

$$\frac{F_{43}}{\rho} = F_{v43} = \frac{1230,63869 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{10,136 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 121,4203 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Para hidrógeno:

$$\rho = \frac{P \cdot P_m}{R \cdot T} = \frac{6,775 \text{ atm} \cdot 0,002 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot (273 + 70)\text{K}} = 4,8176 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 0,48176 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\frac{F_{23}}{\rho} = F_{v23} = \frac{1,3608 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{0,48176 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 2,8248 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Para etileno de entrada:

$$\rho = \frac{P \cdot P_m}{R \cdot T} = \frac{6,775 \text{ atm} \cdot 0,02805 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot (273 + 70)\text{K}} = 6,756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\frac{F_{19}}{\rho} = F_{v19} = \frac{306,175 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{6,756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 45,318 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Para el etileno de recirculación:

$$\frac{F_{43 \text{ etileno}}}{\rho} = F_{v43 \text{ etileno}} = \frac{134,5313 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{6,756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 19,9126 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Para el homopolímero que ingresa:

$$\rho = 946 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\frac{F_{26}}{\rho} = F_{v26} = \frac{1224,6989 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{946 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1,2946 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Sumando la cantidad de moles totales de propileno se tiene que:

$$n_{\text{prop entrada}} + n_{\text{prop recirc.}} = 67909,4766 \frac{\text{mol}}{\text{hora}} + 29245,2161 \frac{\text{mol}}{\text{hora}} = 97154,6927 \frac{\text{mol}}{\text{hora}}$$

$$F_{A0} = 97154,6927 \frac{\text{mol}}{\text{hora}} = 26,9874 \frac{\text{mol}}{\text{s}}$$

Sumando el caudal volumétrico total que entra al reactor:

$$F_{v23} + F_{v43} + F_{v17} + F_{v26} + F_{v19} = 472,717 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Sabiendo que la concentración es el número de moles por unidad de volumen se tiene que:

$$C_A^0 = \frac{n_{\text{totales}}}{V_{\text{total}}} = \frac{97154,6927 \frac{\text{mol}}{\text{hora}}}{472,717 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}} = 0,205 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Planteando la ecuación de velocidad entonces, se tiene que:

$$r_A = 1,2 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{s}} \cdot e^{\left(\frac{-5 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8,3143 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (273 + 70)\text{K}} \right)} \cdot 0,205 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot (1 - 0,565)$$

$$r_A = 0,002607 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$$

Al utilizar un reactor agitado (según información provista por la misma patente) el cual tiene un régimen continuo, la evaluación del mismo se verá según la ecuación de diseño:

$$F_{A0} \cdot x_A = r_A \cdot V$$

$$V = \frac{F_{A0} \cdot x_A}{r_A} = \frac{26,9874 \frac{\text{mol}}{\text{s}} \cdot 0,565}{0,002607 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}} = 5849 \text{ L}$$

$$V = 5,849 \text{ m}^3$$

Determinación del diámetro y largo:

Si el volumen se determina según:

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L$$

Para reactores con presiones inferiores a 250 PSI (17 kg/cm², aproximadamente) la relación L/D = 3, entonces L = 3D

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot 3D = 5,849 \text{ m}^3$$

Despejando:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4}{3 \cdot \pi} \cdot V}$$

$$D = 1,354 \text{ m} \text{ y } L = 3 \cdot D \rightarrow L = 4,062 \text{ m}$$

En el caso del copolímero 2, se realizará de igual manera a lo visto previamente para el reactor R-PPC1

$$F_{18} = 7357,1409 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$

Si el peso molecular del propileno es de 42,08 gramos por mol:

$$n_{\text{prop entrada}} = \frac{F_{18}}{P_{\text{molar}}} = \frac{7357,1409 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{0,04208 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 174837,192 \frac{\text{mol}}{\text{hora}}$$

Teniendo en cuenta la recirculación de monómero (que influirá sobre la cantidad de moles que ingresen al equipo):

$$n_{\text{prop recirc.}} = \frac{F_{44}}{P_{\text{molar}}} = \frac{3232,68 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{0,04208 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 76822,403 \frac{\text{mol}}{\text{hora}}$$

Se determinará el volumen, sabiendo que la reacción ocurre a 7 kg/cm² y a 70°C:

Planteando la densidad a dichas condiciones para propileno (sabiendo que no se aleja mucho de la idealidad):

$$\rho = \frac{P \cdot P_m}{R \cdot T} = \frac{6,775 \text{ atm} \cdot 0,04208 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot (273 + 70)\text{K}} = 0,01014 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 10,136 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\frac{F_{18}}{\rho} = F_{v18} = \frac{7357,14 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{10,136 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 75,8889 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Se plantea de igual modo para las demás entradas:

$$\frac{F_{44}}{\rho} = F_{v44} = \frac{3232,6867 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{10,136 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 318,951 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Para hidrógeno:

$$\rho = \frac{P \cdot P_m}{R \cdot T} = \frac{6,775 \text{ atm} \cdot 0,002 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot (273 + 70)\text{K}} = 4,8176 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 0,48176 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\frac{F_{24}}{\rho} = F_{v24} = \frac{3,5034 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{0,48176 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 7,2727 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Para etileno de entrada:

$$\rho = \frac{P \cdot P_m}{R \cdot T} = \frac{6,775 \text{ atm} \cdot 0,02805 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot (273 + 70)\text{K}} = 6,756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\frac{F_{20}}{\rho} = F_{v20} = \frac{319,876 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{6,756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 47,346 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Para el etileno de recirculación:

$$\frac{F_{44 \text{ etileno}}}{\rho} = F_{v44 \text{ etileno}} = \frac{140,552 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{6,756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 20,80 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Para el homopolímero que ingresa:

$$\rho = 946 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\frac{F_{27}}{\rho} = F_{v27} = \frac{3153,063 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{946 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 3,333 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Sumando la cantidad de moles totales de propileno se tiene que:

$$n_{\text{prop entrada}} + n_{\text{prop recirc.}} = 174837,192 \frac{\text{mol}}{\text{hora}} + 76822,403 \frac{\text{mol}}{\text{hora}} = 251659,595 \frac{\text{mol}}{\text{hora}}$$

$$F_{A0} = 251659,595 \frac{\text{mol}}{\text{hora}} = 69,9 \frac{\text{mol}}{\text{s}}$$

Sumando el caudal volumétrico total que entra al reactor:

$$F_{v24} + F_{v44} + F_{v18} + F_{v27} + F_{v20} = 1123,596 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Sabiendo que la concentración es el número de moles por unidad de volumen se tiene que:

$$C_A^0 = \frac{n_{\text{totales}}}{V_{\text{total}}} = \frac{251659,595 \frac{\text{mol}}{\text{hora}}}{1123,596 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}} = 0,224 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Planteando la ecuación de velocidad entonces, se tiene que:

$$r_A = 1,2 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{s}} \cdot e^{\left(\frac{-5 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8,3143 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (273 + 70)\text{K}} \right)} \cdot 0,224 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot (1 - 0,565)$$

$$r_A = 0,00284 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$$

Al utilizar un reactor agitado (según información provista por la misma patente) el cual tiene un régimen continuo, la evaluación del mismo se verá según la ecuación de diseño:

$$F_{A0} \cdot x_A = r_A \cdot V$$

$$V = \frac{F_{A0} \cdot X_A}{r_A} = \frac{69,9 \frac{\text{mol}}{\text{s}} \cdot 0,565}{0,00284 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}} = 13902 \text{ L}$$

$$V = 13,9 \text{ m}^3$$

Determinación del diámetro y longitud:

Si el volumen se determina según:

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L$$

Para reactores con presiones inferiores a 250 PSI (17 kg/cm², aproximadamente) la relación L/D = 3, entonces L = 3D

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot 3D = 13,9 \text{ m}^3$$

Despejando:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4}{3 \cdot \pi} \cdot V}$$

$$D = 1,807 \text{ m y } L = 3 \cdot D \rightarrow L = 5,421 \text{ m}$$

Cabe destacar que el volumen del catalizador es despreciable en todos los casos, debido a su poca masa y alta densidad.

7.4.2. EQUIPAMIENTO SELECCIONADO

En cuanto a la selección de equipos propiamente dicha, habiéndolos diseñado previamente se buscará en catálogos, en los cuales se encuentran los siguientes:

Datos técnicos	
Equipo	Reactor
Referencia del proceso	R-1000
Marca	YUANYANG
Modelo	FYS-5000
Cantidad	1
Capacidad	25 m ³
Diámetro	2,197 m
Altura	6,592 m

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel

Material	Acero inoxidable
Área necesaria para su instalación	4 m ²
Potencia de motor	15 HP
Velocidad de agitación	125 rpm
Costo	USD 50 000

Tabla 7-6 Ficha técnica Reactor R-1000

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor

Datos técnicos	
Equipo	Reactor
Referencia del proceso	R-2000
Marca	YUANYANG
Modelo	FYS-3000
Cantidad	1
Capacidad	5 m ³
Diámetro	1,285 m
Altura	3,855 m
Material	Acero inoxidable
Área necesaria para su instalación	2 m ²
Potencia de motor	10 HP
Velocidad de agitación	120 rpm
Costo	USD 30 000

Tabla 7-7 Ficha técnica Reactor R-2000

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor

Datos técnicos	
Equipo	Reactor
Referencia del proceso	R-3000
Marca	YUANYANG
Modelo	FYS-4500
Cantidad	1
Capacidad	13,5 m ³
Diámetro	1,789 m
Altura	5,368 m
Material	Acero inoxidable
Área necesaria para su instalación	3 m ²

Potencia de motor	10 HP
Velocidad de agitación	120 rpm
Costo	U\$D 45000

Tabla 7-8 Ficha técnica Reactor R-3000

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor

Cabe destacar que todos los reactores seleccionados, incluyen los motores, agitadores y encamisados en sus costos.



Figura 7-6 Reactor de polimerización

Fuente: alibaba.com

7.5. APROVECHAMIENTO CALOR DE REACCIÓN

El proceso de polimerización del polipropileno dificulta el uso de serpentines debido a que suele generar incrustaciones en ellos y generar una resistencia importante a la transmisión de calor, con la consiguiente necesidad de limpieza del tanque de manera habitual. Es por ello que se selecciona como dispositivo principal de refrigeración la camisa de enfriamiento para extraer el calor generado por la reacción exotérmica. Asimismo, el uso de camisas no limita ni el tipo de reactor ni el material a procesar. El caudal, la temperatura y la velocidad de transmisión de calor pueden ser controlados adecuadamente.

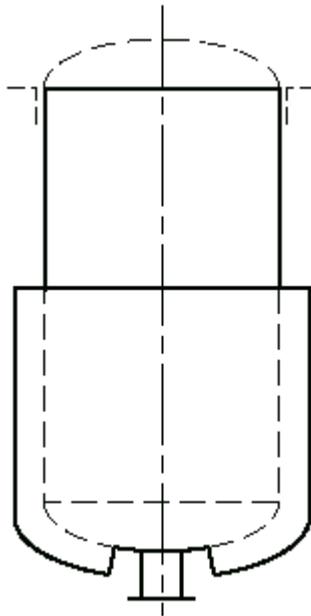


Figura 7-7 Esquema de un tanque envuelto parcialmente por una camisa

Fuente: Diseño de reactores – Universidad de Antioquia

La polimerización del propileno, genera una energía de polimerización de 85,77 J/mol de propileno reaccionado. Es esta energía la que debe evacuarse del reactor mediante el sistema de transmisión de calor.

De acuerdo al balance de energía de los reactores desarrollado en el capítulo 6 “Ingeniería de Proceso”, se estableció que, solo el 80% de la energía de reacción es aprovechada para el precalentamiento del agua de alimentación a la caldera que genera el vapor de agua para su posterior uso en la unidad de desodorizado.

A continuación, se llevan a cabo el cálculo del sistema de refrigeración para cada uno de los reactores.

7.5.1. CÁLCULO CAMISA PPH1

Según el balance de energía, el calor generado en el primer reactor (PPH1) es de 212 201 301,4 kJ/año. Por lo que el calor usado para el calentamiento de agua será:

$$Q = 212201301,4 \frac{\text{kJ}}{\text{año}} * 0,8$$

$$Q = 169761041,1 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}$$

El valor obtenido significa que es el calor que ha de ser evacuado por la camisa; el mismo viene determinado mediante la ecuación:

$$Q = U * A * \Delta T$$

Donde U es el coeficiente global de transmisión de calor entre el reactor y el sistema de refrigeración [$W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$], A, el área de transmisión de calor [m^2], y ΔT , la variación de temperatura entre el reactor y el refrigerante [$^\circ C$].

Por lo que el área de la que se dispone queda limitada a la superficie externa del reactor, sin tener en cuenta el fondo superior ni tampoco la zona del fondo inferior donde se han instalado las conexiones de entradas y salidas de éste. En este caso, la superficie disponible es:

$$A = \pi * D * h$$

$$\text{Si } D = 2,197 \text{ m y } h = 6,592 \text{ m} \rightarrow A = \pi * 2,197 \text{ m} * 6,592 \text{ m} = 45,5 \text{ m}^2$$

En cuanto al área, se establece que del total solo el 50% es usado como superficie de intercambio

$$\text{como } Q = U * A * \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{Q}{A * U}$$

$$169761041,1 \frac{\text{kJ}}{\text{año}} = 15 \frac{\text{W}}{\text{K} \cdot \text{m}^2} \cdot (45,5 \text{ m}^2 * 0,5) * \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{169761041,1 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}}{15 \frac{\text{W}}{\text{K} \cdot \text{m}^2} \cdot (45,5 \text{ m}^2 * 0,5)} = \frac{1,38119 \frac{\text{kcal}}{\text{s}}}{0,003585 \frac{\text{kcal}}{\text{s} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2} \cdot (45,5 \text{ m}^2 * 0,5)}$$

$$\Delta T_{ML} = 16,93 \text{ K}$$

$$\text{Si } \Delta T_{ML} = \frac{(T_{\text{reac.}} - T) - (T_{\text{reac.}} - T_{\text{amb}})}{\ln \frac{(T_{\text{reac.}} - T)}{(T_{\text{reac.}} - T_{\text{amb}})}} = 16,93 \text{ K}$$

$$T = \text{Temp salida del agua} = 339 \text{ K} = 66 \text{ }^\circ\text{C}$$

El valor de U viene dado de saber que se utilizará un fluido intermediario apropiado (agua a 25°C). El mismo se dispondrá en la camisa, la cual cubre la mitad del reactor.

La cantidad de agua de refrigeración requerida es:

$$Q_{\text{total}} = m_{\text{fluido interm.}} \cdot c_p \cdot \Delta T \rightarrow m_{\text{fluido interm.}} = \frac{Q_{\text{total}}}{c_p \cdot \Delta T}$$

$$m_{\text{fluido interm.}} = \frac{1,38119 \frac{\text{kcal}}{\text{s}}}{1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{K}} * 16,93 \text{ K}} \rightarrow m_{\text{fluido interm.}} = 0,0816 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

7.5.2. CÁLCULO CAMISA PPC1

De manera análoga se realizan los cálculos para el segundo reactor (PPC1).

Como el calor de reacción del reactor es 87 878 700 kJ/año, entonces el calor aprovechado es:

$$Q = 87878700 \frac{\text{kJ}}{\text{año}} * 0,8$$

$$Q = 70302960 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}$$

En este caso, la superficie disponible es:

$$\text{Si } D = 1,285 \text{ m y } h = 3,855 \text{ m} \rightarrow A = \pi * 1,285 \text{ m} * 3,855 \text{ m} = 15,56 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = \frac{Q}{A * U}$$

$$\Delta T = \frac{70302960 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}}{15 \frac{\text{W}}{\text{K} \cdot \text{m}^2} \cdot (15,56 \text{ m}^2 * 0,5)} = \frac{0,57199 \frac{\text{kcal}}{\text{s}}}{0,003585 \frac{\text{kcal}}{\text{s} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2} \cdot (15,56 \text{ m}^2 * 0,5)}$$

$$\Delta T_{ML} = 20,5 \text{ K}$$

$$\text{Si } \Delta T_{ML} = \frac{(T_{\text{reac.}} - T) - (T_{\text{reac.}} - T_{\text{amb}})}{\ln \frac{(T_{\text{reac.}} - T)}{(T_{\text{reac.}} - T_{\text{amb}})}} = 20,5 \text{ K}$$

$$T = \text{Temp salida del agua} = 335,9 \text{ K} = 62,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

El valor de U viene dado de saber que se utilizará agua como fluido frio el cual es mismo que se utiliza para la unidad PPH1, el mismo que en el inciso anterior.

La cantidad de agua de enfriamiento es:

$$Q_{\text{total}} = m_{\text{fluido interm.}} \cdot c_p \cdot \Delta T \rightarrow m_{\text{fluido interm.}} = \frac{Q_{\text{total}}}{c_p \cdot \Delta T}$$

$$m_{\text{fluido interm.}} = \frac{0,57199 \frac{\text{kcal}}{\text{s}}}{1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{K}} * 20,5 \text{ K}} \rightarrow m_{\text{fluido interm.}} = 0,0279 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

7.5.3. CÁLCULO CAMISA PPC2

Siguiendo con el diseño de equipos se realizan los cálculos del tercer y último reactor (PPC2).

El calor de reacción del reactor es 194 322 129 kJ/año, entonces el calor aprovechado para el calentamiento de agua será:

$$Q = 194322129 \frac{\text{kJ}}{\text{año}} * 0,8$$

$$Q = 155457703,2 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}$$

Se tienen en cuenta los mismos supuestos que para las camisas de los reactores previos, la superficie externa del reactor al 50%, sin tener en cuenta lo no cubierto por la camisa. Para este supuesto, la superficie disponible es:

$$\text{Si } D = 1,789 \text{ m y } h = 5,368 \text{ m} \rightarrow A = \pi * 1,789 \text{ m} * 5,368 \text{ m} = 30,17 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = \frac{Q}{A * U}$$

$$\Delta T = \frac{155457703,2 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}}{15 \frac{\text{W}}{\text{K} \cdot \text{m}^2} \cdot (30,17 \text{ m}^2 * 0,5)} = \frac{1,2648 \frac{\text{kcal}}{\text{s}}}{0,003585 \frac{\text{kcal}}{\text{s} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2} \cdot (30,17 \text{ m}^2 * 0,5)}$$

$$\Delta T_{\text{ML}} = 23,39 \text{ K}$$

$$\text{Si } \Delta T_{\text{ML}} = \frac{(T_{\text{reac.}} - T) - (T_{\text{reac.}} - T_{\text{amb}})}{\ln \left(\frac{T_{\text{reac.}} - T}{T_{\text{reac.}} - T_{\text{amb}}} \right)} = 23,39 \text{ K}$$

$$T = \text{Temp salida del agua} = 332,9 \text{ K} = 59,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

El valor de U es el mismo que en los anteriores, dado que las sustancias que intercambian el calor son las mismas.

La cantidad de agua de refrigeración necesaria es:

$$Q_{\text{total}} = m_{\text{fluido interm.}} \cdot c_p \cdot \Delta T \rightarrow m_{\text{fluido interm.}} = \frac{Q_{\text{total}}}{c_p \cdot \Delta T}$$

$$m_{\text{fluido interm.}} = \frac{1,2648 \frac{\text{kcal}}{\text{s}}}{1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{K}} * 23,39 \text{ K}} \rightarrow m_{\text{fluido interm.}} = 0,0541 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

De estos cálculos se arroja que la masa total de refrigerante total necesaria es de 0,1635 kg por segundo de producción.

La densidad del agua a utilizar es de 1 000 kg/m³, por lo que se necesitarán

$$\text{Si } \rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{4804005,68 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 4804 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

La corriente de agua que sale de las camisas de los distintos reactores es redireccionada a la caldera para la producción del vapor necesario en las unidades de desodorizado. Con esto se logra un importante ahorro energético.

7.6. RECIRCULACIÓN

A la salida de los reactores existen dos corrientes, una es la de “producto”, propiamente dicho, el cual debe ser enviado a los separadores, y otra que es una recirculación dentro del mismo reactor de los productos sin reaccionar.

Se estima que en la salida del reactor se tiene una recirculación del 5% en peso en relación a la entrada.

Al no necesitar una diferencia de presión para la reinyección en el reactor (suponiendo que la pérdida de carga no debe ser tan grande) se puede seleccionar entre compresores y ventiladores, analizando costos y volúmenes a manejar.

7.6.1. EQUIPAMIENTO SELECCIONADO

Se deberán disponer de tres equipos, uno correspondiente a cada reactor.

Los equipos que se pueden utilizar potencialmente son:

- Compresor de hélices.
- Extractor industrial axial 75 cm.
- Extractor industrial helicoidal 50 cm.

De los mismos, debido a que no se requiere un aumento en la presión de la corriente de gases se puede descartar el compresor, que a su vez poseía costos mayores, tanto en adquisición como en operación y mantenimiento, esto es causado por la complejidad del mismo y la potencia de su motor.

De los extractores (o ventiladores) debemos hacer un análisis del volumen que son capaces de desplazar y el consumo de los mismos. El funcionamiento del equipo seleccionado es muy simple. Se debe encender el extractor durante el funcionamiento del reactor controlando que todos los parámetros funcionen correctamente, en caso de que el caudal extraído por los equipos sea mucho mayor que el 5% estimado se puede programar de manera de cambiar la velocidad de las aspas o que se produzcan detenciones esporádicas.

En el caso del extractor axial de 75 cm:

Datos técnicos	
Equipo	Extractor
Referencia del proceso	REC-1000; REC-2000; REC-3000
Marca	GATTI S.A
Modelo	KRT 750/4 P
Cantidad	3
Extracción por minuto	330 m ³
Material	Chapa

Área necesaria para su instalación	0,5 m ² (Dentro de la cañería)
Potencia de motor	1,5 HP
Disposición	Horizontal y vertical
Costo	U\$D 485

Tabla 7-9 Ficha técnica extractor

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor



Figura 7-8 Extractor

Fuente: Imagen otorgada por el proveedor.

En el caso del extractor helicoidal de 50 cm:

Datos técnicos	
Equipo	Extractor
Referencia del proceso	REC-1000; REC-2000; REC-3000
Marca	ATENAS
Modelo	HM150
Cantidad	3
Extracción por minuto	100 m ³
Material	Chapa, pintado con epoxi
Área necesaria para su instalación	0,25 m ² (Dentro de la cañería)
Potencia de motor	0,5 HP
Disposición	Horizontal y vertical

Costo

U\$D 275

Tabla 7-10 Ficha técnica extractor helicoidal

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor



Figura 7-9 Extractor helicoidal

Fuente: Imagen otorgada por el proveedor.

Dado que ambos exceden el volumen requerido para la recirculación, la diferencia de espacio ocupado, costo y energía consumida se decide utilizar la segunda opción. Cabe destacar que ambas opciones contienen motores antiexplosivos, debido al tipo de fluidos con los que se trabaja.

7.7. SEPARACIÓN/RECUPERACIÓN POLÍMERO-GAS

7.7.1. SEPARACIÓN SÓLIDO-GAS

La separación que debe llevarse a cabo en las corrientes de salidas de los distintos reactores, busca liberar una corriente de polipropileno (sólido) puro, y otra corriente lateral con todos los gases que no reaccionaron o que no forman parte del producto final.

Siguiendo la patente utilizada (proceso Novolen) se tiene que la separación se realiza mediante ciclones. Estos separadores ciclónicos (o centrífugos) presentan diversas ventajas como, por ejemplo, rendimientos muy elevados para partículas gruesas, mantenimiento simplificado (y por tanto económico), poca área requerida, posibilidad de trabajar con humedad y altas temperaturas y economía en su uso.

Su principio de funcionamiento se basa en un flujo de gaseoso (con partículas sólidas) aspirado el cual entra tangencialmente en la parte superior del cuerpo cilíndrico y

continúa en espiral hacia la parte inferior de forma cónica; las partículas sólidas presentes en la corriente, como resultado de la fuerza centrífuga, tienden a asumir una dirección radial, encontrando las paredes internas del ciclón obteniendo de tal manera una relentización de la vena fluida que favorece la separación del aire. En el fondo, el aire se separa del polvo subiendo el ciclón según una espiral más estrecha y el mismo se retira por la parte superior. Las partículas se recogen en la parte inferior, a partir del cual se pueden hacer caer en un recipiente apropiado o se extraen con diferentes y adecuados sistemas.

7.7.2. DISEÑO SEPARADORES

Para la planta se requieren, como se dijo previamente, 3 separadores. El criterio de selección y diseño se basará en ciertas variables como son el flujo a tratar, la pérdida de carga, la eficiencia, y en base al equipo propiamente dicho, según el tamaño de partícula se determinará el diámetro del mismo.

Se evalúan los flujos másicos de salida de los distintos reactores (obtenidos por el balance de masa), y en base a las densidades de los compuestos que se encuentran en los mismos se evalúa el flujo volumétrico que entra al equipo (variable de diseño).

Para el flujo F_{28} se tiene que:

$$F_{28} = 149393,313 \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

$$F_{v28\text{poliprop.}} = \frac{F_{28\text{polip}}}{\rho} = \frac{104091508 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{946 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 110033,306 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$F_{v28\text{Hidróg.}} = \frac{F_{28\text{Hidróg.}}}{\rho} = \frac{21999,6 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{0,48176 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 45665,061 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$F_{v28\text{Prop.}} = \frac{F_{28\text{Prop.}}}{\rho} = \frac{45279805,9 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{10,136 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 4467226,312 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$F_{v28} = 4622924,68 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} = 566,5349 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Para el flujo F_{29} :

$$F_{29} = 49334,6378 \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

$$F_{v29\text{poliprop.}} = \frac{F_{29\text{polip}}}{\rho} = \frac{32978692 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{946 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 34861,196 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$F_{v29Hidrog.} = \frac{F_{29Hidrog.}}{\rho} = \frac{4879,0025 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{0,48176 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 10127,454 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$F_{v29Prop.} = \frac{F_{29Prop.}}{\rho} = \frac{10042011,7 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{10,136 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 990727,279 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$F_{v29Etileno} = \frac{F_{29Etileno}}{\rho} = \frac{6309054,96 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{6,756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 933844,7247 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$F_{v28} = 1969560,654 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} = 241,3677 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Para el flujo F_{30} : 6 591,38

$$F_{30} = 117888,374 \frac{\text{tn}}{\text{año}}$$

$$F_{v30poliprop.} = \frac{F_{30polip}}{\rho} = \frac{84905703,9 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{946 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 89752,3297 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$F_{v30Hidrog.} = \frac{F_{30Hidrog.}}{\rho} = \frac{12561,297 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{0,48176 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 26073,76495 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$F_{v29Prop.} = \frac{F_{29Prop.}}{\rho} = \frac{26378723,4 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{10,136 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 2602478,631 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$F_{v29Etileno} = \frac{F_{29Etileno}}{\rho} = \frac{6591385,17 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{6,756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 975634,276 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$F_{v28} = 3612939,002 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} = 442,7621 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

7.7.3. EQUIPAMIENTO SELECCIONADO

En base a los datos obtenidos se busca en los catálogos de los proveedores los equipos que se adapten a estos requerimientos. A continuación, se presentan las especificaciones de los equipos seleccionados.

Datos técnicos	
Equipo	Separador ciclónico
Referencia del proceso	SEP-1000
Marca	Futai
Modelo	FMC-710
Cantidad	1
Capacidad de procesado	580 m ³ /h
Eficiencia	99,5%
Área necesaria para su instalación	7 m ²
Cantidad de cartucho de filtro	16
Energía	1,2 kW
Costo	U\$D 20 000

Tabla 7-11 Ficha técnica Separador SEP-1000

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor

Para el segundo y tercer flujo:

Datos técnicos	
Equipo	Separador ciclónico
Referencia del proceso	SEP-2000; SEP-3000
Marca	Futai
Modelo	FMC-610
Cantidad	2
Capacidad de procesado	220-440 m ³ /h
Eficiencia	99,5%
Área necesaria para su instalación	5 m ²
Cantidad de cartucho de filtro	8
Energía	1,1 kW
Costo	U\$D 12 000

Tabla 7-12 Ficha técnica Separadores SEP-2000 y SEP-3000

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor

Cabe destacar que los procesos de instalación están contemplados en los costos dados, al igual que el servicio postventa.



Figura 7-10 Separador ciclónico

Fuente: alibaba.com

7.8. EXTRUSIÓN

Las máquinas encargadas de la extrusión son parte fundamental del proceso, estas son las que tienen la tarea de agregar aditivos y conferir propiedades finales al producto a comercializar. En estos elementos se tienen en cuenta las propiedades reológicas de los compuestos a tratar, tales como la viscosidad, punto de fusión, resistencia a la tensión, entre otros.

Para conocer las especificaciones de los equipos, se procederá a conocer los flujos de alimentación requeridos a los mismos y las temperaturas de fusión de los distintos compuestos a utilizar.

En el proceso de extrusión, por lo general, el polímero se alimenta en forma sólida y sale de la extrusora en estado fundido. En algunas ocasiones el polímero se puede alimentar fundido, procedente de un reactor. En este caso la extrusora actúa como una bomba, proporcionando la presión necesaria para hacer pasar al polímero a través de la boquilla.

En otras ocasiones se extruyen los materiales sólidos, como es el caso del procesado de fibras en el que se requieren elevadas orientaciones en el material.

Para el caso más corriente de la extrusión de un polímero inicialmente sólido que funde en el proceso, la extrusora, y en concreto una de husillo único, puede realizar seis funciones principales:

- Transporte del material sólido hacia la zona de fusión

- Fusión o plastificación del material
- Transporte o bombeo y presurización del fundido
- Mezclado
- Desgasificado
- Conformado

Debe tenerse en cuenta que no todas las funciones anteriores tienen lugar necesariamente durante la operación de todas y cada una de las extrusoras. Por ejemplo, el desgasificado o venteo únicamente se produce en las máquinas preparadas para ello. Por otra parte, el conformado no tiene por qué ser definitivo; en muchas ocasiones el producto obtenido adquiere su forma final en un proceso secundario puesto que las extrusoras se emplean con frecuencia para mezclar los componentes de formulaciones que se procesarán posteriormente mediante otras técnicas o bien para obtener preformas que serán procesadas mediante soplado o termoconformado.

De acuerdo con las misiones que debe cumplir, una extrusora debe disponer de un sistema de alimentación del material, un sistema de fusión – plastificación del mismo, el sistema de bombeo y presurización, que habitualmente generará también un efecto de mezclado y finalmente, el dispositivo para dar lugar al conformado del material fundido. La figura 7-11 muestra, como ejemplo, una representación esquemática de una extrusora típica de husillo único.

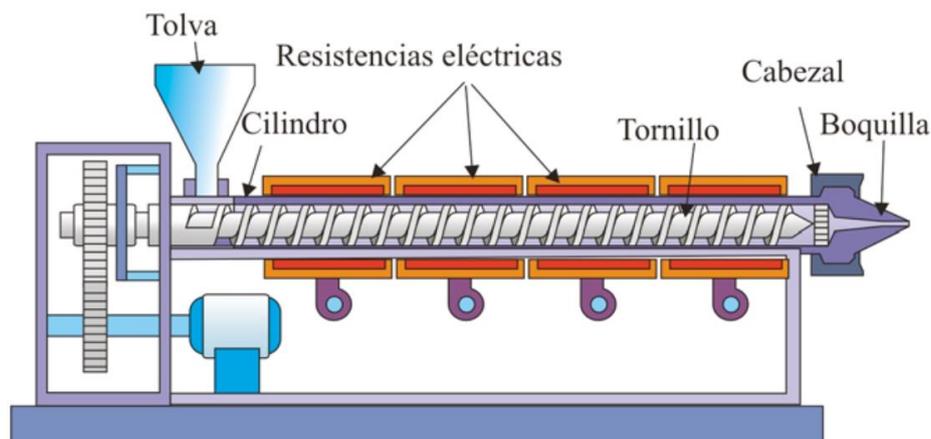


Figura 7-11 Representación Extrusora de Husillo Sencillo

Fuente: Tecnología de Polímeros, M. Beltrán y A. Marcilla

Como puede apreciarse el sistema de alimentación más habitual es una tolva, en la que el material a procesar se alimenta en forma de polvo o granza. El dispositivo de fusión plastificación, bombeo y mezclado está constituido por un tornillo de Arquímedes que gira en el interior de un cilindro calentado, generalmente mediante resistencias eléctricas. En la parte del cilindro más alejada de la tolva de alimentación se acopla un cabezal cuya boquilla de salida tiene el diseño adecuado para que tenga lugar el conformado del producto. La parte esencial de la máquina es el sistema cilindro – tornillo que, como consecuencia del giro, compacta el alimento sólido, da lugar a la fusión del

material y lo transporta hacia la boquilla de conformado, produciendo al mismo tiempo la presurización y el mezclado del material.

Todas las extrusoras se consideran divididas en tres zonas. La zona de alimentación es la más cercana a la tolva, en la cual la profundidad del canal del tornillo es máxima. Tiene como objetivo principal compactar el alimento en una forma sólida densa y transportarlo hacia la siguiente zona a una velocidad adecuada. La zona de transición o compresión es la zona intermedia en la cual la profundidad del canal disminuye de modo más o menos gradual. Conforme el material sólido va compactándose en esta zona el aire que pudiera quedar atrapado escapa del material vía la tolva de alimentación. En la zona de transición, además, tiene lugar la fusión del material. La zona de dosificado se sitúa al final, en la parte más cercana a la boquilla y tiene una profundidad de canal muy pequeña y constante. En esta zona el material fundido es homogeneizado y presurizado para forzarlo a atravesar a presión la boquilla de conformado.

Hay que tener presente que esta asignación de funciones a cada una de las zonas de la extrusora no es estricta; por ejemplo, el transporte, presurización y homogeneización se producen a lo largo de toda la extrusora. Las extrusoras actuales pueden operar entre 10 y 500 rpm y según su tamaño, pueden proporcionar caudales de 2 000 kg/h de material.

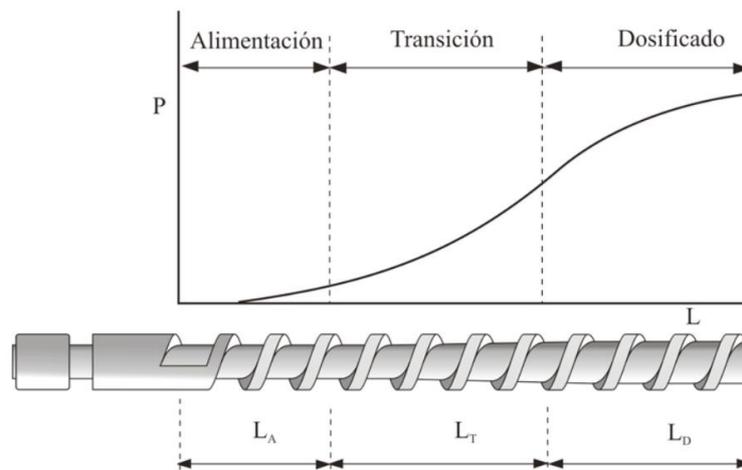


Figura 7-12 Zonas de una Extrusora y Evolución de la Presión

Fuente: Tecnología de Polímeros, M. Beltrán y A. Marcilla

Existen otros tipos de extrusoras como son las extrusoras multitornillo que, como su nombre indica, poseen más de un tornillo. Entre éstas, las más importantes son las de dos tornillos, dentro de las cuales existe gran variedad dependiendo de si los tornillos tienen giro contrario (lo más corriente ya que generan mayor fuerza de cizalla) o paralelo, y del grado de interpenetración entre los mismos. En la figura 7-13 se muestran algunas variantes posibles. Las extrusoras de dos tornillos presentan posibilidades que a menudo superan en gran medida a las de un solo tornillo. Entre las ventajas que presentan se incluye una buena capacidad de mezclado y desgasificación, y un buen control del tiempo de residencia y de su distribución. Algunas desventajas de estas

extrusoras son su precio, superior al de las de tornillo único y el hecho de que sus prestaciones son difíciles de predecir.

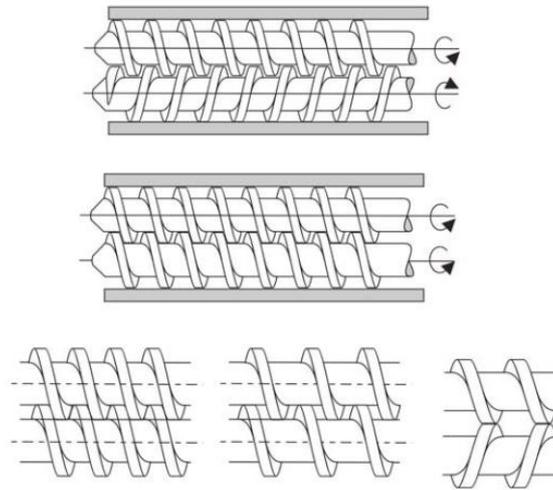


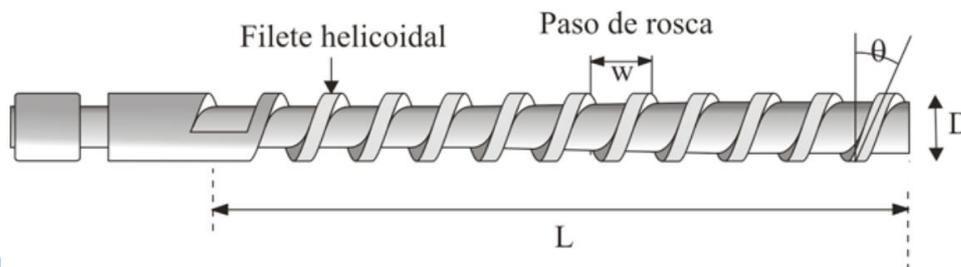
Figura 7-13 Disposición de husillos en extrusoras de doble husillo; giro contrario y giro en paralelo; diferentes grados de interpenetración de los tornillos

Fuente: Tecnología de Polímeros, M. Beltrán y A. Marcilla

7.8.1. COMPONENTES DE LA EXTRUSORA

7.8.1.1. TORILLO DE EXTRUSIÓN

El tornillo o husillo consiste en un cilindro largo rodeado por un filete helicoidal (figura 7-14). El tornillo es una de las partes más importantes ya que contribuye a realizar las funciones de transportar, calentar, fundir y mezclar el material. La estabilidad del proceso y la calidad del producto que se obtiene dependen en gran medida del diseño del tornillo. Los parámetros más importantes en el diseño del tornillo son su longitud (L), diámetro (D), el ángulo del filete (θ) y el paso de rosca (w).



7.8.1...

Figura 7-14 Tornillo de una extrusora

Fuente: Tecnología de Polímeros, M. Beltrán y A. Marcilla

CILINDRO

El cilindro de calefacción alberga en su interior al tornillo. La superficie del cilindro debe ser muy rugosa para aumentar las fuerzas de cizalla que soportará el material y permitir

así que éste fluya a lo largo de la extrusora. Para evitar la corrosión y el desgaste mecánico, el cilindro suele construirse de aceros muy resistentes y en algunos casos viene equipado con un revestimiento bimetálico que le confiere una elevada resistencia, en la mayoría de los casos superior a la del tornillo, ya que éste es mucho más fácil de reemplazar.

7.8.2. EQUIPAMIENTO SELECCIONADO

En base a lo expuesto previamente, se seleccionará el siguiente equipo:

Datos técnicos	
Equipo	Extrusoras
Referencia del proceso	E-1000; E-2000; E-3000; E.4000
Marca	Meizlon Co.
Modelo	MT-135
Cantidad	4
Capacidad de procesado	7 000 kg/h
Disposición	Doble tornillo
Material apto para procesado	PP, PE, PS, PA, PET, PC, PBT, etc. (con sus respectivos masterbatch).
Área ocupada	9 m ²
Consumo	400 kW
Costo	U\$D 750 000

Figura 7-15 Ficha técnica extrusoras

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor



Figura 7-16 Extrusora

Fuente: alibaba.com

7.9. UNIDAD DE DESODORIZADO

En esta etapa es importante asegurar el íntimo contacto entre los pellets de polipropileno y el vapor para retirar las pequeñas cantidades de sustancias que puedan generar olores en el producto final.

El equipo seleccionado es un elevador de cangilones, al cual se le hace ingresar por la parte inferior una corriente de vapor de manera que el contacto se produzca a co-corriente.

Son transportadores provistos de cangilones montados sobre una cadena o banda, cerrada en forma de anillo, que se apoyan sobre ruedas o tambores motrices.

Estos transportadores permiten elevar verticalmente sólidos pulverulentos o troceados en dimensiones no demasiado grandes y presentan ventajas con respecto a otros transportadores para la elevación de sólidos en vertical. Estas ventajas pueden concretarse en:

- Baja potencia absorbida.
- Son de construcción simple.
- Bajo precio.

7.9.1. ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE UN ELEVADOR DE CANGILONES

En la figura 7-17, se muestran los principales componentes de un elevador de cangilones que posteriormente son descriptos.

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel

Este equipo debe sufrir dos adaptaciones con respecto a un elevador de cangilones estándar. La primera es que los cangilones están hechos con perforaciones de 1 mm para permitir el ingreso de vapor. La segunda modificación es la previsión de una entrada de vapor en la parte inferior.

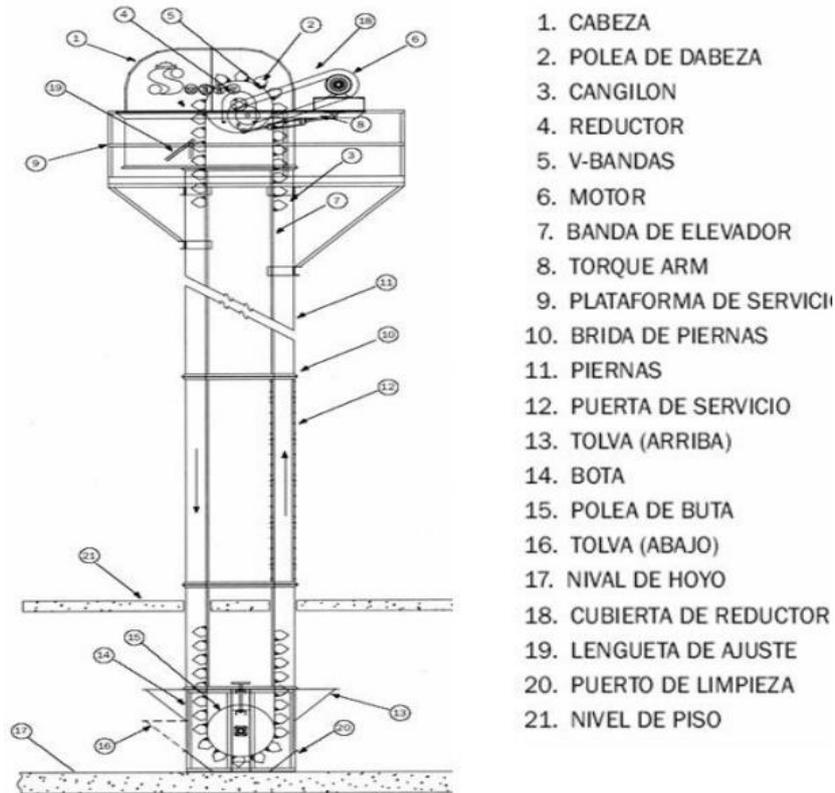


Figura 7-17 Diagrama elevador de cangilones

7.9.1.1. Fuente: Diseño de un elevador de cangilones – FIMCP Universidad del Litoral

CANGILONES

Son los elementos que, en su movimiento, transportan el producto; se construyen en diferentes materiales, normalmente en chapa de acero al carbono, pero por condiciones de proceso se pueden construir en otros materiales antiadherentes, anticorrosivos, sanitarios, etcétera. También con el fin de aligerar peso en grandes elevadores se utilizan materiales como el aluminio.

La forma de los cangilones se adapta a normas existentes, siendo usual en Europa los tipos según normas DIN. Así, para elevadores de proyección trabajando a velocidad entre 1 y 1,5 m/seg, los cangilones se construyen de acuerdo con la norma DIN 15 234.

En los elevadores de gravedad, trabajando con velocidades normales de 0,5 a 0,8 m/seg, la forma del cangilón se ajusta a la norma DIN 15 235. Las normas DIN 15 231 a 15 235 recogen la configuración y dimensiones de diferentes tipos de cangilones conformados de chapa, en tanto que las normas DIN 15 241 a 15 245 se refieren a cangilones realizados en fundición.

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel

Para este caso, los cangilones están contruidos en chapa de acero de unos 2 mm de espesor.

CADENAS Y BANDAS

Los cangilones de estos transportadores van montados sobre cadenas o bandas cerradas en anillos, apoyadas sobre ruedas en el caso de las cadenas, o tambores en el caso de las bandas.

7.9.1.2.

Las cadenas, generalmente, son calibradas de acuerdo a la norma DIN 745- contruidas en acero al carbono y van cementadas con una profundidad del 10% del diámetro. Para productos específicos se utilizan materiales especiales que no sean atacados por dicho producto.

Las bandas, como las utilizadas en cintas transportadoras, están formadas por una armadura constituida por un cierto número de telas metálicas, algodón o poliéster y un recubrimiento de caucho o productos especiales, según el producto a transportar. La armadura se calcula para una tensión máxima de 3 a 5 kg por cm de tela. El número de telas varía, por tanto, en función de la anchura de la banda y tipo de material, siendo normalmente de 4 a 6 para bandas de 300 a 500 mm de ancho (según sean materiales ligeros o pesados y abrasivos) y de 6 a 8 para bandas de 500 a 800 mm. Debe evitarse utilizar telas de nylon, por su elasticidad.

Las más apropiadas para este caso al estar en contacto con vapor son las cadenas de acero al carbono.

7.9.1.3.

CABEZAL MOTRIZ Y ESTACIÓN TENSORA

El cabezal motriz incluye los elementos necesarios para el accionamiento del transportador, siendo éstos el grupo motorreductor, el eje motriz y las ruedas dentadas para cadenas o tambores para las bandas. La carcasa del cabezal motriz está dividida en dos partes: la inferior, que incluye los cojinetes del eje motriz y que soporta los esfuerzos debido al peso de cadenas, cangilones, ruedas y producto que se está elevando, por lo que esta parte debe estar bien dimensionada. La parte superior sólo tiene la misión de protección y, por tanto, es más ligera. En esta parte de la carcasa se disponen puertas de inspección y ciertas conexiones exigidas por el proceso, por ejemplo, conexiones para equipos de captación de polvos.

En los transportadores de banda, los tambores superior e inferior se dimensionan normalmente con un diámetro en milímetros que resulta, al igual que lo indicado en cintas transportadoras, de multiplicar por 150 el número de telas de la armadura de la banda.

En los elevadores pequeños el grupo motorreductor se apoya en una pequeña plataforma que forma parte de la propia carcasa, pero en los elevadores de alta potencia, con grupos motriz pesado, éste se apoya en el suelo o en plataformas adecuadamente proyectadas.

En elevadores a intemperie es necesario disponer una plataforma de servicio del grupo motriz, así como un equipo de elevación, polipasto o similar, que permita la extracción de toda la cadena con sus cangilones.

Las estaciones de tensado suelen ser de los mismos tipos que las indicadas en cintas transportadoras: de husillo y de contrapeso; El primer tipo se utiliza para elevadores pequeños y requieren un frecuente mantenimiento, siendo el de contrapeso el sistema tensor más apropiado en la mayor parte de las ocasiones.

CARCASA O CAJA

Es el elemento envolvente de las partes internas, pudiendo ser autoportante o no, por lo que en el primer caso actúa como elemento resistente. La carcasa puede ser simple, conteniendo en su interior la parte ascendente y descendente, o doble, una para la parte ascendente y otra para la descendente. Las carcasas dobles son más resistentes, pero deben estar unidas entre sí en determinados tramos. En las uniones de los diferentes tramos de la carcasa deben disponerse juntas de material adecuado.

En este caso se trabaja con una carcasa simple, construida con chapa de acero al carbono para resistir las temperaturas del vapor.

ELEMENTOS DE SEGURIDAD

7.9.1.5.

Un elevador de cangilones debe incluir ciertos elementos de seguridad de funcionamiento. El más importante de éstos es el dispositivo antirretroceso o freno electromagnético que impida que los cangilones retrocedan por fallo de corriente o rotura del equipo motriz. Otros elementos que normalmente se disponen son niveles en el fondo de la caja para detectar si la misma se llena de producto, en el caso de utilizar bandas se dispone de elementos de parada, en el caso de que la banda tienda a salirse del tambor.

En elevadores altos se suelen disponer guías para las cadenas a fin de impedir el roce de unas con otras, o contra la carcasa, en el caso de estar destensadas.

ALIMENTADOR

La carga de un elevador de cangilones debe realizarse, para lograr un buen funcionamiento, de una manera continua y con un caudal constante de producto. Para conseguir esto es necesario disponer de un alimentador regulador del caudal del producto, alimentado que puede ser de diferente tipo, de acuerdo con el sistema de implantación: válvula rotativa, alimentador vibrante, de tornillo sin fin, cinta, etc. Aunque estos equipos son absolutamente independientes del elevador en sí, se han citado aquí para recalcar la importancia de alimentar adecuadamente a un elevador de cangilones.

7.9.2. TIPOS DE ELEVADORES DE CANGILONES

Dependiendo el tipo de material con el cual se va a trabajar existen diferentes tipos de elevadores diferenciando principalmente el sistema de descarga del material al llegar al punto superior.

Entre los más utilizados se destacan los de descarga centrífuga, de descarga continua, de descarga centrífuga de alta velocidad, de descarga continua con súper capacidad y de servicio pesado.

Para el polipropileno, por tratarse de un material de baja granulometría (pellets con un diámetro promedio de 2,5 mm), de muy baja abrasividad y no apelmazable el equipo más indicado es el de descarga centrífuga.

7.9.3. EQUIPOS SELECCIONADOS

Para la selección se emplearon los catálogos provistos por la marca Martin, y se determinaron las condiciones de operación para cada caso.

Se plantea la selección de un equipo para cada una de las líneas de productos. Sin embargo, en caso de necesidad los equipos pueden utilizarse indistintamente para cualquiera de los productos.

Como punto de entrada en este catálogo debe definirse la capacidad horaria que se debe procesar.

Para el homopolímero:

$$\frac{tn}{h} = 70000 \frac{tn}{año} \frac{1 \text{ año}}{340 \text{ días}} \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} = 8,58 \frac{tn}{h}$$

Para el copolímero en bloque:

$$\frac{tn}{h} = 90000 \frac{tn}{año} \frac{1 \text{ año}}{340 \text{ días}} \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} = 11,03 \frac{tn}{h}$$

Para el copolímero aleatorio:

$$\frac{tn}{h} = 40000 \frac{tn}{año} \frac{1 \text{ año}}{340 \text{ días}} \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} = 4,90 \frac{tn}{h}$$

Ancho de Banda		Capacidad	Capacidad	Cangilones		Velocidad
Pulg	mm	m3/hora	Ton / hora	Tamaño	Separación	Banda
				mm x mm	mm	m / s
5"	127	3,03	3	102 x 76	203	0,81
7"	178	9,51	9	152 x 102	330	1,37
7"	178	8,33	7	152 x 102	330	1,20
9"	229	15,80	14	203 x 127	406	1,20
9"	229	18,07	16	203 x 127	406	1,37
11"	279	27,07	24	254 x 152	406	1,20
11"	279	30,98	28	254 x 152	406	1,37

24"	610	139,83	126	305 x 178	406	1,96
13"	330	43,61	39	305 x 178	457	1,37
13"	330	50,72	46	305 x 178	457	1,60
15"	381	52,78	48	356 x 178	457	1,37
15"	381	61,39	55	356 x 178	457	1,60
18"	457	68,22	61	406 x 203	457	1,20
18"	457	90,73	82	406 x 203	457	1,60

Tamaño Max. Material		Dimen.	Cabezote superior		Cabezote inferior	
100%	10%	Cuerpo	Ø Tambor	r,p,m.	Ø Tambor	Eje
mm	mm	mm x mm	mm	r.p.m.	mm	mm
6	25	203 x 457	203	76	203	37
13	64	298 x 991	610	43	406	38
13	64	298 x 889	508	45	406	38
19	76	349 x 991	508	45	356	51
19	76	349 x 1067	610	43	406	51
25	89	400 x 1067	508	45	406	51
25	89	400 x 1219	610	43	508	51
32	102	1792 x 1626	1067	35	762	62
32	102	451 x 1219	610	43	508	62
32	102	451 x 1372	762	40	610	62
32	102	502 x 1219	610	43	508	62
32	102	502 x 1372	762	45	610	62
38	114	578 x 1219	508	45	457	62
38	114	578 x 1372	762	40	610	62

Tabla 7-13 Catálogo MARTIN para selección de elevadores de cangilones

Fuente: MARTIN SA

Para una estimación rápida aproximada del motor a instalar, algunos constructores dan diversas fórmulas simples, englobando rendimientos. Una de estas fórmulas que se encuentran en catálogos es:

$$W = \frac{Q H}{125}$$

donde:

- W = potencia del motor en CV
- Q = tn/h a elevar
- H = distancia entre ejes de tambores, en metros.

La distancia entre ejes se estima para todos los casos de 4 m, para proporcionar un tiempo de contacto suficiente entre vapor y polímero.

La ecuación anterior se transforma para obtener el resultado en kW quedando de la siguiente forma:

$$W \text{ (kW)} = \frac{Q H}{167,6}$$

Para el homopolímero:

$$W \text{ (kW)} = \frac{Q H}{167,6} = \frac{8,58 \frac{\text{tn}}{\text{h}} 4 \text{ m}}{167,6} = \mathbf{0,21 \text{ kW}}$$

Para el copolímero en bloque:

$$W \text{ (kW)} = \frac{Q H}{167,6} = \frac{11,03 \frac{\text{tn}}{\text{h}} 4 \text{ m}}{167,6} = \mathbf{0,26 \text{ kW}}$$

Para el copolímero aleatorio:

$$W \text{ (kW)} = \frac{Q H}{167,6} = \frac{4,90 \frac{\text{tn}}{\text{h}} 4 \text{ m}}{167,6} = \mathbf{0,12 \text{ kW}}$$

Datos técnicos	
Equipo	Unidad de desodorizado
Referencia del proceso	UD-1000
Marca	MARTIN
Modelo	S-100-142
Cantidad	1
Ancho de banda	9"
Capacidad máxima	14 tn/h
Velocidad	1,2 m/s
Área de superficie	0,5 m ²
Potencia total	0,21 kW
Costo	U\$D 10 300

Tabla 7-14 Ficha técnica Unidad de desodorizado UD-1000

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor

Datos técnicos	
Equipo	Unidad de desodorizado
Referencia del proceso	UD-2000
Marca	MARTIN
Modelo	S-100-1232
Cantidad	1
Ancho de banda	9"
Capacidad máxima	14 tn/h
Velocidad	1,2 m/s
Área de superficie	0,5 m ²
Potencia total	0,26 kW
Costo	U\$D 11 540

Tabla 7-15 Ficha técnica Unidad de desodorizado UD-2000

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor

Datos técnicos	
Equipo	Unidad de desodorizado
Referencia del proceso	UD-3000
Marca	MARTIN
Modelo	S-100-223
Cantidad	1
Ancho de banda	7"
Capacidad máxima	7 tn/h
Velocidad	1,2 m/s
Área de superficie	0,35 m ²
Potencia total	0,12 kW
Costo	U\$D 7 700

Tabla 7-16 Ficha técnica Unidad de desodorizado UD-3000

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor



Figura 7-18 Elevador de cangilones

Fuente: MARTIN SA

7.10. ENVASADO Y PELETIZADO

Como anteriormente se ha planteado, existen dos tipos de presentaciones las bolsas de polietileno de 25 kg y big bags de 1 250 kg. En ambos casos se utilizan envasadoras automáticas y serán paletizados en maderas.

En el caso del envasado en big bags el paletizado se hace junto con el envasado debido a que entra un envase por palet y automáticamente se le coloca el stretch correspondiente.

En cambio, en el caso de las bolsas de 25 kg debe seleccionarse un equipo adicional que realice el proceso de paletizado que también se produce de manera automática.

Se dispondrá de 3 series de equipo de igual capacidad, dejando previstas las conexiones necesarias para poder utilizar los distintos equipos para el envasado de cualquiera de los tres productos elaborados por la empresa.

7.10.1. ENVASADO EN BOLSAS DE 25 KG

El funcionamiento del equipo seleccionado es muy simple. El operador del equipo debe ingresar por el teclado de la máquina el valor de carga rápida y peso final de la bolsa. Estos datos permanecerán cargados en memoria y serán los que definan el tamaño de las bolsas que se van a realizar. En este caso se programa inicialmente el equipo para el llenado de las bolsas de PEBD de un peso neto de 25 kg.

Una vez cargados estos datos, se coloca la bolsa en la boquilla de la máquina y se emite una señal de arranque de operación. La máquina arrancará y cargará rápidamente la

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel

bolsa hasta el valor de peso ingresado en carga rápida, y luego hará un ajuste de precisión hasta el peso final.

Alcanzado el peso final, la máquina muestra el mismo en tiempo real y termina el ciclo de carga.

Luego de cumplido el ciclo de carga, se libera la bolsa de manera automática. Este proceso podría realizarse en forma manual si se seleccionase otro tipo de boquilla.

Una vez liberada la bolsa, queda la máquina lista para que se coloque otra y comience un nuevo ciclo.

En el caso de la embolsadora serie EP5B-A, su alimentación es por gravedad a través de una compuerta neumática de doble corte, y permite su uso en productos de libre fluidez natural. Dependiendo del producto esta máquina alcanza producciones de hasta 8 bolsas/minuto.

Datos técnicos	
Equipo	Envasadora
Referencia del proceso	ENV-1000; ENV-2000; ENV-3000
Marca	PARKE
Modelo	EP5B A
Cantidad	3
Carga máxima	40 kg
Precisión	± 15 g
Área necesaria para su instalación	1 m ²
Material tolva alimentación	Acero inoxidable AISI 304
Costo	USD 9 200

Tabla 7-17 Ficha técnica envasadora bolsas 25 kg

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor



Figura 7-19 Envasadora

Fuente: parkesrl.com.ar

7.10.2. PALETIZACIÓN

Las bolsas que salen del equipo de envasado se transportan mediante cintas a la zona de paletizado.

En este sector se dispone de un robot de paletización que, mediante pinzas de ventosas, toma las bolsas y las ordena en los palets de madera.

La paletización automática mediante robot permite altas producciones y posibilidad de paletizar hasta 2 destinos simultáneamente. Montado sobre bancada ajustable. Incluye vallados y seguridad de accesos. Células compactas cuyo espacio de ocupación es mínimo.

Este equipo utiliza un software que le da una alta versatilidad y creación de distintos mosaicos en caso de ser necesario.

La ventaja de utilizar este tipo de equipamientos es que genera una importante reducción en la cantidad de operarios necesarios para el proceso. Además, es un equipo que demanda poco mantenimiento y es de muy fácil limpieza.

Las ventosas toman 2 bolsas simultáneamente y son activadas en forma neumática. La misma pinza también es la que coloca el palet vacío en la zona de paletizado.

Una vez completado el palet con un autoelevador es llevado a la zona de almacenamiento de producto final.

Datos técnicos	
Equipo	Paletizadora
Referencia del proceso	ENV-1000; ENV-2000; ENV-3000
Marca	ARCOMET
Modelo	AM112
Cantidad	3
Carga máxima	120 kg
Área necesaria para su instalación	2 m ²
Alcance	1,2 m
Potencia	3,67 kW
Costo	U\$D 13 250

Tabla 7-18 Ficha técnica robot paletizador

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor

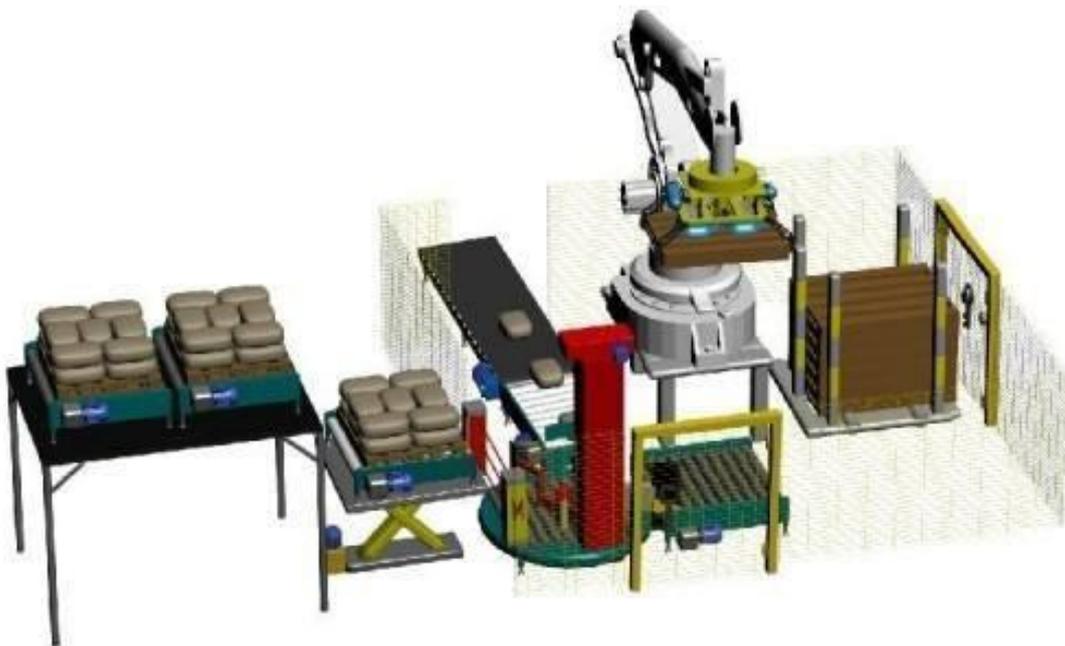


Figura 7-20 Paletizadora

Fuente: Arcomet SA

7.10.3. ENVASADO EN BIG BAGS DE 1 250 KG

El equipo seleccionado consiste en un sistema preparado para recibir la mercadería a embolsar a través de una brida superior de carga con encausador, y una estructura para disponer convenientemente bolsones vacíos con instalación manual de los mismos.

El big bag queda colgado de la estructura de la balanza por medio de cuatro ganchos regulables, y apoyado sobre la base, que es vibratoria para el asentamiento de

mercaderías poco compactas y puede seleccionarse por tiempo la duración de la vibración, como así también puede ajustarse en altura por medio de cadenas dispuestas para tal fin.

Una vez posicionado el bolsón, se le da marcha al sistema de carga que es de comando y pesaje electrónico con actuaciones neumáticas, que se ocupa de realizar el llenado del bolsón pesando el mismo a la vez que se está llenando y realiza el cierre de la compuerta de carga comparando con un valor predeterminado ingresado por teclado.

El equipo incluye una cinta transportadora con capacidad de hasta tres palets. Al final de esta cinta los palets se retiran y llevan a la zona de almacenamiento.

Datos técnicos	
Equipo	Envasador big bag
Referencia del proceso	ENV-1000; ENV-2000; ENV-3000
Marca	PARKE
Modelo	EP5B-BB
Cantidad	3
Carga máxima	2 000 kg
Precisión	± 200 G
Área necesaria para su instalación	1,5 m ²
Material tolva	Acero inoxidable AISI 304
Potencia	4 kW
Costo	U\$D 26 500

Tabla 7-19 Ficha técnica envasadora big bags

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor



Figura 7-21 Envasadora big bags

Fuente: parkesrl.com.ar

7.11. EQUIPOS AUXILIARES

7.11.1. TRANSPORTE NEUMÁTICO

El transporte neumático se basa en el movimiento de sólidos en una corriente de aire a una velocidad determinada y en una dirección predeterminada.

El volumen y presión de aire necesarios se calculan en cada caso, en función de la distancia a recorrer y de la naturaleza del producto a transportar.

Una instalación de transporte neumático consta, en líneas generales, de los siguientes elementos:

- Ventilador centrífugo
- Sistema de carga (tolva, válvula dosificadora, boquilla Venturi, etc.)
- Ciclón y sistema de descarga
- Filtro de mangas
- Red de tuberías de diámetro adecuado.

El transporte neumático será utilizado para el transporte de los productos intermedios y finales que se encuentren en estado sólido.

Se elige para emplear en este proyecto un sistema automático para transporte de:

- 1) Polvo de PP
- 2) Principales sistemas de pesaje de aditivos

- 3) Mezcla
- 4) Sistema de almacenaje y transporte de mezcla seca.
- 5) Sistema de alimentación a las líneas de extrusión.
- 6) Transporte de pellets de PP

Datos técnicos	
Equipo	Sistema de transporte neumático
Referencia del proceso	-
Marca	XINBANGCHENG
Modelo	XNG-2190
Cantidad	1
Altura máxima	3 m
Área total	30 m ²
Potencia total	22 kW
Material	Acero inoxidable AISI 304
Costo	U\$D 150 000

Tabla 7-20 Ficha técnica Sistema de transporte neumático

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor

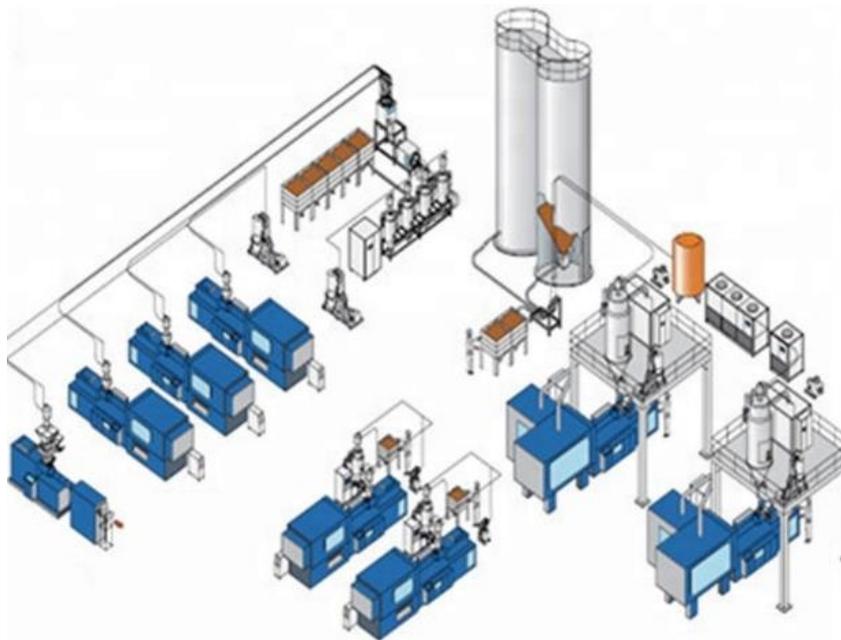


Figura 7-22 Sistema de transporte neumático

Fuente: alibaba.com

7.11.2. CALDERA

En la planta se demanda vapor para utilizar en las unidades de desodorizado y también se emplea como medio de calefacción. Parte de la alimentación a la caldera se precalienta aprovechando la exotermicidad de las reacciones de polimerización.

Para generar el caudal de vapor necesario se emplea una caldera humotubular de tres pasos efectivos de gases, fondo húmedo, elevados coeficientes de transmisión del calor y alto rendimiento térmico.

La circulación se inicia desde el quemador, siendo el horno el primer paso efectivo de gases, al llegar al final de este se direcciona por el primer haz de tubos, siendo este el segundo paso efectivo de gases, estos se direccionan hacia adelante y chocan con la puerta delantera de la caldera, dirigiéndose por el segundo haz de tubos o tercer paso efectivo de gases hasta salir evacuados por la chimenea a la atmósfera.

- La accesibilidad a los tubos facilita el mantenimiento y abarata costos.
- La sección exterior de la cámara de transferencia es enfriada con agua y está equipada con una completa puerta de acceso, aislada por un compuesto muy resistente.
- La inversión de la cámara de gases de combustión, que se encuentra co-axial con el hogar, asegura la óptima distribución de las dilataciones mecánicas que contribuye a la larga vida útil del cuerpo a presión
- Baja pérdida calorífica por radiación, gracias al aislamiento de buen espesor y alta densidad, así como al aislamiento de la puerta delantera y de la puerta trasera.

Estas modernas unidades, se entregan montadas sobre una base de perfiles, donde también se ubican los equipos accesorios: electrobombas de agua, estación de comandos, precalentadores de petróleo, etc.

De esta manera, la instalación del generador se realiza en forma breve y sencilla, colocándolo sobre una loza de hormigón simple, realizando las conexiones de vapor, agua, gas natural, gas envasado (GLP), gasoil o petróleo y fuerza motriz.

Datos técnicos	
Equipo	Caldera
Referencia del proceso	-
Marca	EPCB oil gas steam boiler
Modelo	WNS25
Cantidad	1
Capacidad máxima	25 000 kg/h
Altura	2,5 m
Ancho	3 m
Largo	6 m

Presión de trabajo	6 kg/cm ²
Consumo gas natural	1 600 Nm ³ /h
Costo	U\$D 150 000

Tabla 7-21 Ficha técnica Caldera

Fuente: Elaboración propia en base a datos del proveedor



Figura 7-23 Caldera

Fuente: alibaba.com

7.11.3. AUTOELEVADORES

Para la movilización de producto final y de los insumos sólidos se utilizan equipos montacargas que transportan los palets.

El autoelevador es un vehículo que tienen un contrapeso en la parte trasera, que a través de unas horquillas (o uñas) puede bajar, subir y trasladar todo tipo de cargas, generalmente ubicadas sobre palets de madera.

Los autoelevadores varían en diseño y tamaño. Los más comunes se accionan por quien los conduce y tienen un contrapeso de hierro fundido en la parte de atrás de la carretilla que eleva la carga para que se contrarreste el peso de lo que se está cargando.

Su funcionamiento está basado en un dispositivo que trabaja con energía hidráulica que está unido en la parte delantera del vehículo y es usado para levantar y transportar peso. La esencia del funcionamiento hidráulico es que al accionar una palanca ciertas

válvulas se abren o cierran dejando pasar o no aceite por el sistema, esto hace que el dispositivo elevador suba o baje.

El funcionamiento del autoelevador recae en la operación de ciertas palancas (al igual que el funcionamiento de las retroexcavadoras) que harán mover la horquilla o incluso la rejilla de apoyo de la carga, permitiéndonos encontrar el punto perfecto para que podamos tomar la carga con seguridad y la podamos trasladar. Bombas hidráulicas y movimiento por cadenas harán el trabajo de fuerza, el contrapeso (en la parte posterior) se encargará del correcto balance y finalmente nosotros nos encargaremos del accionamiento para lograr mover todo sin problemas.

La cantidad de equipos de este tipo se determinan en base a la cantidad de material que debe transportarse y la capacidad propia de cada equipo. En base a esto se determinó que se necesitan 6 autoelevadores.

Para la selección del modelo de equipo es influida por la capacidad de carga de los mismos y la altura de montaje que se necesita. En este proyecto la máxima carga serán los palets de producto final que tienen un peso total de 1 350 kg. En cuanto a la altura de montaje, se prevé una estiva máxima de dos palets por lo que el alcance necesario es inferior a los 2 m.

Datos técnicos	
Equipo	Autoelevador
Referencia del proceso	-
Marca	Hengwang
Modelo	HW-3T
Cantidad	6
Capacidad máxima	2 500 kg
Alcance máximo	3,6 m
Combustible	Gas oil
Potencia total	38 kW
Costo	U\$D 8 000

Tabla 7-22 Ficha técnica Autoelevadores

Fuente: elaboración propia en base a datos del proveedor



Figura 7-24 Autoelevador

Fuente: alibaba.com

7.11.4. TUBERÍAS

Para el transporte de materias primas, productos intermedios y productos finales se utilizan tuberías de distintos diámetros y materiales.

En este proyecto se abarca un estudio de prefactibilidad, por lo cual no es necesario ni posible determinar las cantidades exactas de cada tipo de tuberías necesarias.

Por esto, se toma para la estimación de costos valores utilizados por empresas similares.

Con respecto al material de las tuberías se elige que para las dos alternativas planteadas se utilizará un 50 % de tuberías de acero inoxidable y un 50% de tuberías de acero al carbono.

Otro factor importante a definir es el diámetro de las tuberías a emplear. Este es un dato que varía mucho dependiendo los distintos puntos que deban unirse. Por lo tanto, para el cálculo se usa como base un diámetro de tubería de 4 pulgadas.

TUBERÍAS DE ACERO INOXIDABLE

Los tubos de acero inoxidable contienen aleaciones a base de hierro, que generalmente incluyen como mínimo un 11,5% de cromo. Se añaden otros elementos, tales como el níquel, para permitir que el tubo tenga ciertas propiedades, tales como una alta resistencia a la corrosión y la oxidación, incluso en altas temperaturas. La resistencia a la oxidación y a la corrosión aumenta con el aumento de la cantidad de cromo. Las paredes del tubo son más delgadas que otras tuberías debido a la capacidad de la

tubería para evitar la corrosión. También se sueldan entre sí cuando dos tuberías se conectan juntas, así que no es necesaria una rosca, lo que permite menos fugas y sellos más resistentes.

El acero inoxidable tipo 304 es el más utilizado para la resistencia a la corrosión general. Se clasifica por tener un contenido máximo de carbono del 0,08 por ciento. Se utiliza en las plantas químicas, fábricas de papel, industrias de procesamiento de alimentos y refinerías. El tipo 304 no debe utilizarse a temperaturas de entre 430 y 900 °C, ya que puede causar la precipitación de carburos que puede causar la corrosión intergranular, haciendo que el tubo se deteriore más rápidamente. Si bien la tubería de acero inoxidable es resistente a muchos tipos de corrosión, no es impermeable a ellos.

El costo de instalación, considerando costos de materiales, mano de obra y accesorios es de 28,44 U\$/m.

TUBERÍAS DE ACERO AL CARBONO

El acero al carbón cuenta con múltiples propiedades: alta resistencia, maleabilidad y bajos costos, las cuales lo convierten en un excelente material para la fabricación de tubería para uso industrial.

La tubería que se utilizará en las instalaciones objeto de esta especificación será de acero al carbono y estará fabricada de acuerdo con la norma API 5L.

El revestimiento es de Epoxi de 300 a 500 micrones de espesor, obtenido a través de resinas epoxídicas por pulverización electrostática sobre los tubos granallados y precalentados, brindando así una alta seguridad en el producto.

El costo unitario del metro de tubería de acero al carbono de diámetro nominal de cuatro pulgadas (considerando hasta el montaje) es de 10,15 U\$D.

7.12. CONCLUSIÓN

Por medio del análisis de las distintas alternativas tecnológicas disponibles en el mercado, se seleccionó la más adecuada, desde el punto de vista técnico económico, estableciendo comparaciones y teniendo en cuenta el equipamiento actualmente usado en industrias similares, disponibilidad, eficiencia y eficacia, adaptabilidad del proceso, entre otros factores. Como parámetro principal se intentó seleccionar un equipamiento flexible, previendo posibles variaciones en la demanda.

8. INGENIERÍA DE GESTIÓN

8.1. INTRODUCCIÓN

La finalidad de la organización es poder enviar instrucciones a los miembros operantes, recibir y transmitir a la dirección, toda la información que le permitirá desenvolverse como tal. Para desarrollar una estructura organizacional, se agrupan y clasifican las actividades de la empresa con el fin de poder administrar.

El objetivo de este capítulo es presentar los criterios analíticos que permitan enfrentar de mejor manera el análisis de los aspectos organizacionales de un proyecto, los procedimientos administrativos y sus consecuencias económicas en los resultados de la evaluación.

Debido a las características específicas y únicas de cada proyecto de inversión, es que se debe definir una estructura organizativa acorde con los requerimientos que exija la ejecución de dicho proyecto.

Para establecer una estructura de organización planeada, se clasifica y se agrupa las actividades de la empresa con el fin de poder administrar. En otras palabras, el objetivo de la organización es enviar instrucciones a los miembros operantes, recibir y transmitir a la dirección la información que le permitirá funcionar de manera inteligente.

8.2. PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN

Para que una organización tenga una estructura sólida hay que tener en cuenta los siguientes principios generales:

- Separación de funciones de la empresa.
- Establecer las subdivisiones lógicas en la línea de trabajo de esas funciones para que no se solapen o choquen y de tal modo que ningún individuo reciba órdenes directas de más de una persona.
- Especificación neta de cada tarea directiva, en todo el orden sucesivo de los diferentes niveles de la dirección, con el fin de evitar la responsabilidad compartida.
- Delegación apropiada y adecuada de la autoridad a cada miembro en el orden directivo de su sección, de acuerdo al nivel que ocupa en la dirección.
- Selección para cada cargo en el orden selectivo y por cada nivel de éste del individuo más apropiado y conveniente.

8.3. CARACTERÍSTICAS DE LA ORGANIZACIÓN

8.3.1. RAZÓN SOCIAL Y FUNCIONES DE LA EMPRESA

PROPIPLAS SA es una compañía productora de copolímeros y homopolímeros de polipropileno, el cual es un producto petroquímico final.

8.3.2. CONSTITUCIÓN LEGAL

PROPIPLAS es una empresa ubicada en el partido de Campana, en la provincia de Buenos Aires.

Su actividad comercial inicia en el año 2019, relacionada desde sus inicios a la industria petroquímica.

Busca consolidarse como empresa líder en el mercado nacional de plásticos.

DATOS SOCIALES, TRIBUTARIOS Y COMERCIALES

- País: Argentina
- Tipo de perfil: Empresa
- CUIT: 29-98839728-3
- Actividad principal: venta al por mayor a cambio de una retribución o por contrato.
- Actividad principal AFIP: 201409 fabricación de materias plásticas primarias.
- Perfil de comercialización: mayorista
- Fecha de contrato social: 12/02/2018
- Cantidad de empleados: 167
- Domicilio de la sede social: Ruta N°9 70, B2804 Campana, Pcia de Buenos Aires
- Teléfono: +54 (011) 4535 5456
- Facturación estimada: U\$D 354 000 000

8.4. ORGANIGRAMA

Requisitos fundamentales:

- La organización tiene que crearse alrededor de funciones y no de individuos.
- Las funciones estrechamente relacionadas deben colocarse bajo un mismo epígrafe.

Pueden combinarse algunos deberes con otros que estén tan relacionados con ellos como sea posible de modo que cada grupo pueda ser manejado por una sola persona.

No debe hacerse ningún nombramiento que permita que dos individuos crucen la línea de autoridad y choquen. La autoridad y responsabilidad que acompañan a cada función y subfunción deben limitarse en el manual de organización.

Dentro del esquema de organización de la empresa no se consideran servicios esenciales como salud, limpieza, higiene y seguridad, comedor y seguridad. Esto se debe a que dichos servicios serán tercerizados por la empresa, por lo cual no formarán parte de la planta de personal de la empresa.

De manera similar, por cuestiones estratégicas se decide tercerizar un departamento esencial como es el de recursos humanos. Esta decisión se basa principalmente en la existencia de empresas especializadas en el manejo de estos recursos por lo que pueden llevar a una optimización del funcionamiento de la organización en lo que está relacionado con estas funciones.

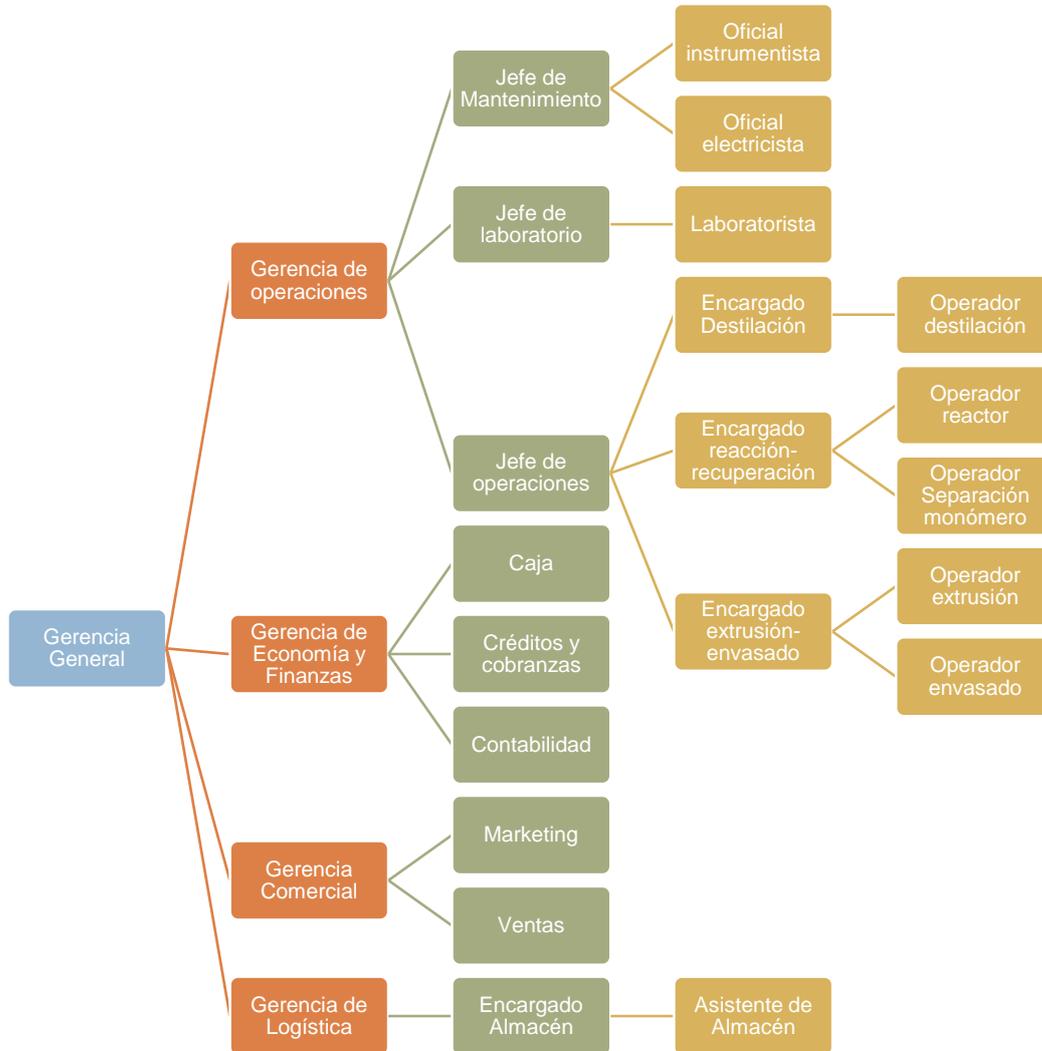


Figura 8-1 Organigrama de la empresa

Fuente: Elaboración propia

8.5. FICHAS DE FUNCIÓN

Para los distintos puestos se establecerán las distintas tareas a realizar, perfiles de puesto y las líneas de mando, definidas anteriormente en el organigrama.

8.5.1. GERENCIA

GERENTE GENERAL

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia General
SECTOR	Gerencia General
FUNCIÓN	Gerente General
SUPERVISA A	Gerentes de operaciones, economía y finanzas, comercial y de logística
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Liderar la gestión estratégica	
Liderar la formulación y aplicación del plan de negocios	
Alinear a las distintas Gerencias	
Definir políticas generales de administración	
Desarrollar y mantener relaciones político-diplomáticas con autoridades y reguladores	
PERFIL DEL PUESTO	
Profesional en áreas administrativas o afines	
Expresión oral y escrita en Idioma Inglés	
Búsqueda y cierre de negocios	
Capacidad de liderazgo	

Tabla 8-1 Ficha de función Gerente General

Fuente: Elaboración propia

8.5.1.2.

GERENTE DE OPERACIONES

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia Operaciones
SECTOR	Gerencia Operaciones
FUNCIÓN	Gerente Operaciones
SUPERVISADO POR	Gerente General
SUPERVISA A	Jefes de mantenimiento, laboratorio y operaciones
REPORTA A	Gerente General
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Planificar y supervisar el trabajo de los distintos operarios	
Supervisar los procesos de producción	
Gestionar recursos materiales	
Gestionar recursos humanos	
Diseñar mejoras en el proceso	
PERFIL DEL PUESTO	
Ingeniero químico o ingeniero industrial	
Capacidad de trabajo en equipo	
Capacidad de análisis	
Capacidad de liderazgo	

Tabla 8-2 Ficha de función Gerente de operaciones

Fuente: Elaboración propia

GERENTE DE ECONOMÍA Y FINANZAS

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia de Economía y Finanzas
SECTOR	Gerencia de Economía y Finanzas
FUNCIÓN	Gerente de Economía y Finanzas
SUPERVISADO POR	Gerente general
SUPERVISA A	Caja, Contabilidad, Créditos y cobranzas
REPORTA A	Gerente general
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Programar, organizar, dirigir, controlar y supervisar las actividades de personal, tesorería, contabilidad y costos, logística y servicios internos	
Administrar y supervisar los fondos y valores financieros de la municipalidad, canalizando los ingresos y efectuando los pagos correspondientes por los compromisos contraídos de conformidad con las normas que rigen el Sistema de Tesorería	
Supervisar el registro de ingresos y gastos en los aplicativos aprobados el estado	
Administrar los bienes, recursos materiales y humanos orientados a la dotación de servicios generales que requieran las diferentes áreas de la entidad	
Formular, actualizar y proponer la normatividad interna de su competencia	
PERFIL DEL PUESTO	
Licenciado en Administración Comercial o equivalente	
Conocimiento de leyes, normas y reglamentos que rigen los procesos administrativos	
Habilidades para desarrollar métodos y procedimiento de trabajo	
Capacidad de liderazgo	

Figura 8-2 Ficha de función Gerente de economía y finanzas

Fuente: Elaboración propia

8.5.1.4.

GERENTE COMERCIAL

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia Comercial
SECTOR	Gerencia Comercial
FUNCIÓN	Gerente comercial
SUPERVISADO POR	Gerente general
SUPERVISA A	Marketing, Ventas
REPORTA A	Gerente general
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Marcar los objetivos concretos a toda la fuerza comercial a su cargo.	
Saber resolver problemas comerciales y/o de marketing.	
Elaborar las previsiones de ventas junto al departamento de marketing.	
Diseñar las estrategias.	
Establecer la política de precios junto a operaciones y marketing.	
PERFIL DEL PUESTO	
Licenciado en Administración Comercial o equivalente	
Conocimiento de leyes, normas y reglamentos que rigen los procesos administrativos	
Habilidades para desarrollar métodos y procedimiento de trabajo	

Capacidad de liderazgo

Figura 8-3 Ficha de función Gerente comercial

Fuente: Elaboración propia

GERENTE DE LOGÍSTICA

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Gerencia Comercial
SECTOR	Gerencia Comercial
FUNCIÓN	Gerente de logística
SUPERVISADO POR	Gerente general
SUPERVISA A	Marketing, Ventas
REPORTA A	Gerente general
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Planificar la estrategia para las actividades de suministro de la empresa (transporte, almacenaje, distribución) con el fin de garantizar la satisfacción del cliente.	
Desarrollar y aplicar procedimientos operativos para recibir, manejar, almacenar y enviar mercancías y materiales.	
Coordinar y controlar los procesos logísticos.	
Mantenerse al día y reaccionar a las influencias externas, como la legislación, las normas relevantes y las necesidades de los clientes.	
PERFIL DEL PUESTO	
Licenciado en Administración o equivalente	
Conocimiento de leyes, normas y reglamentos que rigen los procesos administrativos	
Habilidades para desarrollar métodos y procedimiento de trabajo	
Capacidad de liderazgo	

Figura 8-4 Ficha de función Gerente de logística

Fuente: Elaboración propia

8.5.2.1.

8.5.2. GERENCIA DE OPERACIONES

JEFE DE MANTENIMIENTO

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Operaciones
SECTOR	Mantenimiento
FUNCIÓN	Jefe de mantenimiento
SUPERVISADO POR	Gerente de operaciones
SUPERVISA A	Oficiales instrumentistas, electricistas y con oficio
REPORTA A	Gerente de operaciones
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Supervisa el mantenimiento de las instalaciones.	
Suministra al personal los materiales y equipos necesarios para realizar las tareas asignadas.	
Detecta fallas, dificultades y/o problemas que se presenten durante la ejecución del trabajo y decide la mejor solución.	

Elabora y presenta los reportes estadísticos referidos a aspectos de su competencia.
Elabora informes periódicos de las actividades realizadas.
PERFIL DEL PUESTO
Ingeniero Civil o Industrial o carrera afín al área donde va a desempeñarse
Habilidad para dar órdenes e instrucciones en forma clara y precisa en forma oral y escrita
Habilidad para estimar tiempo, materiales y costos de trabajo de mantenimiento y reparación
Capacidad de liderazgo

Figura 8-5 Ficha de función Jefe de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

OFICIAL INSTRUMENTISTA

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA ²	Operaciones
SECTOR	Mantenimiento
FUNCIÓN	Oficial instrumentista
SUPERVISADO POR	Jefe de mantenimiento
SUPERVISA A	
REPORTA A	Jefe de mantenimiento
CATEGORÍA	A 3
DEBERES	
Calibra equipos de control	
Diseñar modificaciones de circuitos electrónicos que accionen instrumentos o mecanismos eléctricos	
Puesta a punto de los instrumentos de control de procesos y servicios industriales	
Reparación de equipos de alta complejidad	
Elabora informes periódicos de las actividades realizadas.	
PERFIL DEL PUESTO	
Técnico electrónico o similar	
Criterio eléctrico y mecánico	
Capacidad de resolución de problemas	
Capacidad de trabajo en equipo	

8.5.2.3.

Figura 8-6 Ficha de función oficial instrumentista

Fuente: Elaboración propia

OFICIAL ELECTRICISTA

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Operaciones
SECTOR	Mantenimiento
FUNCIÓN	Oficial electricista
SUPERVISADO POR	Jefe de mantenimiento
SUPERVISA A	
REPORTA A	Jefe de mantenimiento
CATEGORÍA	A 1
DEBERES	
Realizar tendido de líneas y cañerías eléctricas	

Realizar reparaciones de circuitos de iluminación
Reparar averías eléctricas y reparaciones menores de motores eléctricos
Interpretación de planos
Trabajar en sistemas de generación de corriente eléctrica y otros elementos eléctricos
PERFIL DEL PUESTO
Técnico electrónico o similar
Criterio eléctrico y mecánico
Capacidad de resolución de problemas
Capacidad de trabajo en equipo

Figura 8-7 Ficha de función oficial electricista

Fuente: Elaboración propia

JEFE DE LABORATORIO

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA ⁴	Operaciones
SECTOR	Laboratorio
FUNCIÓN	Jefe de laboratorio
SUPERVISADO POR	Gerente de operaciones
SUPERVISA A	Laboratorista
REPORTA A	Gerente de operaciones
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Realizar y/o supervisar las actividades de control del laboratorio	
Garantizar los niveles de calidad definidos de las muestras analizadas	
Definir y revisar los procesos y procedimientos utilizados	
Proponer acciones de mejora en los casos que fuera necesario	
Asegurar la eficiencia en el uso del equipamiento y la calidad de los productos	
PERFIL DEL PUESTO	
Analista de laboratorio o similar	
Manejo de software específicos	
Capacidad de evaluación de resultados	
Capacidad de liderazgo	

8.5.2.5.

Figura 8-8 Ficha de función oficial electricista

Fuente: Elaboración propia

LABORATORISTA

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Operaciones
SECTOR	Laboratorio
FUNCIÓN	Laboratorista
SUPERVISADO POR	Jefe de laboratorio
SUPERVISA A	
REPORTA A	Jefe de laboratorio
CATEGORÍA	A 2
DEBERES	
Tomar y preparar las muestras a analizar	
Preparación de materiales y sustancias necesarias para los ensayos	

Realizar investigaciones de estudio, ensayos, experimentos y análisis en el campo correspondiente según instrucciones del jefe de laboratorio
Elaborar inventarios de acuerdo a las necesidades
Controla orden y limpieza del lugar de trabaja
PERFIL DEL PUESTO
Técnico químico o similar
Manejo de software específicos
Capacidad de realizar de inventaros
Prolijidad y orden

Figura 8-9 Ficha de función Laboratorista

Fuente: Elaboración propia

JEFE DE OPERACIONES

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA ⁶	Operaciones
SECTOR	Operaciones
FUNCIÓN	Jefe de operaciones
SUPERVISADO POR	Gerente de operaciones
SUPERVISA A	Encargados de destilación, reacción-recuperación y extrusión-ensado
REPORTA A	Gerente de operaciones
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Gestionar los recursos internos de los proceso	
Integrar todos los procesos internos	
Supervisar las líneas de producción, ajustes y mejoras puntuales	
Coordinar labores del personal. Controlar la labor de los supervisores de áreas y del operario en general	
Emitir informes, analiza resultados, generar reportes de producción que respalden la toma de decisiones	
PERFIL DEL PUESTO	
Ingeniero de procesos o similar	
Buena comunicación y orientación al logro de metas	
Capacidad de planificación	
Capacidad de organización y supervisión de personal	

8.5.2.7.

Figura 8-10 Ficha de función Jefe de producción

Fuente: Elaboración propia

ENCARGADO DESTILACIÓN

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Operaciones
SECTOR	Destilación
FUNCIÓN	Encargado destilación
SUPERVISADO POR	Jefe de operaciones
SUPERVISA A	Operador de destilación
REPORTA A	Jefe de operaciones
CATEGORÍA	A 3

DEBERES
Supervisar el funcionamiento de equipos del sector
Supervisar actuación de operarios a cargo
Analizar los parámetros de equipos
Informar de variaciones en las materias primas que van a recibirse
Planificar distribución de tareas dentro del sector
PERFIL DEL PUESTO
Técnico con experiencia en el sector
Manejo de software de control del proceso
Capacidad de liderazgo
Criterio para análisis de resultados

Tabla 8-3 Ficha de función Encargado de destilación

Fuente: Elaboración propia

OPERADOR DE DESTILACIÓN

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Operaciones
SECTOR	Destilación
FUNCIÓN	Operador de destilación
SUPERVISADO POR	Encargado destilación
SUPERVISA A	
REPORTA A	Encargado destilación
CATEGORÍA	C
DEBERES	
Accionar controles de los equipos del sector	
Registrar parámetros de funcionamiento del proceso	
Informar al encargado del sector sobre la marcha del proceso	
Informar al encargado del sector sobre fallas en equipos	
Cumplir con el rol asignado en situaciones de emergencia	
PERFIL DEL PUESTO	
Secundario completo	
Capacidad de trabajo en equipo	
Criterio para el manejo de equipos	
Conocimiento del sector	

8.5.2.9.

Tabla 8-4 Ficha de función Operador destilación

Fuente: Elaboración propia

ENCARGADO REACCIÓN RECUPERACIÓN

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Operaciones
SECTOR	Reacción-recuperación
FUNCIÓN	Encargado reacción-recuperación
SUPERVISADO POR	Jefe de operaciones
SUPERVISA A	Operadores reactor y recuperación monómero
REPORTA A	Jefe de operaciones
CATEGORÍA	A 3

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel

DEBERES	
Supervisar el funcionamiento de equipos del sector	
Supervisar actuación de operarios a cargo	
Analizar los parámetros de equipos	
Informar de variaciones en las materias primas que van a recibirse	
Planificar distribución de tareas dentro del sector	
PERFIL DEL PUESTO	
Técnico con experiencia en el sector	
Manejo de software de control del proceso	
Capacidad de liderazgo	
Criterio para análisis de resultados	

Tabla 8-5 Ficha de función Encargado reacción-recuperación

Fuente: Elaboración propia

OPERADOR REACTOR

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Operaciones
SECTOR	Reacción-recuperación
FUNCIÓN	Operador de reactor
SUPERVISADO POR	Encargado reacción-recuperación
SUPERVISA A	
REPORTA A	Encargado reacción-recuperación
CATEGORÍA	C
DEBERES	
Accionar controles de los equipos del sector	
Registrar parámetros de funcionamiento del proceso	
Informar al encargado del sector sobre la marcha del proceso	
Informar al encargado del sector sobre fallas en equipos	
Cumplir con el rol asignado en situaciones de emergencia	
PERFIL DEL PUESTO	
Secundario completo	
Capacidad de trabajo en equipo	
Criterio para el manejo de equipos	
Conocimiento del sector	

8.5.2.11.

Tabla 8-6 Ficha de función Operador reactor

Fuente: Elaboración propia

OPERADOR SEPARACIÓN DE MONÓMERO

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Operaciones
SECTOR	Reacción-recuperación
FUNCIÓN	Operador de separación de monómero
SUPERVISADO POR	Encargado reacción-recuperación
SUPERVISA A	
REPORTA A	Encargado reacción-recuperación
CATEGORÍA	C
DEBERES	

Accionar controles de los equipos del sector
Registrar parámetros de funcionamiento del proceso
Informar al encargado del sector sobre la marcha del proceso
Informar al encargado del sector sobre fallas en equipos
Cumplir con el rol asignado en situaciones de emergencia
PERFIL DEL PUESTO
Secundario completo
Capacidad de trabajo en equipo
Criterio para el manejo de equipos
Conocimiento del sector

Tabla 8-7 Ficha de función Operación de separación monómero

Fuente: Elaboración propia

ENCARGADO EXTRUSIÓN-ENVASADO

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Operaciones
SECTOR	Extrusión-ensado
FUNCIÓN	Encargado extrusión-ensado
SUPERVISADO POR	Jefe de operaciones
SUPERVISA A	Operadores de extrusión y ensado
REPORTA A	Jefe de operaciones
CATEGORÍA	A 3
DEBERES	
Supervisar el funcionamiento de equipos del sector	
Supervisar actuación de operarios a cargo	
Analizar los parámetros de equipos	
Informar de variaciones en las materias primas que van a recibirse	
Planificar distribución de tareas dentro del sector	
PERFIL DEL PUESTO	
Técnico con experiencia en el sector	
Manejo de software de control del proceso	
Capacidad de liderazgo	
Criterio para análisis de resultados	

8.5.2.13.

Tabla 8-8 Ficha de función Encargado extrusión-ensado

Fuente: Elaboración propia

OPERADOR DE EXTRUSIÓN

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Operaciones
SECTOR	Extrusión ensado
FUNCIÓN	Operador de extrusión
SUPERVISADO POR	Encargado reacción-recuperación
SUPERVISA A	
REPORTA A	Encargado reacción-recuperación
CATEGORÍA	C
DEBERES	
Accionar controles de los equipos del sector	

Registrar parámetros de funcionamiento del proceso
Informar al encargado del sector sobre la marcha del proceso
Informar al encargado del sector sobre fallas en equipos
Cumplir con el rol asignado en situaciones de emergencia
PERFIL DEL PUESTO
Secundario completo
Capacidad de trabajo en equipo
Criterio para el manejo de equipos
Conocimiento del sector

Tabla 8-9 Ficha de función Operador extrusión

Fuente: Elaboración propia

OPERADOR DE ENVASADO

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA ¹⁴	Operaciones
SECTOR	Extrusión envasado
FUNCIÓN	Operador de envasado
SUPERVISADO POR	Encargado reacción-recuperación
SUPERVISA A	
REPORTA A	Encargado reacción-recuperación
CATEGORÍA	C
DEBERES	
Accionar controles de los equipos del sector	
Registrar parámetros de funcionamiento del proceso	
Informar al encargado del sector sobre la marcha del proceso	
Informar al encargado del sector sobre fallas en equipos	
Cumplir con el rol asignado en situaciones de emergencia	
PERFIL DEL PUESTO	
Secundario completo	
Capacidad de trabajo en equipo	
Criterio para el manejo de equipos	
Conocimiento del sector	

Tabla 8-10 Ficha de función Operador de envasado

8.5.3.1.

Fuente: Elaboración propia

8.5.3. GERENCIA DE ECONOMÍA Y FINANZAS

CAJA

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Economía y finanzas
SECTOR	Economía y finanzas
FUNCIÓN	Caja
SUPERVISADO POR	Gerente de economía y finanzas
SUPERVISA A	
REPORTA A	Gerente de economía y finanzas
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel



Realizar el Informe diario de caja del fondo general, fondo de imprevistos y de matrícula; para establecer el balance
Investigar, analizar y clasificar diariamente los documentos de ingreso para ubicarlos en fondos y cuentas establecidos; de modo que los cheques sean depositados en los fondos que correspondan
Coordinar las acciones de los depósitos de la Institución con la empresa
Elaborar y presentar informes diarios y mensuales sobre sumas recaudadas en los diferentes fondos
Arquear y balancear diariamente los cajas de cobro general
PERFIL DEL PUESTO
Licenciado en Contabilidad, Administración Pública, Administración de Empresas, o Finanzas
Manejo de software específicos
Conocimiento de la legislación aplicable
Destreza en el manejo de formularios y documentos contables

Tabla 8-11 Ficha de función Caja

Fuente: Elaboración propia

CRÉDITOS Y COBRANZAS

8.5.2.2

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Economía y finanzas
SECTOR	Economía y finanzas
FUNCIÓN	Créditos y cobranzas
SUPERVISADO POR	Gerente de economía y finanzas
SUPERVISA A	
REPORTA A	Gerente de economía y finanzas
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Establecer los cronogramas, plazos y formas de pago	
Realizar el análisis de solvencia y confiabilidad de los clientes y distribuidores	
Supervisar la gestión total de créditos de la empresa, así como las de cobranzas	
Gestionar el cobro de deudores morosos	
Recomendar los límites de endeudamiento para los clientes, los límites de créditos como de los plazos de pagos	
PERFIL DEL PUESTO	
Licenciado en Contabilidad, Administración Pública, Administración de Empresas, o Finanzas	
Manejo de software específicos	
Conocimiento de la legislación aplicable	
Destreza en el manejo de formularios y documentos contables	

Tabla 8-12 Ficha de función Créditos y cobranzas

Fuente: Elaboración propia

CONTABILIDAD

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Economía y finanzas
SECTOR	Economía y finanzas

FUNCIÓN	Contabilidad
SUPERVISADO POR	Gerente de economía y finanzas
SUPERVISA A	
REPORTA A	Gerente de economía y finanzas
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Presentar y ejecutar las iniciativas que contribuyen al fortalecimiento de los procesos y servicios de la unidad	
Planificar y dirigir el proceso contable de la empresa	
Supervisar las funciones relativas a la contabilidad, conciliaciones bancarias y control de activos fijos	
Ejecutar los análisis de cuentas que constituyen el registro contable de la empresa	
Organizar y mantener el archivo de los documentos que respaldan los registros contables	
PERFIL DEL PUESTO	
Licenciado en Contabilidad, Administración Pública, Administración de Empresas, o Finanzas	
Manejo de software específicos	
Conocimiento de la legislación aplicable	
Destreza en el manejo de formularios y documentos contables	

Tabla 8-13 Ficha de función Contabilidad

Fuente: Elaboración propia

8.5.4. GERENCIA COMERCIAL

8.5.4.1. MARKETING

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Economía y finanzas
SECTOR	Economía y finanzas
FUNCIÓN	Marketing
SUPERVISADO POR	Gerente comercial
SUPERVISA A	
REPORTA A	Gerente comercial
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Desarrollar la marca de la empresa	
Establecer estrategias para mantener la competitividad	
Planificar, elaborar y gestionar el presupuesto del departamento	
Realizar un análisis del entorno	
Diseño de presentaciones de los productos	
PERFIL DEL PUESTO	
Licenciado en Marketing o similar	
Conocimiento en idiomas	
Creatividad y capacidad de innovación	
Capacidad de resolución de problemas	

Tabla 8-14 Ficha de función Marketing

Fuente: Elaboración propia

VENTAS

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Economía y finanzas
SECTOR	Economía y finanzas
FUNCIÓN	Ventas
SUPERVISADO POR	Gerente comercial
REPORTA A	Gerente de comercial
CATEGORÍA	Fuera del CCT
DEBERES	
Preparar planes y presupuesto de venta	
Establecer metas y objetivos de mercado de la empresa	
Analizar la demanda para pronosticar las ventas	
Definir e implementar políticas y procedimientos de ventas	
Desarrollar, mantener y mejorar las relaciones con los clientes	
PERFIL DEL PUESTO	
Licenciado en Administración o similar	
Manejo de software específicos	
Creatividad y capacidad de innovación	
Habilidades administrativas	

Tabla 8-15 Ficha de función Ventas

Fuente: Elaboración propia

8.5.5. GERENCIA DE LOGÍSTICA

8.5.5.1. ENCARGADO DE ALMACÉN

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Logística
SECTOR	Almacenamiento
FUNCIÓN	Encargado de almacén
SUPERVISADO POR	Gerente de logística
SUPERVISA A	Asistente de almacén
REPORTA A	Gerente de logística
CATEGORÍA	A
DEBERES	
Verificar que el material y equipo recibido contra el solicitud según la orden de compra	
Impartir órdenes para el almacenaje	
Realizar la programación de las actividades para recepción, despacho de bienes equipos y materiales	
Diseñar distribución de equipos y materiales en el almacén	
Revisar órdenes de compra y remitos de recepción	
PERFIL DEL PUESTO	
Ingeniero en logística	
Manejo de software específicos	
Capacidades de ordenamiento espacial	

Tabla 8-16 Ficha de función Encargado de almacén

Fuente: Elaboración propia

ASISTENTE DE ALMACÉN

FICHA DE FUNCIÓN	
ÁREA	Logística
SECTOR	Almacenamiento
FUNCIÓN	Asistente de almacén
SUPERVISADO POR	Encargado de almacén
SUPERVISA A	
REPORTA A	Encargado de almacén
CATEGORÍA	D
DEBERES	
Registrar y llevar el control de materiales y equipos que ingresan y egresan del almacén	
Colaborar en la realización de inventarios periódicos	
Elaborar guías de despacho y órdenes de compras	
Custodiar la mercancía existente en el almacén	
Distribuir y movilizar materiales y equipos de la unidad	
PERFIL DEL PUESTO	
Capacidad de realización de cálculos numéricos	
Manejo de software específicos	
Capacidades de ordenamiento espacial	
Capacidad de organización	

Tabla 8-17 Ficha de función Asistente de almacén

Fuente: Elaboración propia

8.6. TURNOS DE TRABAJO

Los operarios se desempeñarán en turnos rotativos de ocho horas. Por ello, para los sectores donde se requieran 24 horas de trabajo continuo, se requerirán cuatro grupos de trabajo.

En los sectores administrativos se necesitan cubrir puestos de ocho horas, únicamente deberán cubrirse por 24 horas los puestos de almacenamiento.

Puesto	Puestos a cubrir	Turnos	Trabajadores necesarios
Gerente general	1	1	1
GERENCIA DE OPERACIONES			
Gerente de producción	1	1	1
Mantenimiento			
Jefe de mantenimiento	1	1	1
Oficial Instrumentista	2	4	8
Oficial electricista	2	4	8
Oficial con oficio	2	4	8
Laboratorio			
Jefe de laboratorio	1	1	1

Laboratorista	2	4	8
Operaciones			
Encargado destilación	1	1	1
Operador destilador	3	4	12
Encargado reacción-	1	1	1
Operador reactor	6	4	24
Operador separador de	6	4	24
Encargado extrusión-ensado	1	1	1
Operador extrusor	6	4	24
Operador ensado	3	4	12
GERENCIA DE ECONOMÍA Y FINANZAS			
Gerente de economía y	1	1	1
Encargado de caja	1	1	1
Encargado de créditos y	1	1	1
Encargado contabilidad	1	1	1
GERENCIA COMERCIAL			
Gerente comercial	1	1	1
Encargado marketing	1	1	1
Encargado ventas	1	1	1
GERENCIA DE LOGÍSTICA			
Gerente de logística	1	1	1
Encargado de almacén	2	4	8
Ayudante de almacén	6	4	24
TOTAL	55		175

Figura 8-11 Personal de la organización

Fuente: Elaboración propia

8.7. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES CARGOS

Los diferentes cargos predeterminados en la Empresa fueron clasificados según las distintas categorías establecidas en el Convenio Colectivo de Trabajo N° 77/89.

Este convenio de trabajo establece las condiciones de trabajo, beneficios sociales, sueldos y salarios, para el personal de las industrias químicas y petroquímicas, y es de aplicación en todo el territorio de la República Argentina sin que puedan existir quitas zonales sobre el salario de referencia.

A partir de éste, se establece la categorización del personal que se ocupará y las distintas escalas de los sueldos básicos que a cada uno le corresponde.

8.8. CONSTITUCIÓN LEGAL DE LA EMPRESA

Constituir legalmente la empresa, permite que ésta sea legalmente reconocida, que califique como sujeto de crédito, que pueda emitir comprobantes de pago, y que pueda producir, comercializar y promocionar sus productos y/o servicios con autoridad y sin restricciones.

En Argentina, al formar una sociedad comercial se debe tener en cuenta la ley 19550 "De las sociedades Comerciales", donde incluye la descripción de las diferentes formas societarias y los beneficios y obligaciones que cada una genera en las partes intervinientes.

	Sociedad Anónima S.A.	Sociedad de Responsabilidad Limitada S.R.L
¿Cómo se divide el capital?	Acciones	Cuotas sociales
¿Cuántos socios pueden ser?	2 o más. Sin límite máximo.	Como mínimo 2 y no más de 50.
¿Qué responsabilidad patrimonial tiene cada uno de los socios?	Limitada a la integración de las acciones suscriptas	Limitada a la integración de las cuotas que suscriban o adquieran.
¿Qué nombre puede llevar mi Sociedad?	Nombre de fantasía o puede incluir el nombre de una o más personas físicas. Debe incluir la expresión "Sociedad Anónima", su abreviatura o la sigla SA.	Debe incluir el nombre de uno o más socios y debe contener la expresión "Sociedad de Responsabilidad Limitada", su abreviatura o la sigla SRL.
¿En qué momento me comprometo a realizar aportes?	Totalmente en el momento de la celebración del contrato constitutivo. El capital podrá ser inferior a \$12 000.	Totalmente en el momento de la celebración del contrato constitutivo.
¿Cuándo debo comenzar a realizar los aportes en efectivo?	Debe integrarse no menos del 25% de los aportes comprometidos en el estatuto, mediante depósito en un banco oficial y completarse dentro de los 2 años.	Debe integrarse no menos del 25% de los aportes comprometidos en el estatuto, mediante depósito en un banco oficial y completarse dentro de los 2 años.
¿Puedo ceder libremente mis participaciones en la sociedad?	La transmisión de las acciones es libre. El estatuto puede limitar la transmisibilidad de las acciones pero no prohibirla.	Las cuotas son libremente transmisibles, salvo disposición contraria en el contrato, quien puede limitarla pero no prohibirla.

<p>¿Quién debe ejercer la dirección y administración de la sociedad?</p>	<p>El DIRECTORIO - Compuesto por uno o más directores designados por la asamblea de accionistas. La representación corresponde al PRESIDENTE DEL DIRECTORIO.</p>	<p>La GERENCIA - Formada por uno o más gerentes, socios o no.</p>
<p>¿Necesito tener un órgano de contralor, síndico y Comisión Fiscalizadora?</p>	<p>Es optativo, excepto para aquellas empresas que se encuentren comprendidas en el art. 299 de la Ley de Sociedades Comerciales, las cuales están obligadas a poseer un órgano de fiscalización privado.</p>	<p>Es optativo, excepto para aquellas Sociedades cuyo capital alcance el monto de \$ 2 100 000.</p>
<p>¿Qué responsabilidad tienen los Síndicos de la Sociedad?</p>	<p>Son ilimitada y solidariamente responsables por el incumplimiento de las obligaciones que les impone la ley, el estatuto y el reglamento. También son responsables solidariamente con los directores por los hechos u omisiones de estos, cuando el daño no se hubiera producido si hubiera actuado de conformidad con las obligaciones de su cargo.</p>	<p>Son ilimitada y solidariamente responsables por el incumplimiento de las obligaciones que les impone la ley, el estatuto y el reglamento. También son responsables solidariamente con los gerentes por los hechos u omisiones de estos, cuando el daño no se hubiera producido si hubiera actuado de conformidad con las obligaciones de su cargo.</p>

Figura 8-12 Diferencias entre una Sociedad Anónima y una Sociedad de Responsabilidad Limitada

Fuente: servicios.infoleg.gov.ar Ley de sociedades comerciales

Se opta por la figura de Sociedad Anónima, porque posee una estructura jurídica que la hace especialmente adecuada para llevar a cabo todo tipo de empresas desde pequeñas hasta las de gran magnitud.

En los casos de empresas que trabajan con un gran volumen de negocio y de capital, el declararla como Sociedad Anónima es lo más apropiado.

Se visualizan distintas ventajas con este tipo de sociedad, dentro de las cuales se resaltan las siguientes:

- Es una sociedad abierta, lo que quiere decir que los socios pueden vender libremente sus acciones y, además, la empresa puede cotizar en bolsa.

- Al ser la responsabilidad limitada, se protege el patrimonio personal de los socios ante posibles deudas que puedan crearse.
- La responsabilidad social permite que esta sea solidaria entre los socios.
- Puedes ser constituida por un solo socio, sin necesidad de aliarse con nadie.
- Las ganancias obtenidas a través de la sociedad, no están sujetas a impuestos de seguridad social ni de seguros médicos.
- Da muy buena imagen frente al exterior, tanto en respetabilidad ante otras sociedades, como de seriedad ante acreedores, bancos y entidades financieras.
- La administración y gestión la puede realizar una persona o un grupo sin necesidad de que sean socios accionistas, lo que permite una visión independiente sobre la marcha de la empresa.
- Permite una gran movilidad del capital.
- Permite obtener capital de un gran número de personas sin necesidad de conocer sus características personales.

8.9. DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DE MICRO, PEQUEÑA O MEDIANA EMPRESA

Para la determinación del tamaño organizacional de la empresa, se tomará como referencia la información brindada por el Banco Central de la República Argentina.

Serán consideradas MiPyME –incluidas las personas humanas evaluadas crediticiamente a base del flujo de fondos generado por su actividad comercial, oficio y/o por el ejercicio profesional, sin distinguir el destino de los fondos– aquellas cuyos valores de ventas totales anuales expresados en pesos no superen los siguientes montos máximos, según el sector de actividad al que pertenezca la empresa, conforme a la definición de actividades del “Clasificador de Actividades Económicas (CLAE) – Formulario N° 883”:

Sector Categoría	Agropecuaria	Industria y minería	Comercio	Servicios	Construcción
Micro	\$3 000 000	\$10 500 000	\$12 500 000	\$3 500 000	\$4 700 000
Pequeña	\$19 000 000	\$64 000 000	\$75 000 000	\$21 000 000	\$30 000 000
Mediana Tramo 1	\$145 000 000	\$520 000 000	\$630 000 000	\$175 000 000	\$240 000 000
Mediana Tramo 2	\$230 000 000	\$760 000 000	\$900 000 000	\$250 000 000	\$360 000 000

Tabla 8-18 Volumen de ingresos de empresas según su tamaño

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco Central de la República Argentina

Considerando primeramente una producción de 200 000 tn de Polipropileno, a un precio promedio según lo estimado en el capítulo 2 de este proyecto de 1 770 dólares/tn, con un tipo de cambio actual de \$37/dólares, se tendrá:

$$\text{Ventas totales estimadas} = 200000 \frac{\text{tn}}{\text{año}} \cdot 1770 \frac{\text{U\$D}}{\text{tn}} \cdot 37 \frac{\$}{\text{U\$D}} = 13\,098\,000\,000 \frac{\$}{\text{año}}$$

Como puede observarse, los ingresos estimados por venta, prácticamente exceden ampliamente los valores para una empresa mediana en el sector industrial, por lo cual puede establecerse, sin incurrir en grandes errores, que se trata de una empresa grande.

Esto también se sustenta en la gran cantidad de empleados que trabajan en la empresa. Bajo este criterio, en general se consideran grandes empresas a aquellas con más de 150 empleados.

9. DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

9.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la distribución de la planta es de gran importancia, ya que permite lograr una disposición más ordenada y planeada de la maquinaria y equipos, en función de los desplazamientos lógicos de las materias primas y de los productos acabados; de modo que se aprovechen eficazmente el equipo, el tiempo y las aptitudes de los trabajadores.

La finalidad es en función al área total seleccionada ya en el apartado de localización, definir dentro de la misma el espacio que ocuparán las diferentes áreas que conformarán la planta.

El proceso productivo involucra una cierta tecnología que debe permitir la elaboración del producto con especificaciones precisas. En base a esto es posible determinar y optimizar la capacidad de producción en función de la tecnología empleada. Para lograr dicha optimización física de la distribución de la planta, se tiene en cuenta el Diagrama de Recorrido de las materias primas, para disminuirla al mínimo. Mientras menor sea éste recorrido, mayor será la economía de movimientos y de tiempos, aumentando así la eficacia y eficiencia de la empresa. Y, a consecuencia de esto, se logra obviamente mejorar la rentabilidad del proyecto.

Para ello se va a adoptar el tipo de disposición de las máquinas siguiendo la línea del proceso. Se separan algunas partes del proceso en distintos galpones o espacios de exterior según su naturaleza.

Con este diseño todos los sectores de la planta pueden tener alguna de sus paredes hacia el exterior, esto es importante en el caso de posibles futuras ampliaciones, ya que la superficie de cada sector puede agrandarse independientemente de las demás, especialmente los depósitos.

9.2. ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

En el caso de este tipo de procesos productivos el almacenamiento de materias primas presenta una serie de particularidades que deben tenerse en cuenta a la hora del diseño de los espacios necesarios.

Para el diseño y dimensionamiento se dividen las materias primas en fluidas (gases y gases licuados) y materias primas sólidas.

9.2.1. MATERIAS PRIMAS FLUIDAS

En el capítulo 7 “Selección y diseño de equipos”, se definieron los tanques necesarios para el almacenamiento tanto de mezcla de alimentación, de propileno y de etileno.

Para la definición del área necesaria se tiene en cuenta no solo las dimensiones de los equipos, sino que también es importante considerar un espacio amplio de separación

entre tanques y con el resto de la planta. Es importante tener en cuenta estas separaciones debido al alto riesgo de explosión que presentan estas sustancias.

Considerando estos factores se estima un área de 5 000 m² destinados al almacenamiento de materias primas fluidas.

9.2.2. MATERIAS PRIMAS SÓLIDAS

Las materias primas sólidas necesarias en el proceso productivo son catalizadores, cocatalizadores y los aditivos que se agregan en el proceso de extrusión.

Los aditivos se agregan en forma de masterbatch. Las presentaciones son en bolsas de 25 kg y estas bolsas se paletizan en grupos de 55. Estos insumos son provistos por la firma Ampacet, que informa un tiempo de respuesta al envío del producto de 10 días, por lo cual se considera un almacenaje equivalente a 15 días con el fin de contar con un margen por cualquier imprevisto que pueda presentarse. Este margen de seguridad se considera principalmente por tratarse de productos importados sujetos a diferentes fluctuaciones reglamentarias que puedan utilizarse.

$$\frac{\text{palet}}{\text{día}} = 6400 \frac{\text{tn}}{\text{año}} \frac{1 \text{ año}}{340 \text{ día}} \frac{1 \text{ bolsa}}{0,025 \text{ tn}} \frac{1 \text{ palet}}{55 \text{ bolsa}} = 13,69 \frac{\text{palet}}{\text{día}}$$

$$13,69 \frac{\text{palet}}{\text{día}} 15 \text{ día} = 205,35 \text{ palets}$$

Por el empaquetamiento que presentan los palets de aditivos existe la posibilidad de estar hasta en dos niveles por lo cual se deberá diseñar un área para almacenar 103 palets.

Las cantidades de catalizador y cocatalizador son mucho menores a las que se necesitan de aditivos, por lo tanto, se multiplica el valor obtenido por 1,25 de manera de contar con espacio suficiente para almacenar también estos productos y maniobrar con los equipos de transporte de insumos.

Se adopta una disposición de 12 palets de ancho por 11 de profundo, lo que da una capacidad de almacenamiento total de 132 palets de base.

$$\text{Ancho} = 12 \text{ palet} 1,3 \frac{\text{m}}{\text{palet}} 1,25 = 15,6 \text{ m}$$

$$\text{Profundo} = 11 \text{ palet} 1,1 \frac{\text{m}}{\text{palet}} 1,25 = 12,1 \text{ m}$$

$$\text{Área} = \text{Ancho} \text{ Profundo} = 15,6 \text{ m} 12,1 \text{ m} = 188,76 \text{ m}^2$$

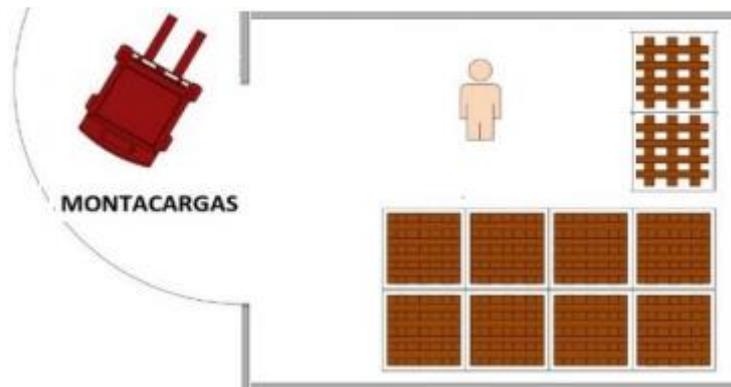


Figura 9-1 Almacén de materias primas sólidas

Fuente: Obtención de LiCO_3 a partir de salmueras

9.3. ALMACENAMIENTO PRODUCTOS INTERMEDIOS

El almacenamiento de producto intermedio se realiza en silos. Dentro del proceso productivo existen dos etapas donde es necesario realizar almacenamientos de productos intermedios, el primero es el polvo de salida de los separadores y el segundo es el almacenamiento de producto antes de ser embolsado.

Los silos son la solución más habitual para el almacenamiento de productos pulverulentos a granel.

De todos los tipos de silos, el más común para estas aplicaciones es el silo cilíndrico vertical con fondo cónico, montado sobre una estructura de soporte. Por el tipo de materiales que se almacenan en este proceso se pueden utilizar equipos de chapa de acero al carbono.



Figura 9-2 Esquema silos de almacenamiento

Fuente: www.sodimateiberica.com

Por las características de los productos a almacenar y para lograr una mayor simplicidad en el diseño, se utilizarán silos de igual medida en todas las zonas de almacenaje de producto intermedio y la cantidad de éstos depende de las toneladas a almacenar.

Los silos tienen un diámetro de 3 m y una altura de 9 m. Con estos valores y adoptando un valor promedio de densidad de polipropileno en todos los casos de 0,9 tn por metro cúbico puede determinarse la capacidad de almacenamiento de cada una de estas unidades.

$$tn_{a\ almacenar} = \frac{\pi D^2}{4} h \rho_{PP} = \frac{\pi 3^2 m^2}{4} 9 m 0,9 \frac{tn}{m^3}$$

$$tn_{a\ almacenar} = 57,26 \frac{tn}{silo}$$

En la zona de almacenamiento de polvo a la salida de los separadores se necesita almacenamiento para 580 tn de polipropileno por día. Como se trata de silos pulmón en este caso solo se prevee almacenamiento para dos días de producción lo que representa un total de 21 silos en esta zona.

Para el caso de los pelets de polipropileno que salen de las extrusoras se utilizan también 21 silos ya que se emplea el mismo criterio.

El área que ocupan los silos de almacenamiento en total, contemplando un 30% adicional para la separación entre equipos es de 390 m².

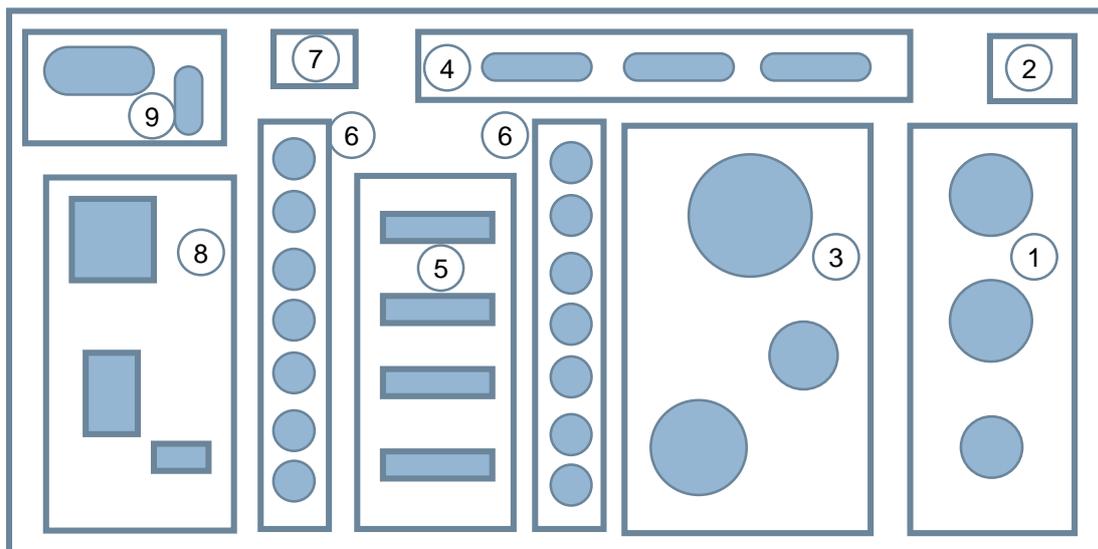
La zona de almacenamiento en estos casos va a ser contigua a la etapa de producción que los alimenta. Por esta razón no se contempla un espacio adicional dentro del lote de la planta y se tiene en cuenta a la hora del cálculo del área de producción.

9.4. ÁREA DE PRODUCCIÓN

Para realizar el diseño del área de producción se tienen en cuenta todos aquellos equipos necesarios para la elaboración del producto objetivo de este proyecto.

Se tiene en cuenta el espacio ocupado por cada uno de estos equipos (considerando principalmente el área). De igual manera también es importante considerar un espacio libre para poder realizar maniobras propias del funcionamiento cotidiano de la planta, así como también aquellas necesarias para el mantenimiento de los diferentes equipos.

En la figura 9-3 se muestra a modo de ilustración la distribución espacial que se establece para el área de producción.



- | | |
|------------------------------------|---|
| 1 Zona de destilación | 6 Almacenamiento de producto intermedio |
| 2 Almacén de Materia Prima | 7 Laboratorio |
| 3 Zona de reacción | 8 Zona de envasado – paletizado |
| 4 Zona de recuperación de monómero | 9 Zona de caldera |
| 5 Zona de extrusión | |

Figura 9-3 Layout área de producción

Fuente: Elaboración propia

9.5. LABORATORIO

9.5.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La disposición del laboratorio debe diseñarse con criterios de eficiencia. Por ejemplo, la distancia que deba recorrer el personal para llevar a cabo las distintas fases de los procesos analíticos ha de ser lo más corta posible, aun teniendo presente que tal vez haya que separar unos procedimientos de otros por motivos analíticos o de seguridad.

Con frecuencia transcurren cinco años desde que se toma en principio la decisión de construir un nuevo laboratorio hasta el momento en que éste entra en funcionamiento. También se suele prever que no requerirá modificaciones importantes durante otros diez años. Dado que el volumen de trabajo puede cambiar en ese plazo, no es conveniente diseñar un laboratorio teniendo sólo en cuenta los pormenores de las actividades previstas actualmente. Aun en el caso de que el volumen de trabajo sea siempre el mismo, el curso de los acontecimientos puede exigir cambios en la importancia relativa otorgada a los diferentes tipos de análisis. Además, los avances en la instrumentación y en la metodología analítica pueden alterar las necesidades de espacio y las condiciones para un determinado análisis. Existen argumentos a favor del diseño del laboratorio en función de las actividades "genéricas" y "especializadas".

Las actividades genéricas pueden definirse como operaciones químicas "por vía húmeda" para las que es necesario disponer de un gran número de bancos fijos dotados de agua, electricidad, sumideros, campanas de humos, estanterías para los reactivos y espacio para la limpieza y almacenamiento del instrumental de vidrio, a diferencia de las "salas de instrumentos", donde son necesarios menos servicios (aunque deberán contar con un suministro adicional de gas por tuberías y tal vez una instalación eléctrica fija) y puede ser suficiente una combinación flexible de mesas/bancos móviles.

Pueden ser necesarias salas especializadas para el trabajo que requiere "aire limpio" (por ejemplo, el relacionado con algunos contaminantes ambientales), o para el trabajo con sustancias que han de manipularse con especial cuidado, por motivos de seguridad o para evitar la contaminación cruzada (por ejemplo, materiales radioactivos y algunas sustancias especialmente tóxicas), o para el almacenamiento y distribución de patrones de compuestos puros que se están analizando a niveles residuales en alguna otra parte del laboratorio. Una sala especializada para operaciones en gran escala o actividades de preparación de muestras en las que se desprende polvo, como por ejemplo molturación, mezcla o agitación, será muy conveniente, sobre todo si se prevé trabajar con analitos heterogéneos.

Con arreglo a este criterio, los principales parámetros del diseño son los relacionados con una identificación correcta de las necesidades en lo que respecta a las actividades especializadas y una estimación de las necesidades relativas en lo que respecta a las actividades genéricas de química "por vía húmeda", las que se llevan a cabo en la "sala de instrumentos" y, en su caso, las relacionadas con la "microbiología de los alimentos", cuando se realizan en los mismos locales, como sucede a menudo.

Para facilitar una rápida evacuación en caso de incendio o cualquier otra emergencia, deben preverse por lo menos dos entradas/salidas en cada habitación, siempre que sea posible.

9.5.2. DIMENSIONES

Para la determinación de las dimensiones necesarias para poder realizar un correcto control de la calidad del proceso se comparan con plantas de similares características.

Con este criterio se concluye que se instalará un laboratorio de 15 metros de ancho y 10 metros de profundidad. Esto supone un área de 150 metros cuadrados.

9.6. ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO

9.6.1. CONSIDERACIONES DE ALMACENAJE

Las condiciones para el almacenamiento del polipropileno son un ambiente seco y temperaturas relativamente constantes, para evitar problemas de condensación que ocasionaría fluctuaciones en el comportamiento del material durante el procesamiento.

El PP que no ha sido estabilizado se ve afectado por una exposición prolongada a la radiación ultravioleta y debe, por lo tanto, estar protegido de la luz solar.

En general no se recomienda realizar estivas de más de dos niveles.

Por razones de seguridad, evitar el derrame sobre el piso, el cual puede resultar resbaladizo.

El polipropileno no afecta el medio ambiente. Dentro del medio ambiente representa una materia extraña, cuya descomposición es lenta. No es soluble en agua y biológicamente es inerte.

9.6.2. DISEÑO DEL ALMACENAMIENTO

La empresa tiene la política de mantener la menor cantidad posible de capital inmovilizado, lo cual se aplica obviamente también al sector de almacenaje.

Por esta razón se plantea un stock máximo de producto final equivalente a 10 días de trabajo.

Los distintos grados de polipropileno se almacenan en bolsas de PEBD y PEBDL con una capacidad de 25 kg, paletizados sobre una plataforma de madera con cuatro entradas de acceso para grúa horquilla o transpaleta manual. Está formada por 55 sacos de 25 kg de producto envuelto por film stretch a su alrededor y un top cover en la pared superior.



Figura 9-4 Almacenamiento de PP

Fuente: www.petroquim.cl

El transporte de la materia prima se realiza en camiones con un máximo de 20 palets cargados con un total de 27 500 kg.

Dimensiones del palet con 55 sacos:

Ancho	1 300 mm
Profundidad	1 100 mm
Altura sin sacos	144 mm
Altura con sacos	1 935 mm
Peso con sacos	1 400 kg

Tabla 9-1 Dimensiones palets

Fuente: Elaboración propia

La producción anual es de 200 000 tn/año, y según la programación de producción se trabajan 340 días por año. Por lo tanto, la producción diaria es de aproximadamente 590 toneladas.

$$\frac{\text{palet}}{\text{día}} = 200000 \frac{\text{tn}}{\text{año}} \frac{1 \text{ año}}{340 \text{ día}} \frac{1 \text{ bolsa}}{0,025 \text{ tn}} \frac{1 \text{ palet}}{55 \text{ bolsa}} = 427,8 \frac{\text{palet}}{\text{día}}$$

Por lo tanto, teniendo en cuenta un stock equivalente a la producción de 10 días deberá diseñarse un almacenaje para 4 278 palet. Como se estivan en dos niveles el área necesaria será para 2 139 palets.

Se elige una disposición de 52 palets de ancho por 42 de profundidad. Además, se aplica un factor de 1,25 para considerar posibles expansiones y el espacio necesario para pasillos de circulación de autoelevadores.

Con estas consideraciones se determinan las dimensiones del almacén de producto terminado.

$$\text{Ancho} = 52 \text{ palet} \cdot 1,3 \frac{\text{m}}{\text{palet}} \cdot 1,25 = 84,5 \text{ m}$$

$$\text{Profundo} = 42 \text{ palet} \cdot 1,1 \frac{\text{m}}{\text{palet}} \cdot 1,25 = 57,75 \text{ m}$$

$$\text{Área} = \text{Ancho} \cdot \text{Profundo} = 84,5 \text{ m} \cdot 57,75 \text{ m} = 4880 \text{ m}^2$$

La mitad de la producción se envasa en big bags de 1 250 kg. Éstas bolsas son colocadas sobre palets de madera.

El cálculo realizado anteriormente se considera correcto pese a que los big bags ocupan mayor área con respecto a la cantidad de material que almacenan (1 350 kg/palet en bolsas de 25 kg contra 1 250 kg/palet en el caso de utilizar big bag. Esto es posible debido al factor de seguridad planteado para el cálculo.

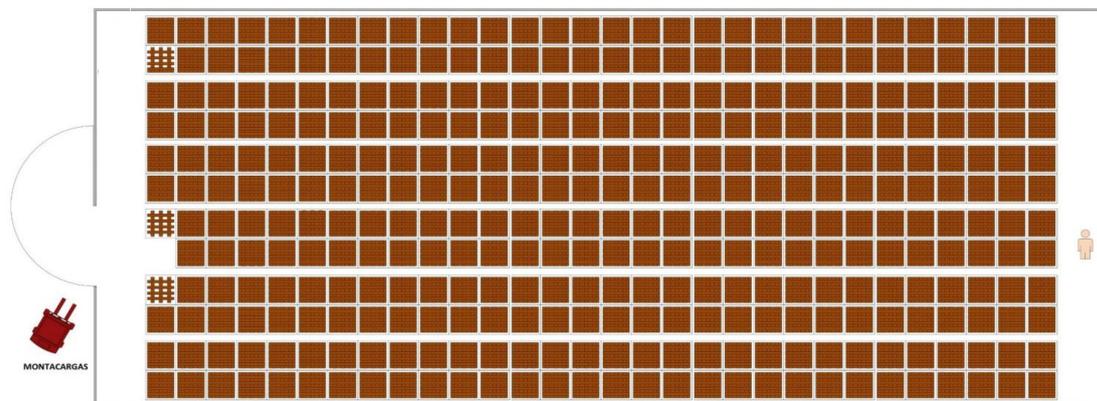


Figura 9-5 Almacenamiento de producto final

Fuente: Obtención de LICO_3 a partir de salmueras

9.7. EDIFICIOS AUXILIARES

Además de las zonas contempladas para el normal funcionamiento de la planta, se consideran una serie de áreas con distintas utilidades que tienen como fin brindar mejores condiciones laborales a los empleados de la empresa.

9.7.1. ESTACIONAMIENTO

Se selecciona una zona para resguardar los vehículos de los empleados, que además sirve como punto de reunión en caso de emergencias.

Este estacionamiento es de 15 metros de ancho y 30 metros de largo, con capacidad para albergar a aproximadamente 30 vehículos.

9.7.2. COMEDOR

Si bien los turnos de trabajo están distribuidos de manera tal que no es necesario que los empleados tengan las comidas básicas diarias dentro de la planta, se planea la construcción de un comedor donde reciban el refrigerio correspondiente.

Con este fin se dimensiona un área de 30 m².

9.7.3. SANITARIOS Y VESTIDORES

Dentro de las normativas laborales, se exige la construcción de sanitarios para satisfacer las necesidades básicas de los empleados.

En el lote perteneciente a la planta un área de 50 m² es destinada a la construcción de los sanitarios y vestidores.

9.8. OFICINAS ADMINISTRATIVAS

Como se plantea en el capítulo 5 “Localización”, la planta está ubicada en un parque industrial en la zona de Campana. Es por ello, que el área del lote dentro de éste, que corresponde a la empresa, se debe destinar fundamentalmente a tareas productivas, a fin de lograr un máximo aprovechamiento de los beneficios de este tipo de sectores especialmente preparados para estos fines.

En el sector de la planta, sólo se instalarán oficinas en un total de 50 m² para la realización de tareas principalmente de recepción y planeamiento.

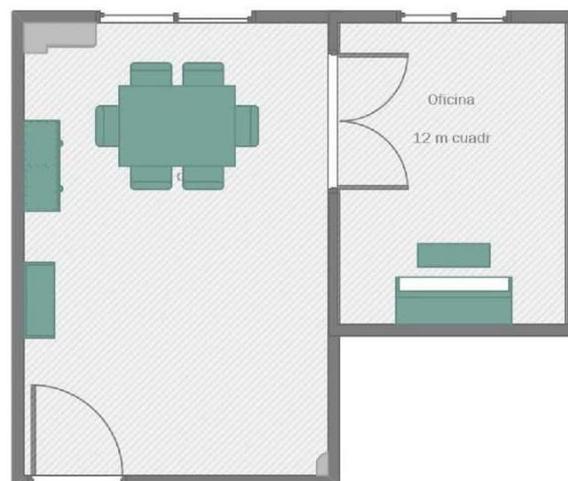


Figura 9-6 Oficinas

Fuente: blog.soporteti.net

Atendiendo a esta situación, se decide que el lugar destinado a tareas administrativas será en la zona céntrica del partido de Campana.

9.9. DISTRIBUCIÓN GENERAL

En base a lo definido a lo largo del capítulo, se concluye que para el funcionamiento total de la planta se necesita un lote de aproximadamente 30 000 m² de superficie.

En la figura 9-7 se muestra en forma esquemática la distribución elegida para llevar a cabo el proyecto de elaboración de polipropileno.

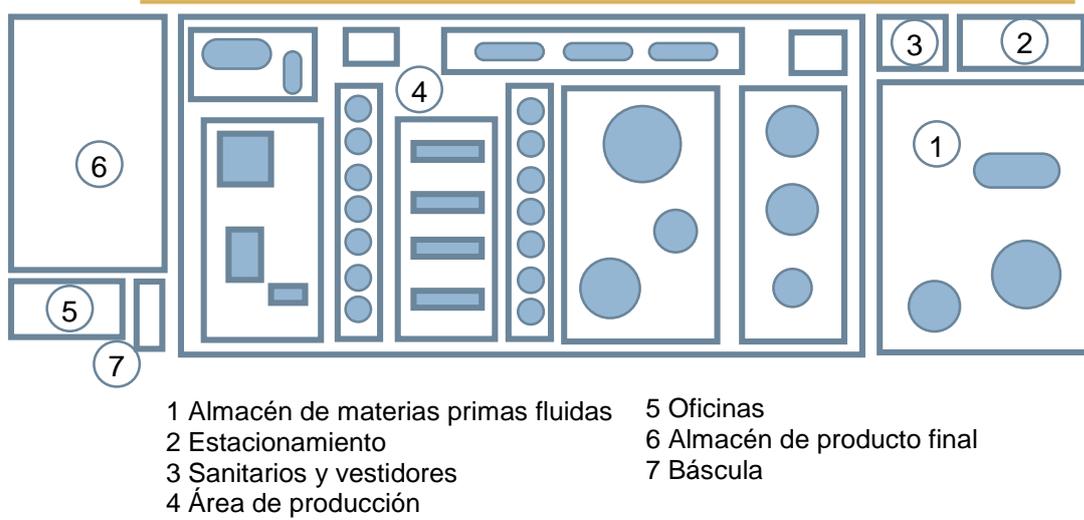


Figura 9-7 Distribución general de la planta

Fuente: Elaboración propia

10. ASPECTOS JURÍDICOS

10.1. INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo cualquier tipo de actividad que genere o demande interacciones entre diferentes grupos de interés debe estar sujeto a ciertas normas que regulen el comportamiento de las partes que intervienen en ella. Estas normas sirven para sistematizar los derechos y obligaciones que va a tener cada uno de los miembros componentes de la sociedad.

La factibilidad de un proyecto no puede analizarse únicamente desde el aspecto económico. Ya que, si no se apega a las normas legales que van a regir la actividad en el lugar en el cual se lleve a cabo el proyecto, no podrá realizarse por mayor rentabilidad que pueda presentar.

Todas las etapas de análisis, planificación, desarrollo y finalización del proyecto, deben atender a todos los aspectos legales pertinentes. Es por ello, que, como se dijo en el capítulo 5 “Localización” es uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de determinar la ubicación del proyecto.

Por lo expuesto anteriormente, en el siguiente capítulo se abordarán los distintos aspectos normativos aplicables a este proyecto en base al tipo de actividad y la localización seleccionada.

10.2. MARCO LEGAL

10.2.1. LEGISLACIÓN NACIONAL

Existe una gran cantidad de leyes que se aplican al tipo de industria que se plantea implementar en este proyecto. Estas leyes van a afectarlo en una gran variedad de aspectos, ya sea impositivo, organizacional, ambiental, etc. Es por ello que a continuación se presentará un resumen de aquellas leyes, decretos y convenios que revisten de mayor relevancia para este proyecto.

CONSTITUCIÓN NACIONAL

Capítulo 2 “Nuevos Derechos y Garantías” - Artículo 41: “Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales. Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de la protección, y a las provincias las necesarias para complementarlas, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales.

Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o parcialmente peligrosos, y de los reactivos.”

LEY 24 354/94- DECRETO REGLAMENTARIO 720/95: SISTEMA NACIONAL DE INVERSIÓN PÚBLICA

Incluye estudios de impacto ambiental en la presentación de proyectos.

10.2.1.2. LEY 25 675/02: LEY GENERAL DE AMBIENTE

Esta ley establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.

La presente ley regirá en todo el territorio de la Nación, sus disposiciones son de orden público, y se utilizarán para la interpretación y aplicación de la legislación específica sobre la materia, la cual mantendrá su vigencia en cuanto no se oponga a los principios y disposiciones contenidas en ésta.

La política ambiental argentina está sujeta al cumplimiento de los siguientes principios: de congruencia, de prevención, precautorio, de equidad intergeneracional, de progresividad, de responsabilidad, de subsidiariedad, de sustentabilidad, de solidaridad y de cooperación.

10.2.1.4. LEY 25 612/02: GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES

Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, que sean generados en todo el territorio nacional y derivados de procesos industriales o de actividades de servicios.

Se entiende por proceso industrial, toda actividad, procedimiento, desarrollo u operación de conservación, reparación o transformación en su forma, esencia, calidad o cantidad de una materia prima o material para la obtención de un producto final mediante la utilización de métodos industriales.

Se entiende por actividad de servicio, toda actividad que complementa a la industrial o que por las características de los residuos que genera sea asimilable a la anterior, en base a los niveles de riesgo que determina la presente.

LEY 25 688/02: RÉGIMEN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE AGUAS

En esta Ley se establecen los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional. Utilización de las aguas. Cuenca hídrica superficial. Comités de cuencas hídricas.

LEY 20 284: LEY DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Establece las normas para la preservación de los recursos del aire: fija parámetros de calidad de aire, crea el registro catastral de fuentes contaminantes y establece sanciones. No está reglamentada.

10.2.1.6. LEY 24 051/91: RESIDUOS PELIGROSOS

Ámbito de aplicación y disposiciones generales. Registro de generadores y operadores, transportistas, infracciones régimen penal, autoridad de aplicación, disposiciones complementarias, prohíbase su importación. Promulgada de hecho el 08/01/92.

10.2.1.7. DECRETO REGLAMENTARIO 831/93

Reglamentación de la ley 24 051 (residuos peligrosos).

10.2.1.8. DECRETO 674/89: RECURSOS HÍDRICOS.

Régimen al que se ajustarán los establecimientos industriales y/o especiales que produzcan en forma continua o discontinua vertidos industriales o barros originados por la depuración de aquéllos a conductos cloacales, pluviales o a un curso de agua. Ámbito de aplicación.

10.2.1.10. LEY 19 857 DECRETO 351: LEY DE HIGIENE Y SEGURIDAD LABORAL.

Su aplicación en este proyecto se encuentra descripta en el Capítulo 13 “Higiene y seguridad”.

10.2.1.11. CONVENIO COLECTIVO DE TRABAJO N° 77/89

Se aplica el convenio correspondiente para la industria química y petroquímica.

10.2.2. LEGISLACIÓN PROVINCIAL

Como se determinó en el capítulo 5 “Localización”, este proyecto se llevará a cabo en la provincia de Buenos Aires. Es por ello que es de vital importancia verificar la legislación provincial específica aplicable a este tipo de emprendimiento.

CONSTITUCIÓN PROVINCIAL

Establece los lineamientos básicos acerca de los derechos y obligaciones con que cuenta todo habitante de la provincia.

En su artículo 28 establece que los habitantes de la Provincia tienen el derecho a gozar de un ambiente sano y el deber de conservarlo y protegerlo en su provecho y en el de las generaciones futuras.

LEY 11 459: LEY DE RADICACIÓN INDUSTRIAL

Establece condiciones para la radicación de establecimientos industriales dentro del territorio de la Provincia de Buenos Aires.

De esta forma se clasifica a las industrias en categorías según su complejidad ambiental, se determinan las características de los estudios necesarios para la obtención de la autorización de radicación y se fijan los mecanismos de sanción de las infracciones.

RESOLUCIÓN 345/98

En su artículo primero deja establecido que los establecimientos industriales que posean "residuos especiales" de acuerdo a la definición fijada por el citado Decreto y generados en las líneas de procesos necesarios para elaborar los productos de su actividad y/o las tareas vinculadas con el tratamiento de sus efluentes y residuos, están obligados a presentar la Declaración Jurada que fija el Decreto N° 806/97.

RESOLUCIÓN 322/98

Determina que aquellos establecimientos generadores de Residuos Especiales o Industriales No Especiales que posean como lugar de disposición final de los mismos, "Unidades de Disposición Final" ubicadas en un predio de su propiedad, distinto al del lugar de generación, que se encuentren o no situadas en la misma jurisdicción municipal, serán alcanzados por las disposiciones de la presente resolución.

10.2.2.5.

LEY 11 723: LEY INTEGRAL DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES

En su Artículo 1º la presente ley, conforme el artículo 28º de la Constitución de la Provincia de Buenos Aires, tiene por objeto la protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires, a fin de preservar la vida en su sentido más amplio; asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica.

10.2.2.6.

LEY N° 14 343: IDENTIFICACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES

Regula la identificación de los pasivos ambientales, y obliga a recomponer sitios contaminados o áreas con riesgo para la salud de la población, con el propósito de mitigar los impactos negativos en el ambiente (contaminación del agua-suelo-aire).

10.2.2.7.

LEY 13 592: GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

La presente ley tiene como objeto fijar los procedimientos de gestión de los residuos sólidos urbanos, de acuerdo con las normas establecidas en la Ley Nacional N° 25 916 de "presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios".

La gestión integral comprende las siguientes etapas: generación, disposición inicial, recolección, transporte, almacenamiento, planta de transferencia, tratamiento y/o procesamiento y disposición final.

RESOLUCIÓN 1 143/02

Dictada por el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS), esta norma regula la disposición de RSU en rellenos sanitarios. Indica que éstos deberán establecerse “en áreas cuya zonificación catastral sea Rural” y cómo deben ser la ^{10.3.2.8}aislación de su base y taludes laterales, entre otros varios aspectos.

LEY 11 720: LEY DE GENERACIÓN, MANIPULACIÓN ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS ESPECIALES"

10.2.2.9.

Dentro de los aspectos más relevantes de esta ley destacamos que en el artículo 1º determina que la generación, manipulación almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales en el territorio de la provincia de Buenos Aires, quedan sujetos a las disposiciones de la presente ley.

En el Artículo 2º establece que son fines de la presente ley: Reducir la cantidad de residuos especiales generados, minimizar los potenciales riesgos del tratamiento, transporte y disposición de los mismos y promover la utilización de las tecnologías más adecuados, desde el punto de vista ambiental.

En el artículo 3º se define que se entiende como residuo a cualquier sustancia u objeto, gaseoso (siempre que se encuentre contenido en recipientes), sólido, semisólido o líquido del cual su poseedor, productor o generador se desprenda o tenga la obligación legal de hacerlo.

El artículo 17 establece que todos los Estudios para la determinación del Impacto Ambiental y aquéllos relacionados a la preservación y monitoreo de los recursos naturales deberán ser efectuados y suscriptos en el punto que hace a su especialidad, por ^{10.2.1.9}profesionales que deberán estar inscriptos en un Registro de Profesionales para el Estudio de Impacto Ambiental creado por la Ley 11 459.

RESOLUCIÓN 063/96

Dicha resolución reglamenta las condiciones para transportar residuos especiales en la provincia de Buenos Aires.

10.3. MARCO IMPOSITIVO

En la Argentina, la recaudación es llevada a cabo por los gobiernos nacional, provincial y municipal, principalmente, mediante impuestos aplicados a ganancias, activos y consumo. A nivel nacional, la AFIP, una entidad independiente que informa al Ministro de Economía, es responsable de cobrar los impuestos, recaudar y supervisar.

A nivel nacional, los principales ingresos por recaudación de impuestos incluyen: Impuesto a las Ganancias, Impuesto al Valor Agregado, Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta, Impuestos Especiales, Impuesto a los Bienes Personales e Impuesto sobre los Débitos y Créditos Bancarios y Otras Operatorias.

A nivel provincial, los impuestos son recaudados y administrados por los organismos fiscales de las provincias, trabajando bajo la directiva de los ministros de economía de cada provincia. Los principales impuestos provinciales son: Impuesto sobre los Ingresos Brutos, Impuesto al Sello e Impuesto a la Transferencia de Inmuebles.

Las municipalidades recaudan ingresos mediante tasas y contribuciones especiales.

10.3.1. IMPUESTOS NACIONALES

IMPUESTO A LAS GANANCIAS

Todos los ingresos, incluyendo ganancias de capital, están sujetos a impuestos. Las empresas que residen en Argentina pagan impuestos a sus ganancias mundiales. Sin embargo, pueden incluir cualquier impuesto similar pagado sobre sus actividades en el extranjero, hasta las responsabilidades fiscales incrementadas como consecuencia de la incorporación del ingreso ganado en el exterior.

Son considerados residentes con fines impositivos: argentinos y extranjeros nacionalizados, extranjeros con residencia permanente en la Argentina o aquellos que hayan residido legalmente en el país durante 12 meses; las sucesiones indivisas de contribuyentes fallecidos que residían en la Argentina en el momento de su muerte; Sociedad Anónima (SA) y otras asociaciones (unipersonales, asociaciones civiles, fundaciones, etc.) establecidas en el país.

Sucursales locales de empresas establecidas en el extranjero son consideradas entidades residentes y, por lo tanto, sujetas a impuestos.

La tasa impositiva aplicable a empresas residentes y sucursales instaladas en este país perteneciente a empresas no residentes es el 35% de los ingresos totales.

Las empresas no residentes que no poseen sucursales o ningún otro establecimiento permanente en la Argentina están sujetas, solamente, a impuestos a las ganancias locales. En la Argentina, un agente de retención retiene el impuesto según una escala tributaria basada en el tipo de ingreso.

Estas tarifas surgen de la aplicación de una tasa del 35% sobre los presuntos ingresos, como establece la ley de impuesto a las ganancias. Como en muchos países, el contribuyente presenta una declaración de impuestos una vez al año.

El resultado fiscal (beneficio o pérdida) es determinado según reglas puestas por la legislación correspondiente en renta imponible en lo que respecta a gastos y gastos fiscalmente deducibles, exenciones y deducciones personales, inventario y métodos de valoración del crédito, traslado de pérdidas, etc.

ACUERDOS DE DOBLE TRIBUTACIÓN

La Argentina ha firmado acuerdos de doble tributación con más de 15 países para evitar la doble tributación sobre empresas o ingresos personales, capital y/o bienes.

IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (IVA)

^{10.3.1.2.} El IVA es un impuesto aplicado al valor de los bienes y servicios en cada etapa del proceso de comercialización; sin embargo, a diferencia del impuesto sobre la venta, transferencias al gobierno y créditos por impuestos ya pagados ocurren cada vez que, ^{10.3.1.3.} en un negocio, en la cadena de suministro, se compra un producto o servicio.

El IVA general es del 21%.

Un IVA diferencial de 10,5% aplica, entre otras, a las siguientes actividades: producción primaria, trabajos en cultivos, entre otras.

El IVA diferencial de 27% aplica para la venta de gas, energía eléctrica, servicio de agua potable, servicio de telecomunicaciones, servicio de drenaje y alcantarillado, siempre y cuando se estén utilizando en estados productivos.

Las importaciones están sujetas al IVA en las mismas tasas que los bienes domésticos o servicios.

Las exportaciones no están sujetas al IVA.

^{10.3.1.4.}

IMPUESTO A LA GANANCIA MÍNIMA PRESUNTA

Todas las empresas argentinas pagan el impuesto a la ganancia mínima presunta. Un impuesto anual del 1%, cálculo basado en el valor de todos los activos comunes en la Argentina y en el extranjero. También recauda gracias a los bienes situados en la Argentina, pertenecientes a individuos o entidades extranjeras establecidas de manera permanente.

Se requiere que las empresas paguen el impuesto a las ganancias o el impuesto a la ganancia mínima presunta, cualquiera sea el mayor de los dos. Cualquier exceso del impuesto a la ganancia mínima presunta sobre el impuesto a las ganancias puede ser transportado y acreditado contra cualquier obligación tributaria que pueda surgir en los próximos diez años.

Es posible calcular un crédito fiscal de cualquier impuesto similar pagado en el extranjero sobre activos situados fuera del país.

De modo similar, los pagos por adelantado con futuras obligaciones fiscales deben ser registrados para cada período.

El impuesto a la ganancia mínima presunta será eliminado en 2019.

IMPUESTO A LOS BIENES PERSONALES

Individuos y sucesiones indivisas deben pagar este impuesto personal que se calcula en relación a los activos que exceden una riqueza total de \$ 800 000 (para el año 2016) y \$ 950 000 (para el año 2017) y \$ 1 050 000 (para el año 2018).

10.3.1.5. IMPUESTOS ESPECIALES

Un impuesto especial es un impuesto interno por el consumo de bienes específicos, impuesto a tasas diferentes y sujeto a diferentes reglas de pago. En general, estos impuestos son pagados por fabricantes o importadores para comprar productos específicos.

IMPUESTO SOBRE LOS DÉBITOS Y CRÉDITOS BANCARIOS Y OTRAS OPERATORIAS

Las transacciones de crédito y débito en cuentas bancarias mantenidas por instituciones gobernadas por la ley de instituciones financieras están sujetas a una tasa impositiva general del 0,6%. Además, a todas las transacciones de dinero se les cobra un impuesto del 1,2% si son llevadas a cabo usando los sistemas de pago que sustituyen el empleo de cuentas corrientes.

Ciertas transacciones son cobradas a diferentes tasas y califican para exenciones específicas.

10.3.2. IMPUESTOS PROVINCIALES

10.3.2.1. IMPUESTO SOBRE LOS INGRESOS BRUTOS

Todas las provincias y la Ciudad de Buenos Aires aplican este impuesto sobre los ingresos brutos. Ingreso obtenido por todas las empresas involucradas en actividades comerciales, industriales, agrícolas, financieras o profesionales.

Este impuesto es percibido por cada transacción comercial y ningún crédito fiscal es obtenido por impuestos pagados durante los períodos precedentes. Las tasas dependen de la industria y el área, y van desde el 1.5% al 5%, aproximadamente. Los impuestos son pagados a lo largo del año con pagos mensuales o bimestrales, dependiendo de cada provincia.

10.3.2.2.

En el caso de la provincia de Buenos Aires, y para el tipo de industria analizada en este proyecto, la alícuota es del 4%.

IMPUESTO AL SELLO

El impuesto al sello es un impuesto provincial aplicado a la realización de instrumentos notariales y privados que incorpora contratos y otras transacciones para consideraciones valiosas.

IMPUESTO A LA TRANSFERENCIA DE INMUEBLES

Se requiere que los propietarios de bienes inmuebles paguen un impuesto anual aplicado a sus propiedades al precio establecido por la ley según la valoración fiscal de la tierra, libre de cualquier tipo de mejora, y sobre las mejoras de la tierra, si las hubiere. El impuesto sobre los bienes inmuebles es aplicado al valor de la tierra y edificios, sin tener en cuenta la situación financiera del contribuyente. La cantidad es establecida por la autoridad fiscal apropiada y es calculada según las leyes de cada período fiscal, que establecen la valoración y las escalas de las tasas para ser aplicadas a la base imponible según el tipo de propiedad.

10.3.3. IMPUESTOS MUNICIPALES

Los municipios cobran honorarios por varios servicios relacionados con la seguridad industrial, la higiene pública y la iluminación, por nombrar algunos; cálculo basado en variables como el ingreso público o parámetros fijos como el número de empleados, la capacidad de fuerza motriz y la potencia, entre otros.

10.4. TRÁMITES E INSCRIPCIONES IMPOSITIVAS

El primer paso que se debe realizar es la inscripción de la empresa en la Agencia de Recaudación de la provincia de Buenos Aires (ARBA), ya que es uno de los requisitos solicitados para la inscripción en la Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP).

Una vez realizada la inscripción en la ARBA, se procede a la inscripción de la persona física ante la AFIP.

Para inscribirse ante la AFIP y poder realizar una actividad económica se deberá contar con su Clave Única de Identificación Tributaria (CUIT) y la "Clave Fiscal" y haber efectuado la adhesión al monotributo o el alta de impuestos y/o la categorización como trabajador autónomo.

Se establece que las sociedades por acciones simplificadas con domicilio legal en la provincia de Buenos Aires realizarán el trámite de inscripción en la AFIP efectuando la solicitud de inscripción ante la dirección provincial de personas jurídicas de la provincia de Buenos Aires, utilizando la plataforma trámites a distancia.

El representante legal o sujeto autorizado accederá a la citada plataforma con su CUIT, CUIL o CDI y su clave fiscal con nivel de seguridad 2. Allí consignará la información de la sociedad en formación, los socios que la integrarán, la adhesión al domicilio fiscal electrónico y la designación del administrador de relaciones.

La dirección provincial de personas jurídicas de la provincia de Buenos Aires remitirá la información pertinente a la AFIP para culminar los trámites de inscripción.

11. ASPECTOS NORMATIVOS Y DE CALIDAD

11.1. INTRODUCCIÓN

En la República Argentina existen diferentes normas que indican las exigencias, tales como normas ISO, IRAM, ASME, etc., que en algunos casos pueden ser necesarias para ingresar en mercados específicos, o pueden ser implementadas por decisiones empresariales a través de la iniciativa de la política de calidad de la dirección o como estrategias comerciales.

Si bien estas normas contribuyen a la eficiencia de la organización, para ser aplicadas y certificadas es necesario realizar una inversión y disponer de capital humano y financiero para su mantenimiento. Numerosos estudios indican que la mejor organización que brinda la correcta utilización y aplicación del sistema de calidad mejorar considerablemente la utilidad neta de la empresa. Esto se debe a una disminución de costos como tiempos improductivos, disminución de transporte de mercaderías, mejora en el layout de la empresa y mejora en la conformidad de la satisfacción del cliente por estandarización de la calidad.

El polipropileno, como ya se analizó, es un commodity, es decir que es un producto con un nivel de diferenciación muy bajo. Es por ello que resulta fundamental la aplicación de estas normas de calidad para asegurar a los compradores ciertos estándares y poder competir con otros productores.

11.2. NORMAS A CERTIFICAR

11.2.1. NORMAS ISO

ISO, (Organización Internacional de Normalización, por sus siglas en inglés) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las Normas Internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrónica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrónica.

La adopción de un sistema de gestión de calidad debería ser una decisión estratégica de la organización. El diseño y la implementación del sistema de gestión de la calidad de la organización están influenciados por:

- a) El entorno de la organización, los cambios en ese entorno y los riesgos asociados con ese entorno.
- b) Sus necesidades cambiantes,
- c) Sus objetivos particulares,
- d) Los productos que proporciona,

- e) Los procesos que emplea,
- f) Su tamaño y la estructura de la organización,

El modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos que se muestra en la Figura 11-1 muestra que los clientes juegan un papel significativo para definir los requisitos como elementos de entrada. El seguimiento de la satisfacción del cliente requiere la evaluación de la información relativa a la percepción del cliente acerca de si la organización ha cumplido sus requisitos. El modelo mostrado en la Figura 11-1 cubre todos los requisitos de esta Norma Internacional, pero se refleja los procesos de una forma detallada.



Figura 11-1 Ciclo PHVA

Fuente: Elaboración propia en base a Normas ISO

NOTA: De manera adicional, puede aplicarse a todos los procesos la metodología conocida como “Planificar-Hacer-Verificar-Actuar” (PHVA), que brevemente puede describirse como:

- Planificar: establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- Hacer: implementar los procesos.
- Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos para el producto, e informar sobre los resultados.

- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos.

ISO 9 000: SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD

La serie de Normas ISO 9 000 son un conjunto de enunciados, los cuales especifican que elementos deben integrar el sistema de gestión de la calidad de una organización y como deben funcionar en conjunto estos elementos para asegurar la calidad de los bienes y servicios que produce la organización.

Las Normas ISO 9 000 no definen como debe ser el sistema de gestión de la calidad de una organización, sino que fija requisitos mínimos que deben cumplir los sistemas de gestión de la calidad. Dentro de estos requisitos hay una amplia gama de posibilidades que permite a cada organización definir su propio sistema de gestión de la calidad, de acuerdo con sus características particulares.

Las Normas ISO relacionadas con la calidad son las siguientes:

- ISO 9 000: Sistemas de gestión de la calidad – fundamentos y vocabulario. En ella se definen términos relacionados con la calidad y establece lineamientos generales para los sistemas de gestión de la calidad.
- ISO 9 001: Sistemas de gestión de la calidad – requisitos. Establece los requisitos mínimos que debe cumplir un sistema de gestión de la calidad. Puede utilizarse para su aplicación interna, para certificación o para fines contractuales.
- ISO 9 004: Sistemas de gestión de la calidad –directrices para la mejora del desempeño. Proporciona orientación para ir mas allá de los requisitos de la ISO 9 001, persiguiendo la mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

11.2.1.2.

ISO 14 000: SISTEMAS DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

La ISO 14 000 es una serie de normas internacionales para la gestión medioambiental. Es la primera serie de normas que permite a las organizaciones de todo el mundo realizar esfuerzos medioambientales y medir la actuación de acuerdo con unos criterios aceptados internacionalmente. La ISO 14 001 es la primera de la serie 14 000 y especifica los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión medioambiental. La ISO 14 001 está dirigida a ser aplicable a “organizaciones de todo tipo y dimensiones y albergar diversas condiciones geográficas, culturales y sociales”. El objetivo general tanto de la ISO 14 001 como de las demás normas de la serie 14 000 es apoyar a la protección medioambiental y la prevención de la contaminación en armonía con las necesidades socioeconómicas. La ISO 14 001 se aplica a cualquier organización que desee mejorar y demostrar a otros su actuación medioambiental mediante un sistema de gestión medioambiental certificado.

La ISO 14 001 no prescribe requisitos de actuación medioambiental, salvo el requisito de compromiso de continua mejora y la obligación de cumplir la legislación y regulación relevantes. La norma no declara la cantidad máxima permisible de emisión de óxido nitroso de gases de combustión, ni el nivel máximo de contenido bacteriológico en el efluente de aguas residuales. La ISO especifica los requisitos del propio sistema

de gestión, que, si se mantienen adecuadamente, mejorarán la actuación medioambiental reduciendo los impactos, tales como emisiones de óxido nitroso y efluentes bacteriológicos.

ISO 18 000: SEGURIDAD Y CALIDAD DE VIDA EN EL TRABAJO

Son una serie de estándares voluntarios internacionales relacionados con la gestión de seguridad y salud ocupacional. Que buscan a través de una gestión sistemática y estructurada asegurar el mejoramiento de la salud y seguridad en el lugar de trabajo.

El objetivo de la norma es proporcionar a las organizaciones un sistema de gestión de la seguridad y la salud ocupacional que permita identificar y evaluar riesgos laborales desde el punto de vista de requisitos legales.

ISO 26 000: RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIA

El objetivo que se plantea es el de:

11.2.1.4.

- Asistir o ayudar a las organizaciones a establecer, implementar, mantener y mejorar los marcos o estructuras de RS.
- Apoyar a las organizaciones a demostrar su RS mediante una buena respuesta y un efectivo cumplimiento de compromisos de todos los accionistas y grupos de interés, incluyendo a los gestores, a quienes quizás recalcará su confianza y satisfacción; facilitar la comunicación confiable de los compromisos y actividades relacionadas a RS.
- Promover y potenciar una máxima transparencia. El estándar será una herramienta para el desarrollo de la sustentabilidad de las organizaciones mientras se respetan variadas condiciones relacionadas a leyes de aguas, costumbre y cultura, ambiente psicológico y económico.
- Hacer también un ligero análisis de la factibilidad de la actividad, refiriéndose a los asuntos que pueden afectar la viabilidad de la actividad y que requieren de consideraciones adicionales por parte de ISO.

De esta manera se plantean como beneficios esperados de la implementación del estándar, los siguientes:

- Facilitar el establecimiento, implementación y mantenimiento y mejora de la estructura o marcos de RS en organizaciones que contribuyan al desarrollo sustentable.
- Contribuir a incrementar la confianza y satisfacción en las organizaciones entre los accionistas y grupos de interés (incluyendo a los gestores);
- Incrementar las garantías en materia de RS a través de la creación de un estándar único aceptado por un amplio rango de stakeholders;
- Fortalecer las garantías de una observancia de conjuntos de principios universales, como se expresa en las convenciones de las Naciones Unidas, y en la declaración incluida en los principios del pacto global y particularmente en la declaración universal de los derechos humanos, las declaraciones y convenciones de OIT, la declaración de Río sobre el medioambiente y desarrollo, y la convención de las Naciones Unidas contra la corrupción.

- Facilitar las liberaciones del mercado y remover las barreras del comercio (implementación de un mercado abierto y libre), complementar y evitar conflictos con otros estándares y requerimientos de RS ya existentes.

11.2.2. NORMAS IRAM

El Instituto Argentino de Normalización y Certificación (originalmente Instituto de Racionalización Argentino de Materiales: IRAM) es el instituto encargado de la normalización y certificación, en Argentina.

Se trata de un organismo público cuyos orígenes se remontan al 2 de mayo de 1935. Fue el primer organismo de normalización en América Latina.

Tiene convenios con distintos organismos internacionales, y con universidades. Entre los primeros, se encuentran AENOR, AFNOR y ABNT; mientras que entre las universidades se cuenta la UBA y la UNLP, entre otras.

El IRAM cuenta con distintas filiales dentro de Argentina y filiales en Chile, Bolivia, Ecuador y Perú.

IRAM es el representante argentino de la ISO, en la “Comisión Panamericana de Normas Técnicas” (COPANT) y en la “Asociación MERCOSUR de Normalización” (AMN).

Las normas IRAM que aplicarán sobre este proyecto son las siguientes:

Normas sobre seguridad	
IRAM 10 004	Lentes para sistemas fijos de señalamiento luminoso para tránsito. Características generales.
IRAM 10 005-1	Colores y señales de seguridad. Colores y señales fundamentales.
IRAM 10 005-2	Colores y señales de seguridad. Aplicación de los colores de seguridad en señalizaciones particulares.
IRAM 10 007	Señales de advertencia. Sistema de señalización de riesgos para eventual incendio u otra emergencia.
IRAM 10 031	Juego de balizas triangulares retrorreflectoras.
IRAM 10 032	Baliza cónica para señalización vial.
IRAM 10 033	Señales de advertencia. Láminas reflectoras adhesivas.
IRAM 10 036	Retrorreflectores. Definiciones y coordenadas geométricas para la medición de cantidades vinculadas con la retrorreflexión.
IRAM 10 037	Retrorreflectores. Método de ensayo para la medición de las características fotométricas.
IRAM 113 094	Plantas y tacos de caucho para calzado de seguridad. Características de los compuestos de caucho.
IRAM 113 095	Compuestos de poliuretano para plantas y tacos de calzado de seguridad.

IRAM 133 00	Guantes de polil (cloruro de vinilo) plastificado para uso general.
IRAM 13 301	Guantes entelados de polil (cloruro de vinilo) plastificado para uso industrial.
IRAM 2 507	Sistema de seguridad para la identificación de cañerías.
Normas de calidad ambiental	
IRAM 29 001	Ecología. Aire. Definiciones.
IRAM 29 002-1	Ecología. Calidad del agua. Definiciones.
IRAM 29 004	Calidad del medio ambiente. Definiciones de términos generales.
IRAM 29 005	Medio ambiente y recursos de base. Vocabulario sobre materias primas. Términos utilizados para la gestión de desechos.
IRAM 29 006	Calidad del medio ambiente. Agua. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno después de 5 d (DBO5), por dilución y siembra.
IRAM 29 007-1	Calidad del agua. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) por la técnica del dicromato.
IRAM 29 007-2	Calidad del agua. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO). Parte 2: Método colorimétrico con reflujo cerrado.
IRAM 29 008	Medio ambiente. Calidad del agua. Determinación del oxígeno disuelto. Método yodométrico.
IRAM 29 009	Medio ambiente. Calidad del agua. Determinación del oxígeno disuelto. Método electroquímico de la sonda.
IRAM 29 010-1	Calidad ambiental. Calidad de agua. Determinación de cianuro. Parte 1: Determinación de cianuro total.
IRAM 29 010-2	Calidad ambiental - Calidad del agua. Determinación de cianuro. Parte 2. Determinación de cianuro fácilmente liberable.
IRAM 29 011	Calidad ambiental. Calidad de agua. Determinación de turbidez.
IRAM 29 012-1	Calidad ambiental - Calidad de agua. Muestreo. Parte 1: Directivas generales para el diseño de programas de muestreo.
IRAM 29 012-10	Medio ambiente. Calidad del agua. Muestreo de aguas residuales.
IRAM 29 012-11	Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 11. Directivas para el muestreo de aguas subterráneas.
IRAM 29 012-12	Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 12: Directivas para el muestreo de sedimentos.
IRAM 29 012-13	Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo - Parte 13. Directivas para el muestreo de lodos de aguas residuales y de aguas tratadas, y lodos relacionados.

IRAM 29 012-14	Calidad ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Parte 14: Directivas sobre aseguramiento de la calidad del muestreo y manipulación de agua.
IRAM 29 012-15	Calidad ambiental - Calidad de agua. Muestreo. Parte 15: Directivas para la preservación y manipulación de muestras de barros y sedimentos.
IRAM 29 012-16	Calidad ambiental - Calidad del agua. Muestreo. Parte 16: Guía para el bioensayo de muestras.

11.3. CONTROL DE CALIDAD

También es muy importante realizar un control de calidad interno de manera de auditar el proceso y poder corregir cualquier desvío que se presente en las especificaciones finales del producto.

Para ello existen una gran variedad de técnicas que pueden utilizarse, y dentro de éstas se han seleccionado las que se consideran de mayor relevancia.

11.3.1. ESPECTROSCOPIA

Si se trata de analizar muestras de polímeros, las técnicas espectroscópicas ofrecen diversas ventajas. En general, la preparación de muestras es mínima o no se requiere en absoluto, y las medidas son no destructivas. Como consecuencia, el proceso completo es simple y permite ahorrar tiempo, con resultados precisos en segundos.

11.3.1.1. COMPROBACIÓN DE ADITIVOS

Los aditivos se emplean para modificar los polímeros de varias formas: para generar un color concreto, hacer que el material sea más fácil de procesar y más duradero, cambiar su apariencia o hacerlo más suave y flexible, etc. Es necesario, por tanto, comprobar el contenido de estos estabilizadores en el producto finalizado, para confirmar que cumple con los requisitos establecidos.

Mediante espectroscopía, se pueden determinar niveles de aditivos bajos directamente en los gránulos de polímero intacto.

COMPROBACIÓN DE LOS NIVELES DE COPOLÍMEROS

El orden secuencial de las diferentes unidades de monómero en los polímeros es un factor decisivo. Este orden establece las propiedades más importantes del producto final.

La espectroscopía puede determinar los niveles de copolímero en granulados de polímeros sin necesidad de preparación de muestras, lo que permite confirmar rápida y fácilmente la calidad del producto.

11.3.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA

Los polímeros absorben agua fácilmente. Las propiedades de los plásticos se ven comprometidas por la presencia de una cantidad de humedad excesiva. En los procesos de moldeo de granulado, por ejemplo, la humedad residual reacciona con el polímero fundido, deteriorando así sus propiedades físicas y químicas. Por ello, se debe comprobar el contenido de agua de los polímeros, para garantizar una calidad apropiada del producto.

Uno de los métodos más comunes para la determinación del contenido de agua en polímeros es la pérdida por desecación (LOD, por sus siglas en inglés). Este método, sin embargo, no determina el contenido de agua, sino el contenido total de componentes volátiles. Además, este tipo de determinación exige mucho tiempo.

Como alternativa viable al método LOD, se utiliza la técnica de titulación Karl Fischer coulométrica.

Como la mayor parte de los polímeros no son solubles, se extrae la humedad de las muestras de polímero mediante calor; la evaporación de la humedad se transfiere a la célula coulométrica con un flujo de gas de arrastre seco. La llamada "técnica del horno" es una reconocida técnica de preparación de las muestras en la titulación Karl Fischer y está recomendada en varias normas (por ejemplo, ASTM D 6 869-03 o ISO 15 512).

11.3.3. VOLTAMPEROMETRÍA: DETERMINACIÓN DE RESIDUOS, IMPUREZAS Y CONTAMINANTES

La voltamperometría es una técnica versátil para la determinación de sustancias electroquímicamente activas como, por ejemplo, iones orgánicos e inorgánicos, pero también para compuestos orgánicos neutros. Esta técnica presenta ciertos beneficios como son una amplia gama de aplicaciones, así como también celeridad en los resultados y alta precisión y sensibilidad.

La voltamperometría puede determinar metales en cualquier plástico. En el análisis voltamperométrico, las muestras de plástico se preparan para eliminar los componentes orgánicos. Esto se hace normalmente por medio de la mineralización (digestión por microondas), combustión o, alternativamente, por medio de la extracción (con un ácido mineral).

12. ASPECTOS AMBIENTALES

12.1. INTRODUCCIÓN

La correcta gestión de los aspectos ambientales resulta un factor fundamental para cualquier proyecto. Para garantizar el desarrollo sustentable debemos conseguir tanto el beneficio económico como la protección del medio ambiente. En los casos en los que no se ha cumplido un correcto manejo ambiental la oposición social puede interrumpir y hasta impedir la instalación de nuevos proyectos. Además, el cumplimiento de las leyes ambientales, así como también la búsqueda del consenso social para la actividad favorecen una producción amigable con el entorno.

Se define como impacto ambiental a toda acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes de éste. El término impacto no implica negatividad, ya que éstos pueden ser tanto positivos como negativos. Las alteraciones pueden ser de distintos grados de intensidad en el entorno en el que se desarrolle.

La evaluación del impacto en el entorno es un procedimiento técnico-administrativo que se utiliza para identificar, prevenir e interpretar el conjunto de las correspondencias influyentes en el ambiente que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado. Implica anticipar las consecuencias de una acción y poder así buscar alternativas que minimicen los efectos sobre el ambiente. Para ello, se requiere de una clara comprensión de distintos procesos tecnológicos, económicos y sociales.

En este capítulo, se realizará un estudio preliminar de los potenciales impactos que podrían tener lugar en las distintas fases del proyecto (construcción, operación y mantenimiento).

Se deja constancia que el análisis deberá ser ampliado en la etapa de factibilidad.

12.2. RESPONSABILIDAD SOCIAL AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA

La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) es un concepto de gran importancia para el presente capítulo. La misma se define como la contribución activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental por parte de las empresas, generalmente con el objetivo de mejorar su situación competitiva, valorativa y su valor agregado, es de gran importancia tenerlo presente

Lo mencionado con anterioridad se encuentra ligado íntimamente con la Responsabilidad Ambiental la cual recae en las organizaciones, como principales fuentes de contaminación ambiental. Por esa misma razón es que las empresas deben incluir, dentro de sus programas, estrategias que minimicen los impactos ambientales generados por la propia actividad del proyecto.

Muchas empresas han instaurado dentro de su organización, el SGA Sistema de Gestión Ambiental. Se trata de un sistema estructurado de gestión que incluye la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las

prácticas, los procesos, los procedimientos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día, los compromisos en materia de protección ambiental a los que suscribe una compañía.

En cuanto a la empresa, el modelo de gestión propuesto se basa en un modelo de autocontrol que permita conocer todos los impactos ambientales generados por la empresa para valorarlos según criterios objetivos. Una vez determinados los impactos se ponderan en función de su importancia, para operar posteriormente, sobre ellos priorizando el orden instituido y su evolución a través del tiempo.

Para establecer este sistema de autocontrol y poder verificar su validez se sigue una serie de pasos que se plasman y sintetizan en una “Matriz de Impacto Ambiental”.

12.3. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ASOCIADA AL PROYECTO

La empresa se trata de una planta de producción de polipropileno que será ubicada en el Parque Industrial de Campana, por lo tanto, conlleva a disponer de una serie de ventajas asociadas a uno de los factores más complejos de satisfacer, que es la aceptación social.

Teniendo en cuenta el proceso productivo, dentro de la planta, la mayoría de los efluentes generados son de origen líquido que posteriormente serán tratados. Dentro de dichos efluentes consideramos el agua de lavado. La misma puede contener material en suspensión, pH modificado, DQO alterada, jabones, detergentes y solventes dentro de los productos de limpieza, aceites y grasas. Estos efluentes van a ser retirados y tratados por la empresa AMBCA. Tal empresa se dedica al tratamiento de efluentes industriales.

También se utiliza agua para el enfriamiento de producto a la salida de la extrusora, para contrarrestar esta contaminación térmica se utilizará una torre de enfriamiento de tiro natural con aire, para su posterior reutilización.

En cuanto a los efluentes gaseosos, el equipo factible de producir estos contaminantes es la extrusora, pero al momento de la selección del equipo se tuvo en cuenta la fuente de energía que utiliza. La extrusora seleccionada trabaja con resistencias eléctricas, con el fin de disminuir la generación de este tipo de efluente.

El equipo a considerar en cuanto a los efluentes gaseosos es la caldera para la producción de vapor, ya que trabaja con combustibles, teniendo como consecuencia los gases de combustión. Debido a que los niveles de emisión se encuentran debajo de los permitidos no es necesario realizar ningún tratamiento previo a la liberación de estos gases a la atmósfera.

Respecto a los residuos sólidos, la mayoría provienen de los almacenes de materia prima y del área de procesos: bolsas con restos de aditivos, restos de polímero que puedan dispersarse en las distintas etapas del proceso, trapos sucios, y otras sustancias como, cartón y plásticos generados por los envases descartados por ser defectuosos o

estar rotos; residuos provenientes del área administrativa y de mantenimiento. El parque industrial cuenta con un sistema de recolección de sólidos no peligrosos.

12.4. MARCO LEGAL

Como se determinó con anterioridad, el proyecto se instalará en el partido de Campana, provincia de Buenos Aires (Véase Capítulo 5 “Localización”). Por lo tanto, la legislación nacional y provincial aplicable al mismo fue detallada en el Capítulo 10 “Aspectos Jurídicos”.

12.5. ESTRUCTURA DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

La estructura de la Evaluación de Impacto Ambiental comprende los siguientes ítems:

- Determinación de la línea de base ambiental o línea cero: descripción general del entorno del proyecto.
- Identificación y valoración de impactos ambientales.
- Plan de gestión ambiental.

12.5.1. DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES Y DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE AMBIENTAL

A continuación, se describen las características del entorno de las obras a realizar, conforme los aspectos ambientales, el medio natural y el antrópico.

12.5.1.1. MEDIO FÍSICO

Dentro de la clasificación de regiones fitogeográficas de América Latina, el área de estudio se encuentra ubicada dentro de la provincia fitogeográfica pampeana, perteneciente al dominio chaqueño de la región neotropical.

La misma se caracteriza por ser una región llana o ligeramente ondulada con algunas serranías de poca altura. Posee un clima templado – cálido con temperaturas medias anuales entre 13 y 17°C. Las precipitaciones son de 600 a 1 200 mm anuales. Se distribuyen a lo largo del año y disminuyen de norte a sur y de este a oeste.

La vegetación que predomina es la estepa o pseudoestepa de gramíneas, entre las cuales crecen especies herbáceas y algunos arbustos. Existen también numerosas comunidades edáficas, estepas halófitas, bosques marginales a las orillas de los ríos y bosques xerófilos sobre las barrancas y bancos de conchilla.

El área en estudio se sitúa en la región pampeana, caracterizada por su relieve de tipo llano con algunas lomadas alternantes; estableciendo en resumen una morfología de tipo ondulada. Este relieve se formó en su origen a partir de los procesos de erosión fluvial diferencial de los sedimentos pampeanos.

La fisiografía natural del terreno se ha visto modificada debido a la acción antrópica. La construcción de zanjas, la realización de tareas de dragado, las rectificaciones y desvíos

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel



El mes menos ventoso es abril con un promedio de 2,7 km/h y el que manifiesta mayor velocidad es el mes de septiembre con valor promedio de 5,4 Km/h. Predominan los vientos del sector NE en todas las estaciones, siguiéndoles los de los cuadrantes SE y SW. El régimen eólico es importante por su influencia sobre el régimen hídrico superficial. Este actúa modificando el nivel hidrométrico de los cauces. Los vientos del sector NO suelen favorecer las bajantes y los del sector SE (Sudestada) suelen frenar o retardar la velocidad de salida del agua debido a su escasa pendiente, como consecuencia de ello provoca crecientes de cierta magnitud, lo que combinado con precipitaciones locales o aporte de agua de la alta cuenca puede anegar e inundar extensas regiones complicando la evacuación de las mismas aguas abajo.

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

En general, la estratigrafía de los sedimentos presenta secuencias sub-paralelas. La primera capa depositada en la etapa primigenia del río y no erosionada es la capa basal, a la que le suceden las capas frontales, depósitos más gruesos, inclinados, producto de la sedimentación súbita en las crecientes, cuando el curso de agua pierde velocidad. Sobre estas capas, estratificadas en diagonal y decapitadas, se depositan materiales finos entre crecidas que son las capas llamadas dorsales o cuspidales, removidas en cada creciente y redepositados sus materiales sobre la llamada pendiente frontal. La deposición de los sedimentos se produce por la pérdida de velocidad de arrastre de los sólidos en suspensión y por la floculación y precipitación.

12.5.1.1.7. SUELOS

Como se mencionó con antelación, la empresa y sus obras se desarrollan sobre suelos pampeanos predominantemente poco toscos y toscos.

Los suelos de la formación pampeana, tienen la propiedad de mantener estables las paredes verticales de las excavaciones transitorias a cielo abierto y con profundidades mayores a 2,0 m. Se conforma con suelos finos con muy buena consistencia por sobreconsolidación. Es coincidente aproximadamente con la terraza alta.

En corte vertical puede subdividirse en 3 horizontes diferenciables por su comportamiento geotécnico. De arriba hacia abajo el primero es de color castaño, arcilloso, firme, plástico, a veces expansivo y en general con la napa profunda hasta un máximo de 10 m por debajo del terreno natural.

El segundo horizonte, también de color castaño, es limoso, hasta limo-arenoso, poco plástico, muy cohesivo y duro por presencia de impregnaciones calcáreas nodulares o mantiformes llamadas toscas o niveles toscos. Estas impregnaciones calcáreas, de intensidad variable, constituyen bancos o nódulos de tamaños y formas diversas. Se presentan con una irregular distribución tanto vertical como horizontal del material calcáreo por lo que se hacen aleatorias y en consecuencia imprevisibles tanto en su extensión como en su volumen.

El tercer horizonte pampeano u horizonte inferior o nivel inferior pampeano es de granulometría arcillosa, color gris verdoso, y muy consistente por preconsolidación.

Plástico a muy plástico. Puede presentar laminación horizontal. Raramente ausente, es de baja permeabilidad vertical, constituyéndose en confinante de las arenas acuíferas del Puelchense hacia las que pasa hacia abajo en transición.

HIDROLOGÍA

El área en estudio se encuentra en el área del delta activo, es decir una región caracterizada por una intensa red de cursos fluviales interconectados entre sí que han sido consecuencia de la propia dinámica agradacional del sistema deltaico. Entre los ambientes sedimentarios definidos, se incluye el denominado Ambiente de Llanura Subaérea, representada por el delta superior e inferior separados por el límite que corresponde a la zona inundable por acción de mareas.

HIDROGEOLOGÍA

De acuerdo a la estratigrafía y hidroestratigrafía regional y las características hidrogeológicas de las regiones de exceso hídrico en la Región Pampeana, se presume, que los acuíferos regionalmente sin influentes sobre los cursos fluviales. No se posee información acerca de la hidráulica de los niveles acuíferos locales. La bibliografía regional es, en esta región, escasa de ejemplos debido a que la zona del delta no tiene antecedentes de explotaciones medianamente intensivas de los recursos agua subterránea.

12.5.1.2. MEDIO BIÓTICO

El área de estudio se encuentra urbanizada, por lo tanto, las particularidades del medio físico natural se encuentran fuertemente modificadas por la acción del hombre. Puede decirse que no quedan relictos naturales representativos de la biota original.

12.5.1.2.1.

FLORA

La zona donde se realiza el emplazamiento, corresponde a una zona urbana, donde la vegetación primitiva es inexistente.

En lugar de la vegetación original se encuentran distintas especies de árboles y arbustos de diverso porte ya que es un área que cuenta con espacios libres y verdes.

La vegetación primitiva predominantemente de carácter mesófito fue reemplazada puntualmente por plantas con tendencias hidromórficas. Se encuentran con mayor frecuencia plantas utilizadas para ornamentación.

FAUNA

La fauna originaria asociada a la vegetación nativa corrió la misma suerte que la vegetación y actualmente se reduce a la avifauna, habituada al medio urbano y ambientes con arbustos o arboleda de las calles, plazas y jardines mayormente exóticos.

Entre ellas se menciona el zorzal colorado (*Turdus rufiventris*); hornero (*Furnarius rufus*); chingolo (*Zonotrichia capensis*); tordo renegrado (*Molothrus bonariensis*); calandria (*Mimus saturninus*); tordo músico (*Molothrus badius*); benteveo común o “bicho feo”

(*Pitangus sulphuratus*); cotorras que se desplazan en bandadas, originariamente asociadas a los talares y que hoy habitan en los eucaliptus en donde construyen sus nidos (*Myiopsitta monachus*); la ratona común (*Troglodytes aedon*); el jilguero dorado (*Sicalis flaveola*); la paloma torcaza (*Zenaida auriculata*), torcacita (*Colombina picui*) y picazuró (*Columba picazuro*). Entre las aves exóticas, es común encontrar en la zona: la paloma doméstica europea (*Columba livia*), el gorrión europeo (*Passer domesticus*) y en los últimos años el estornino pinto (*Sturnus vulgaris*).

MEDIO ANTRÓPICO

Las obras se emplazarán en el partido de Campana. El mismo se encuentra a una latitud de 34°12' Sur, una longitud de 58°56' Oeste y una altitud de 20 msnm. Su superficie es de 982 km².

El partido de Campana está situado a 75 km de Buenos Aires; en la Provincia de Buenos Aires, sobre la margen derecha del río Paraná Guazú. La ciudad de Campana, cabecera del partido, se asienta sobre la margen derecha del río Paraná de las Palmas.

POBLACIÓN

De acuerdo al censo de 2010, la población del partido es de 94 461 habitantes.

	1970	1980	1991	2001	2010
Población	44 297	57 839	71 464	83 698	94 461
Variación	+44,06%	+30,57%	+23,55%	+17,12%	+12,85%

Tabla 12-1 Evolución poblacional y la variación intercensal porcentual del partido de Campana

Fuente: INDEC

Teniendo en cuenta la evolución poblacional según los distintos censos y la variación intercensal porcentual, en la actualidad, se estima que la población del partido de Campana supera los 100 000 habitantes

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

Las actividades productivas constituyen uno de los factores de sostenibilidad fundamental por actuar como soporte generador de recursos y de puestos de trabajo.

El partido de Campana se ha caracterizado por radicación de empresas de gran prestigio como la destilería petrolera ESSO (actualmente AXION) y el Complejo Industrial Siderúrgico Siderca. Otras empresas de jerarquía han instalado sus plantas de producción en Campana aprovechando su inmejorable ubicación, tales como Pasa, Rhasa, Sol Petróleo, Cabot, Carborundum, entre otras.

El puerto de Campana es hoy el tercero en recaudación fiscal en todo el país, lo que da una idea fehaciente de su importancia.

NIVEL SOCIOHABITACIONAL

Según los datos registrados en el último Censo Nacional de Población y Vivienda (2010), prácticamente la mitad de la población no posee cobertura en salud y el NBI (necesidades básicas insatisfechas) alcanzó, antes de la crisis del 2001, al 47% de la población; situación que empeoró luego en diciembre del 2001.

12.5.1.3.3.

Existen numerosos asentamientos informales y/o marginales localizados principalmente en áreas sin urbanizar, siguiendo los cursos hídricos.

CALIDAD DEL AIRE

La calidad del aire en el conglomerado de Buenos Aires excede, para ciertos períodos y ciertas áreas, los máximos de concentración de gases recomendados por los organismos internacionales.

12.5.1.3.4.

En cuanto a Campana la empresa CICACZ es la encargada de monitorear la calidad del aire tanto en Campana como en Zárate. Los procesos funcionales que usan forman parte integral de un sistema que permite el conocimiento del estado de la calidad del aire en la zona, monitoreando: Dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), material particulado en suspensión (PM10), y ozono (O₃).

La metodología adoptada por el CICACZ para la publicación de los datos resultantes, está basada en la aplicación del llamado Índice de Calidad de Aire (ICA). Este índice es una relación sencilla y estandarizada entre una medición de contaminantes y la afectación que el mismo puede generar a la salud.

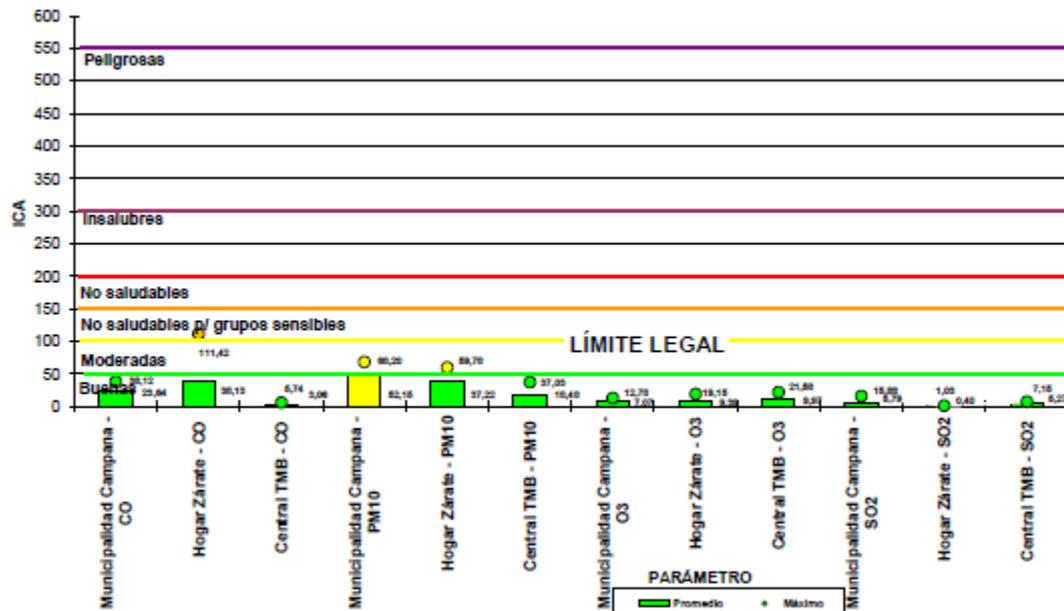


Figura 12-1 Índice de Calidad de Aire – Septiembre 2018

Fuente: www.cicacz.com.ar

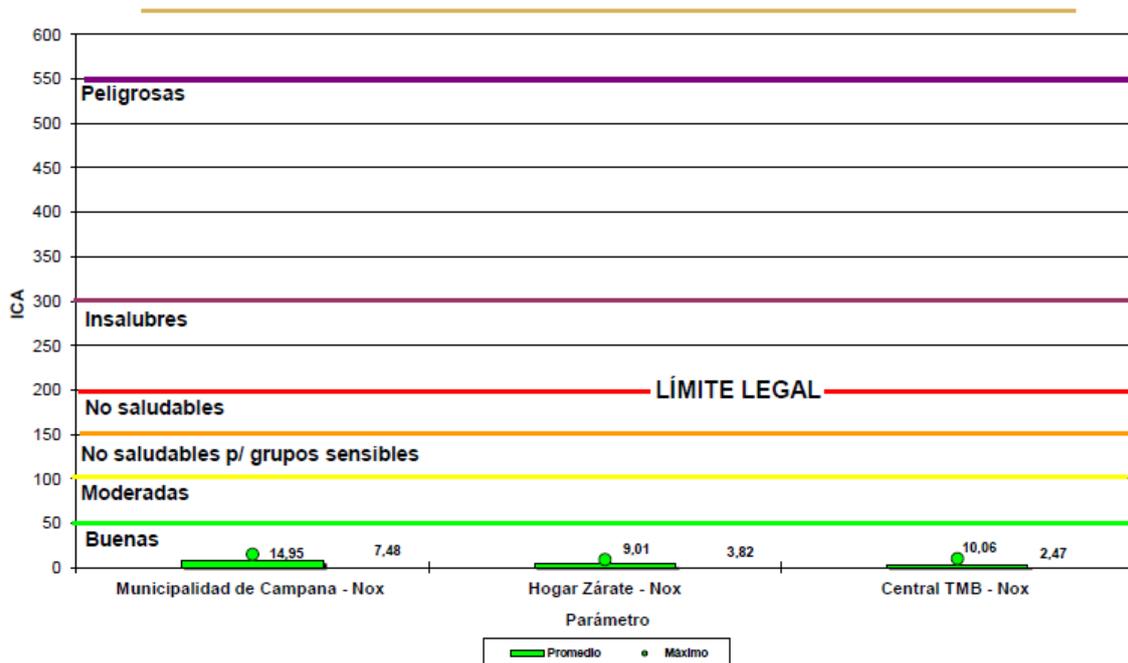


Figura 12-2 Índice de Calidad de Aire – Septiembre 2018 (continuación)

Fuente: www.cicacz.com.ar

Como puede observarse en los gráficos las concentraciones se encuentran debajo de los límites legales y dentro de las buenas condiciones. Aunque las concentraciones de PM10 y SO₂ superan los estándares de la OMS (Organización Mundial de la Salud) a cercanías de la refinería.

12.5.1.3.5.

SITIOS DE INTERÉS CULTURAL, HISTÓRICO Y/O ARQUEOLÓGICO

En el partido de Campana se encuentra el sitio Río de Luján ubicado muy próximo a la población de Lomas del Río Luján. El mismo es considerado un sector de gran interés arqueológico y paleontológico, a lo que se suma que se conservan asociadas algunas áreas escasamente modificadas por la urbanización.

Dentro del partido también existen áreas de alto valor patrimonial, como es en el caso de del museo municipal del automóvil, museo que muestra la obra de Manuel Iglesias, creador del primer automóvil argentino.

12.5.2. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En este apartado se enumeran y describen las distintas actividades que forman parte de los procesos de construcción y operación de la planta de producción de polipropileno. Además, se identifica y evalúa el impacto que presentaría cada una de estas actividades sobre el medio en el cual se implantaría esta industria.

Se define como impacto ambiental a toda acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes de éste. El

término impacto no implica negatividad, ya que éstos pueden ser tanto positivos como negativos. Las alteraciones pueden ser de distintos grados de intensidad en el entorno en el que se desarrolle.

El objetivo del presente capítulo, es la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para el montaje de una planta productora de polipropileno.

La finalidad del estudio es determinar y evaluar los posibles impactos que podría ocasionar la ejecución del proyecto sobre los factores analizados (social, económico, ambiental, etc.) en las etapas de instalación y operación, y poder dictaminar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), promulgada por un órgano decisor y con la participación pública. Además, se recomendarán medidas de mitigación correspondientes para minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente.

También se identificarán los residuos generados durante la etapa de operación, los que deberán ser gestionados correctamente con el objetivo de evitar impactos negativos sobre el medio ambiente.

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA

- 12.5.2. Construcción de accesos viales: hace mención a las tareas de adecuación y construcción de los caminos necesarios para el ingreso de maquinaria y personal a la zona de trabajo. Esta etapa incluye la instalación provisoria de señalizaciones, cercos, líneas eléctricas, etc.
- Limpieza de la zona de obra: se refiere a movimientos de suelos y otros elementos que dificulten las obras de construcción de la planta.
 - Instalaciones temporarias: incluye la colocación de obradores, sanitarios, depósitos, etc., que se necesitan para la correcta ejecución de las tareas referentes a la instalación de la industria y depósitos de herramientas y materiales demandados.
 - Transporte de maquinaria: en esta etapa existe movimiento de equipos de excavación y nivelación, camiones y demás maquinarias necesarias de manera temporal o permanente.
 - Transporte de materiales: implica la circulación de camiones y otros equipos de transporte de los insumos necesarios para llevar a cabo las tareas constructivas.
 - Acondicionamiento del terreno: involucra toda acción vinculada a la excavación y construcción de las fundaciones necesarias para el montaje de los equipos asociados a la planta.
 - Obras civiles en el predio: comprende el desarrollo de las tareas de construcción de las instalaciones de la planta propiamente dicha.
 - Instalación y montaje de equipos: una vez terminadas las obras civiles se ejecutan las distintas tareas necesarias para la instalación de todos los equipos intervinientes en el proceso productivo.
 - Gestión de residuos: durante el proceso de construcción de la planta se genera una gran cantidad de residuos, que dependiendo de su naturaleza deberá transportarse, tratarse y llevar a su disposición final.

- Limpieza de la obra: esta etapa consta de una serie de trabajos necesarios para dejar las instalaciones en condiciones para comenzar la operación.
- Contingencias: en caso de que se produzca alguna situación de excepción que pueda ser crítica (explosiones, derrumbes, derrames de sustancias peligrosas, etc.), debe estar contemplada dentro de los planes de acción.

ETAPA DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

- Operación de la planta: tiene que ver con todas las tareas propias del proceso productivo y el impacto particular de estas tareas fue detallado con anterioridad.
- 12.5.2.2. • Mantenimiento de las instalaciones: incluye las tareas de mantenimiento, ya sea de forma preventiva o correctiva en caso de que sea necesario.
- Gestión de residuos: durante las dos etapas planteadas anteriormente existe una producción de residuos. Estos residuos deben ser tratados, transportados y dispuestos según corresponda.
- Contingencias: comprende accidentes o eventos extraordinarios durante la fase de operación y mantenimiento: salidas de servicio por fuertes lluvias, incendios, atentados, entre otros. En todos los casos se evaluarán como la peor situación.

PARÁMETROS EVALUADOS

12.5.2.3. En la matriz presentada dentro de la evaluación de prefactibilidad de este proyecto, se hace un análisis parcial acerca del impacto generado por cada una de las actividades detalladas sobre una serie de factores que componen el ambiente sobre el cual se implanta el proyecto.

Los parámetros ambientales sobre los cuales se analiza la afección de estas actividades son las siguientes:

- a) Físicos
 - Aire
 - Calidad del aire
 - Ruidos y vibraciones
 - Suelo
 - Fisiografía/Geomorfología
 - Calidad del suelo
 - Agua
 - Calidad del agua superficial
 - Calidad del agua subterránea
- b) Bióticos
 - Flora
 - Fauna
- c) Socioeconómicos
 - Económico
 - Generación de empleo
 - Actividades económicas
 - Social
 - Estético/Paisajístico

- Calidad de vida

MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL

Para determinar el alcance del impacto se toma una escala cromática para definir la afección que cada actividad genera sobre el parámetro ambiental, ya sea positivo o negativo.

12.5.2.4.

Color	Intensidad	
	Crítico	Negativo
	Severo	
	Moderado	
	Compatible	
	Sin afección	
	Bajo	Positivo
	Moderado	
	Alto	
	Altísimo	

Tabla 12-2 Calificación de impactos

Fuente: Elaboración propia

Categoría	Componente Ambiental	Acciones		Parámetros													
		Construcción de accesos viales	Limpieza de la zona de obra	Instalaciones temporarias	Transporte de maquinarias	Transporte de materiales	Acondicionamiento del terreno	Obras civiles en el predio	Instalación y montaje de equipos	Gestión de residuos	Limpieza de obra	Contingencias					
Físico	Aire	Calidad del aire															
		Ruidos y vibraciones															
	Suelo	Fisiografía/Geomorfología															
		Calidad del suelo															
	Agua	Calidad del agua superficial															
		Calidad del agua subterránea															
Biótico	Flora																
	Fauna																
Socioeconómico	Económico	Generación de empleo															
		Actividades económicas															
	Social	Estético / Paisajístico															
		Calidad de vida															

Tabla 12-3 Matriz de impacto ambiental etapa de construcción de la planta

Fuente: Elaboración propia

Categoría	Componente Ambiental	Parámetros	Acciones			
			Operación de la planta	Mantenimiento de instalaciones	Gestión de residuos	Contingencias
Físico	Aire	Calidad del aire				
		Ruidos y vibraciones				
	Suelo	Fisiografía/Geomorfología				
		Calidad del suelo				
	Agua	Calidad del agua superficial				
		Calidad del agua subterránea				
Biótico	Flora					
	Fauna					
Socioeconómico	Económico	Generación de empleo				
		Actividades económicas				
	Social	Estético / Paisajístico				
		Calidad de vida				

Tabla 12-4 Matriz de impacto ambiental etapa de producción y mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

En este caso se excluye del análisis la etapa de abandono del proyecto, debido a que este tipo de plantas operan durante un periodo de tiempo mucho mayor al planteado como horizonte de evaluación del proyecto.

12.6. CONCLUSIÓN

A lo largo de este capítulo se evaluó la repercusión que tendría sobre el ambiente en el cual opera la planta de producción de polipropileno objeto de este proyecto.

El proyecto se califica como viable desde este punto de vista al hacer un balance de los impactos que se pudiesen generar sobre el medio en el cual se implementa esta industria.

Si bien los niveles de los impactos potenciales sobre el ambiente son bajos, se plantearon las medidas de mitigación correspondientes en los casos en los que se consideró necesario.

13. HIGIENE Y SEGURIDAD

13.1. GENERALIDADES

Las industrias que desean mantenerse en el amplio mundo de la competitividad deben acogerse a las medidas y reglas adoptadas con la finalidad de prevenir accidentes y minimizar los riesgos, para el establecimiento de condiciones seguras en el ambiente de trabajo.

El control de la seguridad e higiene resulta de vital importancia en las empresas industriales.

El ambiente laboral, mantenerlo seguro e higiénico para el buen desenvolvimiento del empleado dentro de las instalaciones de la empresa, no debe presentar una problemática, sino un beneficio para el empleado y también para la empresa. Crear condiciones seguras, contribuye al aumento de la productividad y a un desarrollo más armonioso y estable por parte del trabajador en la empresa

13.2. LEY DE HIGIENE Y SEGURIDAD

La Ley 19 587/72 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, Decreto Reglamentario 351/79 establece una serie de lineamientos que se tratarán a continuación.

13.2.1. CONDICIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN Y SANITARIAS

La construcción, modificación y reparación de establecimientos se regirán según las normas de urbanismo y construcciones vigentes.

Los revestimientos de pisos serán sólidos no resbaladizos. Donde se manipulen elementos tóxicos deben ser resistentes a los mismos, impermeables y no porosos. Cuando el proceso exponga el piso a líquidos debe haber sistemas de drenaje. Las paredes interiores y cielorrasos, puertas y ventanas serán mantenidos en buen estado de limpieza.

Los pisos de los lugares de trabajo, los pasillos de tránsito deben estar libres de obstáculos para facilitar el libre y seguro desplazamiento sobre todo en situaciones de emergencia.

Los espacios entre máquinas o equipos deben ser amplios para permitir el movimiento del personal sin exposición a accidentes.

Conforme a lo establecido, la planta será construida de acuerdo a las normas de urbanismo vigentes, con todas las condiciones necesarias para que los trabajadores puedan realizar sus actividades en forma segura y con comodidad.

Además, se dispondrán pasillos para la movilidad del personal, en forma segura. En las áreas de producción se contará con un pasillo de 2 metros de ancho.

En la construcción de la planta objeto de este proyecto, deberá tenerse especial consideración sobre todo en la construcción de la sala de caldera. Para este tipo de zonas existen normativas especiales que establecen los parámetros básicos a tener en cuenta para la extrusión.

13.2.2. RUIDOS

Este riesgo se monitoreará a través de la realización de mediciones de ruido en las diferentes fuentes sonoras y a través de un cálculo se determinará, por local de trabajo, si los niveles hallados superan el máximo establecido, y de ser así sugerir las medidas correspondientes. Para ello se utiliza un decibelímetro integrador.

La ley reglamenta que, si los niveles son inferiores a los 85 db de Nivel Sonoro Continuo Equivalente, sólo se realizarán nuevos relevamientos para controlar que el nivel medido se mantenga y detectar posibles cambios a causa de incorporación de nuevos equipos o maquinarias, sistemas de ventilación o extracción, falta de mantenimiento, etc.

Si el nivel supera los 85 db, se deberá reducir el ruido al mínimo posible desde la fuente que lo produce, colocando carteles indicativos del uso de protección auditiva y además proveer al personal de protectores auditivos.

En este caso no se dispondrán equipos que generan altos niveles de ruido. Sin embargo, es importante disponer de los elementos protectores a todo el personal que se encuentre en planta a modo de prevención y por las exposiciones prolongadas a ruidos aún de bajo nivel.



Figura 13-1 Elementos de protección personal para riesgos sonoros

Fuente: Google Imágenes

13.2.3. VENTILACIÓN

La ventilación en los locales de trabajo debe contribuir a mantener condiciones ambientales que no perjudiquen la salud del trabajador. A su vez los locales deben poder ventilarse perfectamente en forma natural.

En la planta de producción de polipropileno planteada en este proyecto la mayor parte de las instalaciones se encuentran al aire libre. Por esta razón los requerimientos en cuanto a ventilación son bajos.

Además, en las zonas que se encuentran bajo techo, la distribución de equipamientos es tal que permite la libre circulación de aire.

13.2.4. ILUMINACIÓN

Según lo establecido por ley, la iluminación en los puestos de trabajo debe cumplir básicamente con los requisitos mínimos:

- La composición espectral de la luz debe ser adecuada a la tarea a realizar, de modo que permita observar o reproducir los colores en la medida que sea necesario.
- Se debe evitar el efecto estroboscópico en los lugares de trabajo.
- La iluminancia debe ser adecuada a la tarea a efectuar.
- Las fuentes de iluminación no deben producir deslumbramientos, directo o reflejado.

Los niveles de iluminación deben encuadrarse dentro de lo establecido en la ley para industria química:

Planta de procesamiento	
Circulación general	100
Iluminación general sobre escaleras y pasarelas	200
Sobre aparatos	
Iluminación sobre el plano vertical	200
Iluminación sobre mesas y pupitres	400
Laboratorio de ensayo y control	
Iluminación general	400
Iluminación sobre el plano de lectura de aparatos	600

Tabla 13-1 Niveles de iluminación

Fuente: www.redseguros.com

13.2.5. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

El uso de elementos de protección personal es una técnica que tiene como objetivo proteger al trabajador frente a agresiones externas, que puedan presentarse en el desempeño de la actividad laboral sean:

- Agresivos físicos: (mecánicos, térmicos, acústicos, eléctricos, etc).
- Agresivos Químicos (tóxicos) y
- Agresivos Biológicos de tipo (físico, químico o biológico),

La misión de los E.P.P. es reducir o eliminar las consecuencias personales o lesiones que éste pueda producir en el trabajador.

Éstos deben reunir las siguientes condiciones:

- a) Materiales empleados en su fabricación: Las propiedades físicas y químicas de los materiales empleados deberán adecuarse a la naturaleza del trabajo y al

riesgo de la lesión a evitar, para una protección eficaz. Los materiales no deberán producir efectos nocivos en el usuario. Debe cumplir con la Inocuidad (incapacidad para hacer daño).

- b) Condiciones de diseño y construcción: Su forma deberá ser adecuada a la mayoría de personas teniendo en cuenta aspectos ergonómicos y de salud del usuario, valores estéticos y reducir al mínimo su incomodidad, compatibilizándose ésta con su función protectora, además de adaptarse al usuario tras el ajuste necesario. Diseño y construcción, deben ser de fácil manejo y mantenimiento.

Es función del empleador brindar los elementos de protección personal y velar por su correcta utilización. En este caso, el operador debe utilizar equipo adecuado como zapatos de cuero y suela de caucho, pantalón y camisa con una talla ajustada y cómoda, casco, lentes, y en algunos casos, tapones auditivos.



Figura 13-2 Elementos de protección personal

Fuente: Google Imágenes

13.2.6. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN INDUSTRIAL

En líneas generales las máquinas y herramientas deben reunir las siguientes condiciones de seguridad:

- Las máquinas y herramientas deben ser seguras y en caso que presenten algún riesgo para las personas que la utilizan, deben estar provistas de la protección adecuada.
- Los motores que originen riesgos deben estar aislados. Asimismo, deben estar provistos de parada de emergencia que permita detener el motor desde un lugar seguro.
- Todos los elementos móviles que sean accesibles al trabajador por la estructura de las máquinas, deben estar protegidos o aislados adecuadamente.
- Las transmisiones -árboles, acoplamientos, poleas, correas, engranajes, mecanismos de fricción y otros- deben contar las protecciones más adecuadas al riesgo específico de cada transmisión, a efectos de evitar los posibles accidentes que éstas pudieran causar al trabajador.
- Las partes de las máquinas y herramientas en las que existan riesgos mecánicos y donde el trabajador no realice acciones operativas, deben contar con protecciones eficaces, tales como cubiertas, pantallas, barandas y otras.

Los requisitos mínimos que debe reunir una protección de los distintos equipos son:

- Eficacia en su diseño.
- De material resistente.
- Desplazamiento para el ajuste o reparación.
- Permitir el control y engrase de los elementos de las máquinas.
- Su montaje o desplazamiento sólo puede realizarse intencionalmente.
- No constituyan riesgos por sí mismos.
- Constituir parte integrante de las máquinas.
- Actuar libres de entorpecimiento.
- No interferir, innecesariamente, al proceso productivo normal.
- No limitar la visual del área operativa.
- Dejar libres de obstáculos dicha área.
- No exigir posiciones ni movimientos forzados.
- Proteger eficazmente de las proyecciones.

13.2.7. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD PARA LA MANIPULACIÓN DE EQUIPOS

Se sugiere leer y entender los manuales de instalación, operación y mantenimiento que provee el fabricante de la maquinaria. Si no se tiene alguno puede utilizar este programa como guía:

No hay que pasar desapercibidos los avisos de advertencia y cuidado, generalmente un aviso de advertencia indica una condición posiblemente insegura que podría causar lesiones a personas, mientras que un aviso de cuidado indica una condición que podría ocasionar daños a los equipos.

Para protección personal, se deben seguir ciertos lineamientos y normas que evitaren accidentes, y daños a los equipos.

El operador de la maquinaria no debe llevar ningún artículo como cadenas o anillos. No debe llevar la ropa suelta y si en alguna ocasión utiliza el pelo largo debe tenerlo atado.

Para mayor seguridad, las máquinas deben ser operada solamente por el personal autorizado por la empresa para tal tarea. Esto deja implícito que el empleador es quien debe asegurar la capacitación suficiente del personal según las tareas que se le asignen.

Si el operador no es técnico, en ningún momento debe tratar de reparar el equipo a la hora de que éste sufra un desperfecto, sino que debe abocarse a personal altamente especializado, es decir, al jefe de su sector.

Durante el funcionamiento de la maquinaria, se debe evitar que personal no especializado se acerque al área de operación.

En el caso de las extrusoras, los dados trabajan a altas temperaturas y por lo general no se encuentran aislados, para estos casos, es recomendable que los operadores trabajen con guantes específicos para la operación y tener cerca del extrusor, el equipo de primeros auxilios, así como también un extintor de incendios tipo C el cual es utilizado para incendios eléctricos.

Todo el cableado se debe tener en perfectas condiciones. Se deben aislar los contactos de las cintas calefactoras y verificar las conexiones a tierra. Se deben señalar los canales de cableado eléctrico, así como colocar letreros o afiches de precaución para indicar lugares de alta tensión.

El plástico genera electricidad estática y para evitar choques eléctricos se deben utilizar zapatos adecuados.

Mantener las instalaciones limpias, ordenadas, no colocar piezas, accesorios o herramienta encima de la maquinaria; mantener las escaleras y el área perimetral libre de sustancias deslizantes como lubricantes y grasas.

Advertencias:

- Verificar a que voltaje opera el equipo.
- No tocar ninguna conexión eléctrica sin antes asegurarse que se ha desconectado la alimentación de potencia.
- Antes de conectar la alimentación, asegúrese que el sistema está debidamente puesto a tierra.
- Evitar exponerse durante un tiempo prolongado a máquinas con alto nivel de ruido. Asegurarse de utilizar dispositivos de protección para los oídos de modo de reducir los efectos auditivos perjudiciales.
- No pasar por alto ni desactivar dispositivos protectores ni guardas de seguridad.
- Asegurarse que la carga está debidamente acoplada al eje (flecha) del motor antes de alimentar potencia.
- Tener sumo cuidado y usar procedimientos seguros durante el manejo, levantamiento, instalación, operación y mantenimiento del equipo.
- Antes de hacer mantenimiento en el motor, asegurarse que el equipo conectado al eje del motor no pueda causar rotación del eje. Si la carga pudiese producir rotación del eje, desconectar la carga del eje del motor antes de efectuar el mantenimiento.
- Antes de desarmar el motor, desconectar completamente la alimentación de electricidad de los devanados del motor y los accesorios.
- Verificar que la aplicación de los motores sea realmente para las condiciones que fueron diseñados: exposición al polvo, vapores inflamables o combustibles, condiciones de operación a prueba de explosión, etc.
- No retirar los protectores de las cintas calefactoras a menos que esté programado realizar algún tipo de mantenimiento. Cuando se tengan que mover o limpiar partes calientes del equipo, que generalmente se debe realizar cuando

el mismo se encuentra a altas temperaturas; se debe de utilizar guantes de cuero o de amianto.

- Por ningún motivo el operario debe abrir el panel de control.
- Por ningún motivo se deben poner las manos cerca de lugares peligrosos cuando las máquinas estén en funcionamiento, por ejemplo: rodillos de presión, engranajes, cadenas, fajas, moldes y sistema de extrusión cuando éstos se encuentran a altas temperaturas o funcionando.
- Nunca eliminar los guardas de seguridad, ni obstruir los mecanismos de seguridad mientras la máquina está en funcionamiento.
- El agua es un buen conductor de la electricidad, por lo que este equipo en ningún momento debe de ponerse en contacto con líquidos, ya que se podría ocasionar un incendio.
- No encender las máquinas si previamente no se ha certificado que el cableado de corriente de la misma esté en perfectas condiciones.
- Antes del arranque del motor principal supervisar que la temperatura de operación de la extrusora sea la asignada, si se opera sin previo calentamiento puede ocasionar que el husillo se quiebre o se deforme, y provocar daños al cañón.



- A) Cautela, choque eléctrico, conecte el alambre de tierra.
 B) Cautela, equipo en rotación mantenga cualquier objeto y manos alejadas.
 C) Cautela, alta temperatura no tocar.
 D) Cautela, no encienda ninguna llama.
 E) Cautela, equipo rodando mantenga las manos lejos.
 F) Cautela, equipo que prensa mantenga las manos lejos.
 G) Cautela, equipo que corta mantenga las manos lejos.
 H) Cautela, peligro no tocar.
 I) Cautela, choque eléctrico opere cuidadosamente.

Figura 13-3 Señales de seguridad que deben encontrarse en las máquinas

Fuente: Ley 19 587

13.2.8. EQUIPOS EXTINTORES Y SEÑALIZACIÓN

La ley reglamenta que la cantidad de matafuegos necesarios en los lugares de trabajo, se determinarán según las características y áreas de los mismos, importancia del riesgo, carga de fuego, clases de fuegos involucrados y distancia a recorrer para alcanzarlos.

Las clases de fuegos se designarán con las letras A - B - C y D y son las siguientes:

- Clase A: Fuegos que se desarrollan sobre combustibles sólidos, como ser madera, papel, telas, gomas, plásticos y otros.
- Clase B: Fuegos sobre líquidos inflamables, grasas, pinturas, ceras, gases y otros.
- Clase C: Fuegos sobre materiales, instalaciones o equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica.

- Clase D: Fuegos sobre metales combustibles, como ser el magnesio, titanio, potasio, sodio y otros.

						
	AGUA	ESPUMA	POLVO ABC	ANHIDRIDO CARBONICO	HALON	POLVOS ESPECIALES
	SI Muy eficiente	SI Relativamente eficiente	SI Muy eficiente	NO utilizar	SI Relativamente eficiente	NO utilizar
	SI Relativamente eficiente	SI Muy eficiente	SI Muy eficiente	SI Relativamente eficiente	SI Muy eficiente	NO utilizar
	NO utilizar	NO utilizar	SI Muy eficiente	SI Muy eficiente	SI Muy eficiente	NO utilizar
	NO utilizar	NO utilizar	NO utilizar	NO utilizar	NO utilizar	SI Muy eficiente

Figura 13-4 Clase de extintores

Fuente: www.grippaldi.com.ar

Deberá instalarse como mínimo un matafuego cada 200 metros cuadrados de superficie a ser protegida. La máxima distancia a recorrer hasta el matafuego será de 20 metros para fuegos de clase A y 15 metros para fuegos de clase B.

Para señalar la ubicación de un matafuego se debe colocar una chapa baliza, tal como lo muestra la figura siguiente. Esta es una superficie con franjas inclinadas en 45 ° respecto de la horizontal blancas y rojas de 10 cm de ancho.

La parte superior de la chapa deber estar ubicada a 1,20 a 1,50 metros respecto del nivel de piso.



Figura 13-5 Chapas Balizas

Fuente: Ley 19 587

En lo que respecta a esta planta, se deberá utilizar matafuegos que actúen sobre fuegos clase A, B y C, con la correspondiente señalización. Se instalarán 150 matafuegos ubicados estratégicamente de forma tal que la distancia máxima a recorrer hasta los mismos sea menor a 20 metros.

Además de las consideraciones generales que se deben tener en cualquier instalación industrial, en este caso se debe dar un tratamiento especial a la protección contra incendios en los tanques de almacenamiento de gases. Esto es muy importante teniendo en cuenta el alto riesgo de explosión que presentan estas instalaciones.

La primera consideración que se tuvo fue a la hora del diseño de la planta, disponiendo para el almacenamiento de gases un lugar amplio y lo más alejado posible del resto de las instalaciones.

De acuerdo a las condiciones establecidas en distintas normativas sobre los métodos de supresión de incendios, el método escogido para la supresión y control de un incendio es un sistema combinado diluvio y monitores fijos de tubería seca; se ha escogido esta metodología para tener una mejor cobertura en caso de una emergencia.



Figura 13-6 Monitor fijo contra incendios

Fuente: impomak.com

13.2.9. SISTEMA DE ALARMAS

En esta planta se dispondrá de una serie de sonidos de alarma, asociados a sendos riesgos que puedan presentarse dentro de la planta.

Es importante la diferenciación en los riesgos teniendo en cuenta los distintos alcances que puedan tener los siniestros propios de este tipo de industria. A partir de cada sonido de alarma, se acciona un protocolo de seguridad considerando el riesgo al cual se expone la planta.

Cualquier persona que ingrese a la planta debe estar capacitada a fin de poder diferenciar las distintas alarmas en caso de que se activen y poder actuar en consecuencia.

13.3. MANEJO DEL POLIPROPILENO

13.3.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

El polipropileno no califica como sustancia peligrosa.

13.3.2. EFECTOS NEGATIVOS SOBRE LA SALUD DE LAS PERSONAS

- Contacto con la piel: El polipropileno fundido se adhiere a la piel pudiendo causar quemaduras.
- Contacto con los ojos y tracto respiratorio: El manejo y transporte del producto puede generar polvos y finos, los cuales podrían irritar los ojos y el tracto respiratorio

13.3.3. RIESGOS ESPECÍFICOS

- Resbalamiento: El derrame de producto al suelo puede conllevar a peligros de resbalamiento y caída.
- Carga Electrostática: El uso del producto puede producir cargas electrostáticas.

13.3.4. MEDIDAS CONTRA EL FUEGO

- Agentes de extinción: Agua, espuma, dióxido de carbono, polvo químico.
- Procedimientos especiales: No requiere procedimientos especiales.
- Equipo de protección personal: Use protección respiratoria.

13.3.5. PRODUCTOS PELIGROSOS QUE SE LIBERAN DE LA COMBUSTIÓN

En caso de fuego, se puede liberar: agua, espuma, dióxido de carbono, y, en ambientes con limitación de oxígeno, monóxido de carbono. La formación de hidrocarburos y aldehídos es posible en las etapas iniciales del fuego (especialmente entre los 400°C y 700°C).

13.3.6. MANIPULACIÓN

- Medidas de orden técnico: No se requiere de medidas especiales en caso de manipulación a temperatura ambiente. En caso de temperaturas de proceso, se debe manipular el producto con apropiada ventilación debido a que pueden formarse hidrocarburos de bajo peso molecular y trazas de productos derivados (aldehídos, ácidos acético y fórmico).
- Condiciones de almacenamiento: No existen requerimientos especiales en caso de manipulación a temperatura ambiente.
- Advertencias sobre manipulación segura específica: Tomar medidas precautorias ante el riesgo de explosiones, ya que como todo tipo de polímero podría generar polvo durante su transporte o trituración.

13.3.7. ALMACENAMIENTO

- Medidas de Orden Técnico: Debe proporcionarse una conexión a tierra adecuada de los equipos en el sitio de almacenamiento para evitar la acumulación de electricidad estática. Prohibida la presencia de llamas abiertas.
- Condiciones de Almacenamiento: Almacenar el producto en bolsas, silos, containers o cajas de gran tamaño. El sitio de almacenaje debe tener buena ventilación, ser seco.

13.4. CONCLUSIÓN

En suma, la seguridad e higiene dentro de una empresa es importante porque mediante la corrección de problemas, la detección de fallas y la evaluación de riesgos, se pueden llegar a prevenir un número importante de accidentes y enfermedades dentro del ámbito laboral.

Esto es importante para la organización no solo del punto de vista humano, sino también económico, teniendo en cuenta que un ambiente laboral sano permite una mayor productividad por parte de los trabajadores de la planta.

14. EVALUACIÓN ECONÓMICA

14.1. INTRODUCCIÓN

La viabilidad o factibilidad económica, se determinará respecto a criterios de Valor Actual Neto (VAN), que dará el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuro evaluados a 10 años; y la Tasa Interna de Retorno (TIR), que establece la tasa a la cual se recuperará la inversión.

Se llevará a cabo una evaluación detallada de las características del proyecto propuesto: se estudiará la tasa de descuento, estructura de costos, se realizará el cálculo del punto de equilibrio, y beneficios; y se observará la rentabilidad. Luego se completará el estudio en los capítulos posteriores, por medio de un análisis de riesgos y sensibilidad, por último, se determina hasta qué punto se puede modificar una variable para que el proyecto siga siendo rentable.

14.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La tasa de descuento o coste de capital es una medida financiera que se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro.

La tasa de descuento empleada en la actualización de los flujos de caja de un proyecto, es una de las variables que más influyen en el resultado de la evaluación del mismo, teniéndose así que la utilización de una tasa de descuento inapropiada puede llevar a un resultado equivocado de la evaluación.

El método más empleado en la actualidad para determinar esta tasa es el basado en el modelo de precios de los activos de capital, conocido con las siglas CAPM (Capital Asset Pricing Model).

Por este método la tasa de descuento se calcula de la siguiente forma

$$r = R_f + (R_m - R_f) \beta + R_p$$

Para el cálculo de la tasa de descuento a través de este método se tiene en cuenta:

- La tasa libre de riesgo (R_f): Es práctica habitual, y aceptada en forma generalizada, evaluar la tasa de libre riesgo como el rendimiento de los Bonos del Tesoro de Estados Unidos (Treasury Bonds o T-Bonds) con una madurez equivalente a la vida útil del activo que se desea evaluar. Para un horizonte de evaluación a diez años el T-bonds es del 5%.
- La tasa de rentabilidad observada en el mercado (R_m) en EEUU. Se considera de un 10% y abarca a todos los sectores de la economía.
- La sensibilidad (β): relaciona el riesgo del proyecto con el riesgo del mercado. Los bienes producidos por este proyecto se consideran materiales del sector químico especializado y presentan una sensibilidad de alto riesgo o mayor riesgo que el del mercado. Se utilizó un valor de beta igual a 1,11.

- Riesgo país (Rp): Se ha optado por determinar el riesgo país mediante el EMBI+ (Emerging Market Bond Index Plus). Según la fuente ámbito.com el valor representativo para la Argentina en este año de 700 puntos básicos. La serie histórica da un promedio de alrededor de 800 puntos básicos, por lo que se tomó un valor medio de 750 el cual se considera como el escenario de mayor probabilidad.

Con los datos obtenidos ya puede procederse al cálculo de la tasa de descuento aplicable a este proyecto.

$$r = R_f + (R_m - R_f)\beta + R_p = 5 + (10 - 5) 1,11 + 7,5$$

$$r = 18,05\%$$

14.3. ESTRUCTURA DE COSTOS

14.3.1. INVERSIÓN INICIAL

La realización de un proyecto implica utilizar recursos para dos etapas distintas:

- a. La instalación y el montaje del proyecto
- b. La etapa de operación o funcionamiento del proyecto

Se debe disponer de toda inversión relativa a toda la distribución de la planta a las dimensiones y al rendimiento de la maquinaria, las características y el costo de los edificios, construcciones y equipo complementario, etc. Esto permite la estimación del valor de los activos necesarios para obtener el total de la inversión requerida.

Es necesario mencionar que antes de realizar una inversión se tiene que considerar si esto llevara a obtener unos ingresos mayores que los costos de inversión.

Las erogaciones que deberían realizarse previa a comenzar a operar una planta industrial son los denominados costos de inversión. Éstos representan una significativa cantidad de dinero, el cual que será destinado a realizar varias acciones requeridas antes de la puesta en marcha. La inversión inicial está compuesta por activos de dos tipos: tangibles e intangibles.

A continuación, se presenta una serie de tablas donde se listan todas las inversiones en tangibles e intangibles de los cuales se debe disponer para la puesta en funcionamiento de la planta objeto de este proyecto.

En estas tablas también se clasifican los bienes necesarios en base a la naturaleza de los mismos.

En el caso de las maquinarias, es importante considerar además de su costo inicial un valor adicional obtenido a través del método de Lang. En este método se multiplica la inversión necesaria en cada concepto por un determinado factor y de esta manera se estima ($\pm 20\%$) el costo total incluyendo transporte e instalación.

TERRENO

La adquisición de lotes en el Parque Industrial de Campana es gratuita, siempre y cuando se cumpla con todos los requisitos planteados por las correspondientes ordenanzas municipales. El costo de los servicios y gastos comunes depende de la superficie de terreno que sea utilizada.

14.3.1.1.

	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Adquisición	1	USD 0,00	USD 0,00
Trámites	1	USD 2.776,00	USD 2.776,00
Cierre	1	USD 9.800,00	USD 9.800,00
Nivelación	1	USD 9.800,00	USD 9.800,00
SUBTOTAL			USD 22.376,00

Tabla 14-1 Inversión inicial en terreno

Fuente: Elaboración propia

EDIFICIO E INSTALACIONES

La inversión en edificaciones se calcula en base al costo unitario de cada tipo de instalación. Y las dimensiones ya han sido determinadas en el capítulo 9 “Diseño y distribución de planta”. El costo correspondiente a instalaciones eléctricas se estima como aproximadamente un 30% del total del costo de las edificaciones. En el caso de las tuberías, se procede de la misma manera considerando un 4% del costo de la edificación.

EDIFICIO E INSTALACIONES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Producción (m²)	20000	USD 235	USD 4.700.000,00
Almacén de MMPP (m²)	5000	USD 190	USD 950.000,00
Almacén de PI (m²)	300	USD 190	USD 57.000,00
Almacén PPF (m²)	4880	USD 190	USD 927.200,00
Laboratorio (m²)	150	USD 320	USD 48.000,00
Comedor (m²)	30	USD 280	USD 8.400,00
Sanitarios y vestidores (m²)	50	USD 280	USD 14.000,00
Oficinas (m²)	50	USD 235	USD 11.750,00
Estacionamiento (m²)	450	USD 190	USD 85.500,00
Instalación eléctrica	1	USD 3.000.000	USD 3.000.000,00
Tuberías	1	USD 400.000	USD 400.000,00
Caminos (km)	0,6	USD 40.000	USD 24.000,00
SUBTOTAL			USD 10.225.850,00

Tabla 14-2 Inversión inicial en edificio e instalaciones

Fuente: Elaboración propia

MAQUINARIA Y EQUIPOS

En el capítulo 7 “Selección y diseño de equipos”, se determinó de forma detallada todas las necesidades en cuanto a equipos. Al costo ya determinado, se lo debe multiplicar por el factor de Lang, de forma de calcular el costo total necesario a invertir para que el equipo se encuentre instalado en la planta. En este caso el factor de Lang es de 1,9, obtenido de la revista Chemical Engineering en la sección de “Economics Indicator”.

MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO INSTALADO
Tanque mezcla de alimentación	1	USD 125.000,00	USD 125.000,00	USD 237.500,00
Tanque Propileno	1	USD 75.000,00	USD 75.000,00	USD 142.500,00
Tanque Etileno	1	USD 30.000,00	USD 30.000,00	USD 57.000,00
Desetanizador	1	USD 7.800.000,00	USD 7.800.000,00	USD 14.820.000,00
Columna de destilación	2	USD 12.000.000,00	USD 24.000.000,00	USD 45.600.000,00
Ventiladores de recirculación	3	USD 275,00	USD 825,00	USD 1.567,50
Enfriadores	1	USD 12.500,00	USD 12.500,00	USD 23.750,00
Reactor PPH1	1	USD 50.000,00	USD 50.000,00	USD 95.000,00
Reactor PPC1	1	USD 30.000,00	USD 30.000,00	USD 57.000,00
Reactor PPC2	1	USD 45.000,00	USD 45.000,00	USD 85.500,00
Silos	42	USD 2.500,00	USD 105.000,00	USD 199.500,00
Ciclón	2	USD 12.000,00	USD 24.000,00	USD 45.600,00
Ciclón 2	1	USD 20.000,00	USD 20.000,00	USD 38.000,00
Condensador PPH1	1	USD 4.500,00	USD 4.500,00	USD 8.550,00
Condensador PPC2	1	USD 4.500,00	USD 4.500,00	USD 8.550,00
Condensador PPC1	1	USD 3.500,00	USD 3.500,00	USD 6.650,00

Extrusora	4	USD 750.000,00	USD 3.000.000,00	USD 5.700.000,00
Unidad de desodorizado PPH1	1	USD 10.300,00	USD 10.300,00	USD 19.570,00
Unidad de desodorizado PPC2	1	USD 11.540,00	USD 11.540,00	USD 21.926,00
Unidad de desodorizado PPC1	1	USD 7.700,00	USD 7.700,00	USD 14.630,00
Envasadora bolsas	3	USD 9.200,00	USD 27.600,00	USD 52.440,00
Envasadora big bag	3	USD 26.500,00	USD 79.500,00	USD 151.050,00
Paletizadora	3	USD 13.250,00	USD 39.750,00	USD 75.525,00
Caldera	1	USD 12.585,00	USD 12.585,00	USD 23.911,50
Compresores	3	USD 4.000,00	USD 12.000,00	USD 22.800,00
Transporte Neumático	1	USD 150.000,00	USD 150.000,00	USD 285.000,00
Instrumentación	1	USD 900.000,00	USD 900.000,00	USD 1.710.000,00
Báscula	1	USD 8.000,00	USD 8.000,00	USD 15.200,00
Planta de Nitrógeno	1	USD 2.000.000,00	USD 2.000.000,00	USD 3.800.000,00
SUBTOTAL			USD 38.588.800,0	USD 73.318.720,00

14.3.1.4.

Tabla 14-3 Inversión inicial en equipamiento y maquinarias

Fuente: Elaboración propia

RODADOS Y EQUIPOS

En este apartado se incluye la inversión para la adquisición de los autoelevadores necesarios. Además, se estima el costo total de equipamientos de laboratorio, esta estimación se hace comparando con laboratorios de prestaciones similares.

RODADOS Y EQUIPOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Autoelevador	6	USD 8.000,00	USD 48.000,00
Equipos de laboratorio	1	USD 20.000,00	USD 20.000,00
SUBTOTAL			USD 68.000,00

Tabla 14-4 Inversión inicial en rodados y equipos

Fuente: Elaboración propia

MUEBLES Y ÚTILES

En este apartado se considera la inversión a realizar en elementos para equipar las oficinas administrativas y el comedor. A esta inversión se le adiciona un 5% para contemplar distintos imprevistos.

MUEBLES Y ÚTILES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Computadoras	5	USD 571,00	USD 2.855,00
Impresoras	3	USD 238,00	USD 714,00
Escritorios	5	USD 190,00	USD 950,00
Sillas	15	USD 71,00	USD 1.065,00
Mesas	6	USD 170,00	USD 1.020,00
Armarios	4	USD 180,00	USD 720,00
Aire acondicionado	3	USD 714,00	USD 2.142,00
Teléfonos	8	USD 48,00	USD 384,00
Imprevistos (5%)	1	USD 492,50	USD 492,50
SUBTOTAL			USD 10.342,50

Tabla 14-5 Inversión inicial en muebles y útiles

14.3.1.6.

Fuente: Elaboración propia

COSTOS DIFERIDOS

Las inversiones en activos intangibles son todas aquellas que se realizan sobre activos constituidos por los servicios o derechos adquiridos necesarios para la puesta en marcha del proyecto.

El total de cargos diferidos se estima como un porcentaje de las inversiones descriptas anteriormente. En concepto de planeación e integración del proyecto se estima un 0,3% de la inversión total en activos fijos. La ingeniería del proyecto tiene un costo equivalente el 0,35% del costo total de los equipos de planta. En supervisión del proyecto se debe invertir un 0,15% del capital invertido en activos fijos.

La constitución de una empresa en Argentina representa un costo de aproximadamente 4 500 dólares. La administración del proyecto tiene un costo equivalente al 0,5% de la

inversión en activos fijos. La puesta en marcha del equipo tiene un costo igual al 2% del costo de los equipos de planta.

Por último, la inversión en patentes y licencias se estima, según información provista por empresas del sector, en 0,23 dólares por tonelada de polipropileno a producir.

CARGOS DIFERIDOS	COSTO TOTAL
Planeación e integración del proyecto	USD 146.746,11
Ingeniería del proyecto	USD 135.060,80
Supervisión del proyecto	USD 73.373,05
Administración del proyecto	USD 244.576,84
Constitución de la empresa	USD 4.500,00
Puesta en marcha	USD 771.776,00
Patentes y licencias	USD 4.600.000,00
TOTAL	USD 5.976.032,80

Tabla 14-6 Inversión inicial en cargos diferidos

Fuente: Elaboración propia

14.3.1.7. INVERSIÓN NECESARIA

Para la instalación y puesta en marcha de una planta de producción de polipropileno de las características planteadas en este proyecto, se necesita una inversión inicial igual a la suma de los valores planteados anteriormente.

En este caso ese valor asciende a los U\$D 89 621 321,30.

14.3.2. CRONOGRAMA DE INVERSIONES

El cronograma de inversiones es la presentación de las inversiones detalladas por cada uno de los conceptos básicos en función del tiempo en que se van a realizar, indicando las sumas a invertir en cada concepto, totalizadas por la unidad de tiempo que en este caso es años.

En una industria de este tipo, y debido a las características del proceso, se considera óptimo que la inversión total de puesta en marcha sea realizada en el primer año.

Dentro de este año, la construcción de la edificación e instalaciones se plantea hacer en los primeros seis meses en desembolsos de igual valor.

Los costos diferidos se emplean en su totalidad en el primer mes, a excepción de los costos de puesta en marcha de la planta que, lógicamente, se necesitan en el último mes de inversión.

La adquisición de maquinarias y equipos se determina que se realizará desde el séptimo al doceavo mes en valores equivalentes todos los meses.

Por último, tanto muebles y útiles como rodados y maquinarias son adquiridos en el último mes debido a que no demandan una gran cantidad de tiempo para su instalación.

Como la inversión total se realiza en periodos distintos de tiempo, para el cálculo de su valor real al momento cero de este proyecto, se realiza una actualización de los distintos costos mensuales.

El primer paso para realizar este cálculo es determinar la tasa equivalente mensual a la tasa de descuento anual calculada para este proyecto.

$$TEM = (1 + r)^{\frac{1}{12}} - 1 = (1 + 0,1805)^{\frac{1}{12}} - 1 = \mathbf{1,39\%}$$

Con esta tasa se actualizan las inversiones a realizar cada mes, considerando que la erogación correspondiente se hace a la mitad de cada mes.

Concepto	Mes					
	1	2	3	4	5	6
Edificios e instalaciones	USD 1.726.68 4,33	USD 1.704.30 8,33	USD 1.704.30 8,33	USD 1.704.30 8,33	USD 1.704.30 8,33	USD 1.704.30 8,33
Maquinaria y equipos						
Rodados y equipos auxiliares						
Cargos diferidos	USD 5.204.25 6,80					
Muebles y útiles						
TOTAL MENSUAL	USD 6.930.94 1,13	USD 1.704.30 8,33	USD 1.704.30 8,33	USD 1.704.30 8,33	USD 1.704.30 8,33	USD 1.704.30 8,33

Tabla 14-7 Cronograma de Inversión

Fuente: Elaboración propia

Mes						Valor futuro
7	8	9	10	11	12	Inicio de actividades
						USD 11.610.538,62
USD 12.219.786,67	USD 76.445.596,29					
					USD 68.000,00	USD 68.471,79
					USD 771.776,00	USD 6.878.424,72
					USD 10.342,50	USD 10.414,26
USD 12.219.786,67	USD 13.069.905,17	USD 95.013.445,67				

Tabla 14-8 Cronograma de Inversión (continuación)

Fuente: Elaboración propia

$$\begin{aligned}
 I_0 = & 6.930.941,13 * (1 + 0,0139)^{11,5} + 1.704.308,33 * (1 + 0,0139)^{10,5} + 1.704.308,33 \\
 & * (1 + 0,0139)^{9,5} + 1.704.308,33 * (1 + 0,0139)^{8,5} + 1.704.308,33 \\
 & * (1 + 0,0139)^{7,5} + 1.704.308,33 * (1 + 0,0139)^{6,5} + 12.219.786,67 \\
 & * (1 + 0,0139)^{5,5} + 12.219.786,67 * (1 + 0,0139)^{4,5} + 12.219.786,67 \\
 & * (1 + 0,0139)^{3,5} + 12.219.786,67 * (1 + 0,0139)^{2,5} + 12.219.786,67 \\
 & * (1 + 0,0139)^{1,5} + 13.069.905,17 * (1 + 0,0139)^{0,5} = \mathbf{95.013.445,67}
 \end{aligned}$$

De esta forma, el valor de la inversión inicial, actualizada el momento cero del proyecto asciende a U\$D 95 013 445,67.

14.3.3. INVERSIÓN EN CAPITAL DE TRABAJO (ICT)

La definición más básica de capital de trabajo lo considera como todo aquel recurso que requiere la empresa para poder operar. En este sentido el capital de trabajo es lo que comúnmente se conoce como activo corriente (efectivo, inversiones a corto plazo, cartera e inventarios).

La empresa para poder operar requiere de recursos para cubrir necesidades de insumos, materia prima, mano de obra, reposición de activos fijos, etc. Estos recursos deben estar disponibles a corto plazo para cubrir las necesidades de la empresa a tiempo.

Para determinar el capital de trabajo de una forma más objetiva, se debe restar de los activos corrientes, los pasivos corrientes. De esta forma se obtiene lo que se llama el capital de trabajo neto contable. Esto supone determinar con cuántos recursos cuenta la empresa para operar si se pagan todos los pasivos a corto plazo.

Existen diversas formas de cálculo del capital de trabajo. A continuación, se exponen las más utilizadas.

MÉTODO DE DESFASE

Este método consiste en determinar la cuantía de los costos de operación que deben financiarse desde el momento en que se efectúa el primer pago por la adquisición de la materia prima hasta el momento en que se recauda el ingreso por la venta de los productos, que se destinará a financiar el período de desfase siguiente. Es decir, este método tiene en cuenta el tiempo de recuperación.

El intervalo de tiempo obtenido se utiliza para calcular junto con el costo unitario, la inversión en el costo de capital (ICT).

MÉTODO DEL DÉFICIT ACUMULADO MÁXIMO

Este se basa en que se calculan los flujos de egresos e ingresos proyectados mes a mes, se calcula el saldo, y posteriormente el saldo acumulado mes a mes. Se toma como valor de ICT para financiar la operación normal del proyecto, el máximo saldo acumulado, ya que este refleja la cuantía de los recursos a cubrir durante todo el tiempo para que se mantenga el nivel de operación que permitió su cálculo. El déficit acumulado máximo deberá estar disponible, ya que siempre existirá un desfase entre ingresos y egresos.

14.3.3.3.

MÉTODO CONTABLE

Aquí lo que se hace es cuantificar la inversión requerida en cada uno de los rubros del activo corriente, considerando que estos activos pueden financiarse con pasivos de corto plazo (créditos de proveedores, préstamos bancarios, etc.) Los rubros del activo corriente que se cuantifican en el cálculo son los siguientes:

- Saldo óptimo a mantener en efectivo.
- Nivel de cuentas por cobrar apropiado.
- Volumen de existencias a mantener.
- Niveles esperados de deudas a corto plazo.

En este proyecto se realiza un análisis de prefactibilidad. Es por ello que no se determinarán estos factores y por lo tanto no permite que se aplique este método.

SELECCIÓN DE MÉTODO

Generalmente el método del déficit acumulado máximo es el más utilizado para proyectos cuya estacionalidad es marcada, por otro lado el sistema de periodo de desfase es muy útil para aquellos proyectos que tienen periodos de recuperación cortos,

sin embargo éste último manifiesta la deficiencia de no considerar los ingresos que se podrían percibir durante el periodo de recuperación (por ventas realizadas a otros consumidores), con lo que el monto así calculado tiende a sobre evaluarse, castigando el resultado de la evaluación.

Pese a lo expuesto previamente, para el caso de este proyecto resulta de mayor utilidad la aplicación del método de desfase.

CÁLCULO DE LA INVERSIÓN EN CAPITAL DE TRABAJO

El cálculo del capital de trabajo a través del método seleccionado se realiza empleando la siguiente fórmula:

14.3.3.5.

$$ICT = \frac{CA}{364} * n_d$$

Donde:

- ICT: Inversión inicial en capital de trabajo
- CA: costo anual proyectado para el primer año de operación
- n_d : número de días de desfase entre la ocurrencia de los egresos y la generación de ingresos.

Para calcular el periodo de desfase se tendrá en cuenta:

- Tiempo de elaboración del producto: 60 días.
- Tiempo de comercialización: 30 días.
- Tiempo en que se hace efectivo el cobro: 30 días.

Entonces, $n_d = 120$ días

El detalle del cálculo del costo anual de operación se presenta en apartados posteriores. El valor final es de U\$D 255 645 485,06.

Reemplazando estos valores en la fórmula de cálculo se determina la inversión en capital de trabajo alcanza un valor de USD 84 278 731,34.

14.3.4. COSTOS FIJOS

Los costos fijos son aquellos costos que la empresa debe pagar independientemente de su nivel de operación, es decir, produzca o no produzca debe pagarlos.

Un costo fijo es una erogación en que la empresa debe incurrir obligatoriamente, aun cuando la empresa opere a bajos niveles, o no lo haga, razón por la que son tan importantes en la estructura financiera de cualquier empresa.

Es el caso por ejemplo de los pagos como el arrendamiento, puesto que este, así no se venda nada, hay que pagarlo. Sucede también con casi todos los pagos laborales, servicios públicos, seguros, etc.

Este costo está compuesto por una serie de factores, los cuales serán descriptos y cuantificados en los posteriores apartados.

COSTOS POR DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES

Las definiciones de depreciación y amortización se refieren en ambos casos a la pérdida de valor económico que sufre un activo con el transcurrir del tiempo.

La diferencia entre ambos conceptos es que la depreciación hace referencia a la pérdida de valor en el caso de los activos tangibles, mientras que la amortización se refiere a bienes intangibles.

El porcentaje de depreciación/amortización depende del tipo de activo que se esté analizando y se encuentra establecido por ley para cada caso.

En la siguiente serie de tablas se presentan los costos en conceptos de amortizaciones y depreciaciones para los activos que componen la inversión de la empresa.

Depreciaciones	Tasa de depreciación	Inversión inicial	Amortización anual	Vida útil contable (años)	Amortización total
Área de Producción	4,00%	USD 4.700.000,00	USD 188.000,00	25	USD 1.880.000,00
Almacén de MMPP	4,00%	USD 950.000,00	USD 38.000,00	25	USD 380.000,00
Almacén de PI	4,00%	USD 57.000,00	USD 2.280,00	25	USD 22.800,00
Almacén PFFF	4,00%	USD 927.200,00	USD 37.088,00	25	USD 370.880,00
Laboratorio	4,00%	USD 48.000,00	USD 1.920,00	25	USD 19.200,00
Estacionamiento	4,00%	USD 8.400,00	USD 336,00	25	USD 3.360,00
Instalación eléctrica	4,00%	USD 14.000,00	USD 560,00	25	USD 5.600,00
Tuberías	4,00%	USD 11.750,00	USD 470,00	25	USD 4.700,00

Caminos	4,00%	USD 85.500,00	USD 3.420,00	25	USD 34.200,00
SUBTOTAL		USD 6.801.850	USD 272.074		USD 2.720.740

Tabla 14-9 Depreciaciones en edificación e instalaciones

Fuente: Elaboración propia

Depreciaciones	Tasa de depreciación	Inversión inicial	Amortización anual	Vida útil contable (años)	Amortización total
Tanque mezcla de alimentación	10%	USD 237.500,00	USD 23.750,00	10	USD 237.500,00
Tanque Propileno	10%	USD 142.500,00	USD 14.250,00	10	USD 142.500,00
Tanque Etileno	10%	USD 57.000,00	USD 5.700,00	10	USD 57.000,00
Desetanzador	10%	USD 14.820.000,00	USD 1.482.000,00	10	USD 14.820.000,00
Columna de destilación	10%	USD 45.600.000,00	USD 4.560.000,00	10	USD 45.600.000,00
Ventiladores	10%	USD 1.567,50	USD 156,75	10	USD 1.567,50
Enfriadores	10%	USD 23.750,00	USD 2.375,00	10	USD 23.750,00
Reactor	10%	USD 95.000,00	USD 9.500,00	10	USD 95.000,00
Reactor	10%	USD 57.000,00	USD 5.700,00	10	USD 57.000,00
Reactor	10%	USD 85.500,00	USD 8.550,00	10	USD 85.500,00
Silos	10%	USD 199.500,00	USD 19.950,00	10	USD 199.500,00
Ciclón	10%	USD 45.600,00	USD 4.560,00	10	USD 45.600,00
Ciclón 2	10%	USD 38.000,00	USD 3.800,00	10	USD 38.000,00

Condensador	10%	USD 8.550,00	USD 855,00	10	USD 8.550,00
Condensador	10%	USD 8.550,00	USD 855,00	10	USD 8.550,00
Condensador	10%	USD 6.650,00	USD 665,00	10	USD 6.650,00
Extrusor	10%	USD 5.700.000,0 0	USD 570.000,00	10	USD 5.700.000,0 0
Unidad de desodorizado	10%	USD 19.570,00	USD 1.957,00	10	USD 19.570,00
Unidad de desodorizado	10%	USD 21.926,00	USD 2.192,60	10	USD 21.926,00
Unidad de desodorizado	10%	USD 14.630,00	USD 1.463,00	10	USD 14.630,00
Envasadora bolsas	10%	USD 52.440,00	USD 5.244,00	10	USD 52.440,00
Envasadora big bag	10%	USD 151.050,00	USD 15.105,00	10	USD 151.050,00
Paletizadora	10%	USD 75.525,00	USD 7.552,50	10	USD 75.525,00
Caldera	10%	USD 23.911,50	USD 2.391,15	10	USD 23.911,50
Compresores	10%	USD 22.800,00	USD 2.280,00	10	USD 22.800,00
Transporte Neumático	10%	USD 285.000,00	USD 28.500,00	10	USD 285.000,00
Instrumentación	10%	USD 1.710.000,0 0	USD 171.000,00	10	USD 1.710.000,0 0
Báscula	10%	USD 15.200,00	USD 1.520,00	10	USD 15.200,00
SUBTOTAL		USD 69.503.520	USD 6.950.352		USD 69.503.520

Tabla 14-10 Depreciaciones en equipos y maquinarias

Fuente: Elaboración propia

Depreciaciones	Tasa de depreciación	Inversión inicial	Amortización anual	Vida útil contable (años)	Amortización total
Autoelevador	20%	USD 48.000,00	USD 9.600,00	5	USD 48.000,00
Equipos de laboratorio	10%	USD 20.000,00	USD 2.000,00	10	USD 20.000,00
SUBTOTAL		USD 68.000,0	USD 11.600,00		USD 68.000,00

Tabla 14-11 Depreciaciones en rodados y equipos

Fuente: Elaboración propia

Depreciaciones	Tasa de depreciación	Inversión inicial	Amortización anual	Vida útil contable (años)	Amortización total
Computadoras	33%	USD 2.855,00	USD 951,67	3	USD 2.855,00
Impresoras	33%	USD 714,00	USD 238,00	3	USD 714,00
Escritorios	33%	USD 950,00	USD 316,67	3	USD 950,00
Sillas	33%	USD 1.065,00	USD 355,00	3	USD 1.065,00
Mesas	33%	USD 1.020,00	USD 340,00	3	USD 1.020,00
Armarios	33%	USD 720,00	USD 240,00	3	USD 720,00
Aire acondicionado	33%	USD 2.142,00	USD 714,00	3	USD 2.142,00
Teléfonos	33%	USD 384,00	USD 128,00	3	USD 384,00
SUBTOTAL		USD 9.850,00	USD 3.283,33		USD 9.850,00

Tabla 14-12 Depreciaciones en muebles y útiles

Fuente: Elaboración propia

Amortizaciones	Tasa de depreciación	Inversión inicial	Amortización anual	Vida útil contable (años)	Amortización total
Planeación e integración del proyecto	50%	USD 146.746,11	USD 73.373,05	2	USD 146.746,11
Ingeniería del proyecto	50%	USD 135.060,80	USD 67.530,40	2	USD 135.060,80
Supervisión del proyecto	50%	USD 73.373,05	USD 36.686,53	2	USD 73.373,05
Administración del proyecto	50%	USD 244.576,84	USD 122.288,42	2	USD 244.576,84
Constitución de la empresa	50%	USD 4.500,00	USD 2.250,00	2	USD 4.500,00
Puesta en marcha	50%	USD 771.776,00	USD 385.888,00	2	USD 771.776,00
Patentes y licencias	50%	USD 4.600.000,00	USD 2.300.000,00	2	USD 4.600.000,00
SUBTOTAL		USD 5.976.033	USD 2.988.016		USD 5.976.033

Tabla 14-13 Amortizaciones en cargos diferidos

Fuente: Elaboración propia

El costo anual del total de amortizaciones varía dependiendo el año que se analice en el horizonte de evaluación, debido a que dependiendo el concepto que se analice, varía la vida útil contable. En el primer año, este valor representa un total de U\$D 10 225 325,73.

COSTOS FIJOS DE MANO DE OBRA

En el Capítulo 8 “Ingeniería de Gestión” se presentó un análisis del organigrama de la empresa. Partiendo de esta información se determina cuáles son las funciones que componen la mano de obra permanente.

Su definición se realiza planteando un escenario de parada de producción, y en este caso se analiza cuáles son las personas que deben seguir prestando función para que la planta pueda seguir funcionando.

Los resultados de este análisis se presentan en la Tabla 14-14.

Función	Puestos	Categoría	Sueldo Básico	Extra (vacaciones, aguinaldo, etc)	Sueldo bruto	Jubilación	Obra social
				0,6		0,11	0,03
Gerente general	1	Fuera CCT	USD 2.248,00	USD 1.348,80	USD 3.596,80	USD 247,28	USD 67,44
Gerente de producción	1	Fuera CCT	USD 2.000,00	USD 1.200,00	USD 3.200,00	USD 220,00	USD 60,00
Jefe de mantenimiento	1	Fuera CCT	USD 1.370,00	USD 822,00	USD 2.192,00	USD 150,70	USD 41,10
Oficial Instrumentista	1	A3	USD 1.167,00	USD 700,20	USD 1.867,20	USD 128,37	USD 35,01
Oficial electricista	1	A1	USD 954,00	USD 572,40	USD 1.526,40	USD 104,94	USD 28,62
Jefe de laboratorio	1	Fuera CCT	USD 1.067,00	USD 640,20	USD 1.707,20	USD 117,37	USD 32,01
Encargado destilación	1	A3	USD 1.167,00	USD 700,20	USD 1.867,20	USD 128,37	USD 35,01
Encargado extrusión- envasado	1	A3	USD 1.167,00	USD 700,20	USD 1.867,20	USD 128,37	USD 35,01
Gerente de economía y finanzas	1	Fuera CCT	USD 1.905,00	USD 1.143,00	USD 3.048,00	USD 209,55	USD 57,15
Encargado de caja	1	Fuera CCT	USD 867,00	USD 520,20	USD 1.387,20	USD 95,37	USD 26,01
Encargado de créditos y finanzas	1	Fuera CCT	USD 952,00	USD 571,20	USD 1.523,20	USD 104,72	USD 28,56
Encargado contabilidad	1	Fuera CCT	USD 952,00	USD 571,20	USD 1.523,20	USD 104,72	USD 28,56

Gerente comercial	1	Fuera CCT	USD 1.905,00	USD 1.143,00	USD 3.048,00	USD 209,55	USD 57,15
Gerente de logística	1	Fuera CCT	USD 1.430,00	USD 858,00	USD 2.288,00	USD 157,30	USD 42,90
Encargado de almacén	1	A	USD 1.310,00	USD 786,00	USD 2.096,00	USD 144,10	USD 39,30

ART	Cuota sindical	Aporte personal	Sueldo Neto	Total Anual empleados	Aportes patronales anuales	Previsión por despidos anual	Total Anual
0,01	0,03	0,03			0,345	0,2	
USD 22,48	USD 67,44	USD 67,44	USD 4.068,88	USD 48.826,56	USD 16.845,16	USD 9.765,31	USD 75.437,04
USD 20,00	USD 60,00	USD 60,00	USD 3.620,00	USD 43.440,00	USD 14.986,80	USD 8.688,00	USD 67.114,80
USD 13,70	USD 41,10	USD 41,10	USD 2.479,70	USD 29.756,40	USD 10.265,96	USD 5.951,28	USD 45.973,64
USD 11,67	USD 35,01	USD 35,01	USD 2.112,27	USD 25.347,24	USD 8.744,80	USD 5.069,45	USD 39.161,49
USD 9,54	USD 28,62	USD 28,62	USD 1.726,74	USD 20.720,88	USD 7.148,70	USD 4.144,18	USD 32.013,76
USD 10,67	USD 32,01	USD 32,01	USD 1.931,27	USD 23.175,24	USD 7.995,46	USD 4.635,05	USD 35.805,75
USD 11,67	USD 35,01	USD 35,01	USD 2.112,27	USD 25.347,24	USD 8.744,80	USD 5.069,45	USD 39.161,49
USD 11,67	USD 35,01	USD 35,01	USD 2.112,27	USD 25.347,24	USD 8.744,80	USD 5.069,45	USD 39.161,49
USD 19,05	USD 57,15	USD 57,15	USD 3.448,05	USD 41.376,60	USD 14.274,93	USD 8.275,32	USD 63.926,85

USD 8,67	USD 26,01	USD 26,01	USD 1.569,27	USD 18.831,24	USD 6.496,78	USD 3.766,25	USD 29.094,27
USD 9,52	USD 28,56	USD 28,56	USD 1.723,12	USD 20.677,44	USD 7.133,72	USD 4.135,49	USD 31.946,64
USD 9,52	USD 28,56	USD 28,56	USD 1.723,12	USD 20.677,44	USD 7.133,72	USD 4.135,49	USD 31.946,64
USD 19,05	USD 57,15	USD 57,15	USD 3.448,05	USD 41.376,60	USD 14.274,93	USD 8.275,32	USD 63.926,85
USD 14,30	USD 42,90	USD 42,90	USD 2.588,30	USD 31.059,60	USD 10.715,56	USD 6.211,92	USD 47.987,08
USD 13,10	USD 39,30	USD 39,30	USD 2.371,10	USD 28.453,20	USD 9.816,35	USD 5.690,64	USD 43.960,19
							USD 686.618

Tabla 14-14 Costo fijo en mano de obra permanente

Fuente: Elaboración propia

14.3.4.3.

COSTOS FIJOS DE SERVICIOS Y OTROS

En este apartado se incluyen aquellos costos fijos que no pueden ser incluido en los ítems anteriores. Así se contabilizan por ejemplo costos de librería, agua, internet, teléfonos, etc.

Servicios	Costo	Observación
Gastos de librería y limpieza	USD 1.500,00	Anual
Teléfonos e internet	USD 3.000,00	Anual
Seguridad	USD 230.000,00	Anual
Limpieza	USD 55.000,00	Anual
Recursos Humanos	USD 160.000,00	Anual

Atención médica	USD 100.000,00	Anual
Comedor	USD 200.000,00	Anual
TOTAL	USD 749.500,00	

Tabla 14-15 Costos fijos de servicios y otros

Fuente: Elaboración propia

RESUMEN DE COSTOS FIJOS

A modo de conclusión parcial se presenta en este apartado un análisis de los diferentes valores de costos fijos obtenidos.

14.3.4.4.

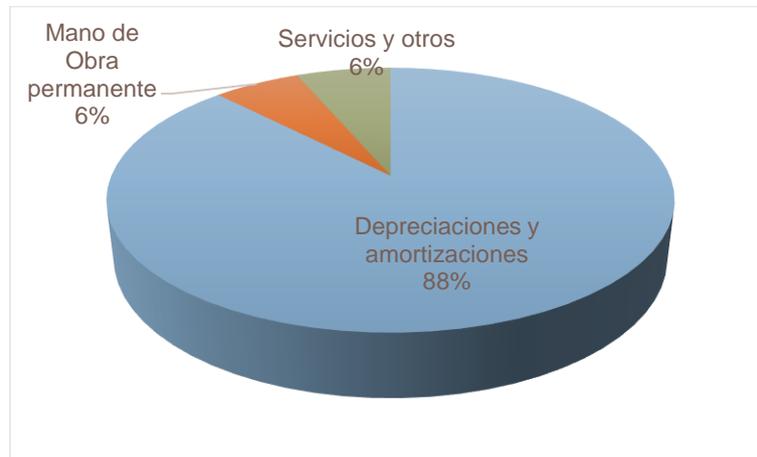


Figura 14-1 Distribución de costos fijos

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse, la gran mayoría de costos fijos están relacionados con el costo debido a depreciaciones y amortizaciones de la inversión inicial. Sin embargo, el grado de influencia de este costo disminuye a medida que avanza el horizonte de evaluación. Esta variación se presenta en la Figura 14-2.

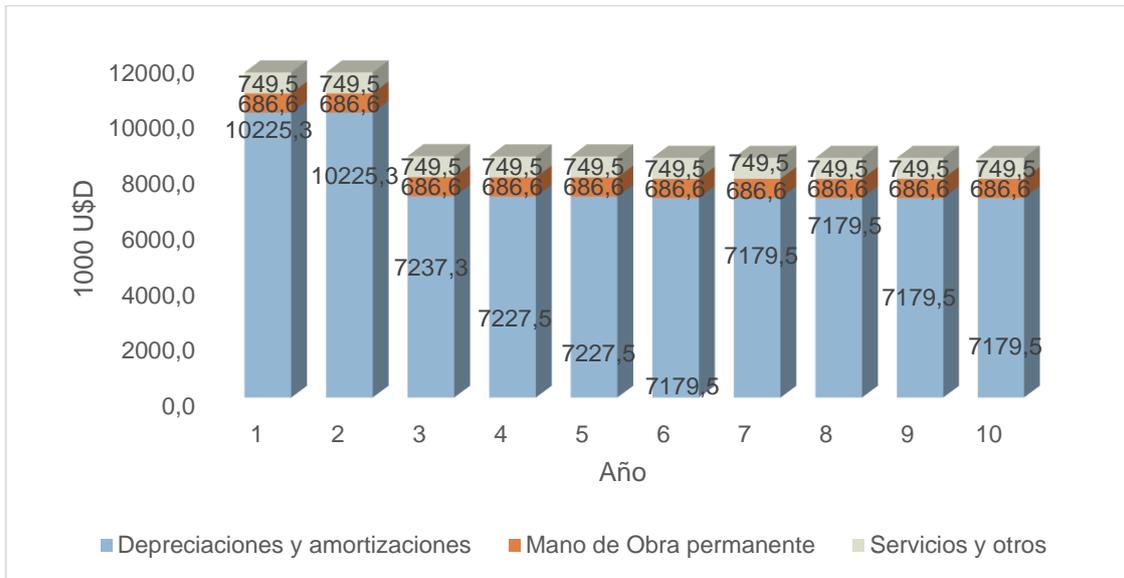


Figura 14-2 Variación de costos fijos en el horizonte de evaluación

Fuente: Elaboración propia

14.3.5. COSTOS VARIABLES

Como su nombre lo indica, el costo variable hace referencia a los costos de producción que varían dependiendo del nivel de producción.

Todo aquel costo que aumenta o disminuye según aumente o disminuya la producción, se conoce como costo variable.

La organización debe intentar que la mayor parte de sus costos sean variables, para disminuir el mínimo posible sus costos totales en casos en los cuales se deba reducir la producción.

COSTOS VARIABLES POR MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

Tanto las materias primas como los insumos necesarios para la obtención de polipropileno se han mencionado y cuantificado especialmente en el capítulo 6 "Ingeniería de proceso".

En la Tabla 14-16 se muestran los resultados de los costos variables debidos a materias primas e insumos. Estos se calculan multiplicando el costo unitario de cada factor por las cantidades necesarias.

MMPP/Insumo	Cantidad	Unidad	Consumo(t n de PP)	Costo unitario	Costo total
Mezcla de alimentación	273533,9	tn	1,3676695	USD 800,00	USD 218.827.120,00
Nitrógeno	13135	tn	0,065675	USD 254,00	USD 3.336.290,00
Hidrógeno	89,5	tn	0,0004475	USD 8.000,00	USD 716.000,00
Catalizador	11,1	tn	0,0000555	USD 23.000,00	USD 255.300,00
Co-catalizador	104,2	tn	0,000521	USD 7.000,00	USD 729.400,00
Aditivos	6225,2	tn	0,031126	USD 1.300,00	USD 8.092.760,00
Fluido de enfriamiento	4,259	m3	0,000021295	USD 5.000,00	USD 21.295,00
Dióxido de carbono	120640,728	m3	0,60320364	USD 9,00	USD 1.085.766,55
Bolsas de PEBD	4000000	un	20	USD 0,23	USD 920.000,00
Big bag	80000	un	0,4	USD 1,25	USD 100.000,00
Palets	153000	un	0,765	USD 2,30	USD 351.900,00
Stretch film	336600	kg	1,683	USD 1,10	USD 370.260,00
TOTAL					USD 234.806.091,6

Tabla 14-16 Costos variables de materia prima e insumos

Fuente: Elaboración propia

COSTOS VARIABLES POR MANO DE OBRA VARIABLE

Entran en esta clasificación todas aquellas funciones incluidas en el organigrama de la empresa y que no se hayan considerado anteriormente dentro de los costos fijos de mano de obra.

Función	Puestos	Categoría	Sueldo Básico	Extra (vacaciones, aguinaldo, etc)	Sueldo bruto	Jubilación	Obra social
				0,6		0,11	0,03
Oficial Instrumentista	7	A3	USD 1.167,00	USD 700,20	USD 1.867,20	USD 128,37	USD 35,01
Oficial electricista	7	A1	USD 954,00	USD 572,40	USD 1.526,40	USD 104,94	USD 28,62
Oficial con oficio	8	A	USD 877,00	USD 526,20	USD 1.403,20	USD 96,47	USD 26,31
Laboratorista	8	A2	USD 1.053,00	USD 631,80	USD 1.684,80	USD 115,83	USD 31,59
Operador destilador	12	C	USD 675,00	USD 405,00	USD 1.080,00	USD 74,25	USD 20,25
Operador reactor	24	C	USD 675,00	USD 405,00	USD 1.080,00	USD 74,25	USD 20,25
Operador separador de monómero	24	C	USD 675,00	USD 405,00	USD 1.080,00	USD 74,25	USD 20,25
Operador extrusor	24	C	USD 675,00	USD 405,00	USD 1.080,00	USD 74,25	USD 20,25
Operador envasado	12	C	USD 675,00	USD 405,00	USD 1.080,00	USD 74,25	USD 20,25
Encargado marketing	1	Fuera CCT	USD 867,00	USD 520,20	USD 1.387,20	USD 95,37	USD 26,01

Encargado ventas	1	Fuera CCT	USD 868,00	USD 520,80	USD 1.388,80	USD 95,48	USD 26,04
Encargado de almacén	7	A	USD 1.310,00	USD 786,00	USD 2.096,00	USD 144,10	USD 39,30
Ayudante de almacén	24	D	USD 614,00	USD 368,40	USD 982,40	USD 67,54	USD 18,42

ART	Cuota sindical	Aporte personal	Sueldo Neto	Total Anual empleados	Aportes patronales anuales	Previsión por despidos anual	Total Anual
0,01	0,03	0,03			0,345	0,2	
USD 11,67	USD 35,01	USD 35,01	USD 2.112,27	USD 177.430,68	USD 61.213,58	USD 35.486,14	USD 274.130,40
USD 9,54	USD 28,62	USD 28,62	USD 1.726,74	USD 145.046,16	USD 50.040,93	USD 29.009,23	USD 224.096,32
USD 8,77	USD 26,31	USD 26,31	USD 1.587,37	USD 152.387,52	USD 52.573,69	USD 30.477,50	USD 235.438,72
USD 10,53	USD 31,59	USD 31,59	USD 1.905,93	USD 182.969,28	USD 63.124,40	USD 36.593,86	USD 282.687,54
USD 6,75	USD 20,25	USD 20,25	USD 1.221,75	USD 175.932,00	USD 60.696,54	USD 35.186,40	USD 271.814,94
USD 6,75	USD 20,25	USD 20,25	USD 1.221,75	USD 351.864,00	USD 121.393,08	USD 70.372,80	USD 543.629,88
USD 6,75	USD 20,25	USD 20,25	USD 1.221,75	USD 351.864,00	USD 121.393,08	USD 70.372,80	USD 543.629,88
USD 6,75	USD 20,25	USD 20,25	USD 1.221,75	USD 351.864,00	USD 121.393,08	USD 70.372,80	USD 543.629,88
USD 6,75	USD 20,25	USD 20,25	USD 1.221,75	USD 175.932,00	USD 60.696,54	USD 35.186,40	USD 271.814,94
USD 8,67	USD 26,01	USD 26,01	USD 1.569,27	USD 18.831,24	USD 6.496,78	USD 3.766,25	USD 29.094,27

AMAYA, Eduardo Matías – MOLINA, Facundo Ezequiel – SÁNCHEZ, Mauricio Emmanuel



USD 8,68	USD 26,04	USD 26,04	USD 1.571,08	USD 18.852,96	USD 6.504,27	USD 3.770,59	USD 29.127,82
USD 13,1	USD 39,30	USD 39,30	USD 2.371,1	USD 199.172,4	USD 68.714,48	USD 39.834,5	USD 307.721,4
USD 6,14	USD 18,42	USD 18,42	USD 1.111,3	USD 320.065,9	USD 110.422,7	USD 64.013,2	USD 494.501,85
							USD 4.051.318

Tabla 14-17 Costos variables en mano de obra

Fuente: Elaboración propia

COSTOS VARIABLES POR SERVICIOS Y OTROS

En este caso se procede de igual forma que en el caso de los costos fijos en este tipo de conceptos, incluyendo aquellos cuyo consumo depende de la cantidad de producto que se genere.

SERVICIOS Y OTROS COSTOS	Cantidad mensual	Consumo (tn de PP)	Precio unitario	Costo anual
Energía eléctrica (kWh)	6000000	30	USD 0,09	USD 557.100,00
Gas natural (m3)	84000000	420	USD 0,05	USD 3.999.240,00
Tratamiento de residuos	84000	0,42	USD 1,00	USD 84.000,00
Mantenimiento	4200000	21	USD 1,00	USD 4.200.000,00
TOTAL				USD 8.840.340,00

14.3.5.4.

Tabla 14-18 Costos variables en servicios y otros

Fuente: Elaboración propia

COSTO VARIABLE UNITARIO

El costo variable unitario es el resultado de la relación entre el total de costos variables en los que incurre la organización para llevar a cabo un determinado plan de producción y la cantidad de unidades que incluye dicho plan de producción.

$$CV_U = \frac{CVT}{Q} = \frac{\text{USD } 247.697.749,34}{200.000 \text{ tn}} = 1238,49 \frac{\text{USD}}{\text{tn}}$$

RESUMEN DE COSTOS VARIABLES

Se analiza en este apartado los resultados obtenidos en los casos anteriores.

14.3.5.5.

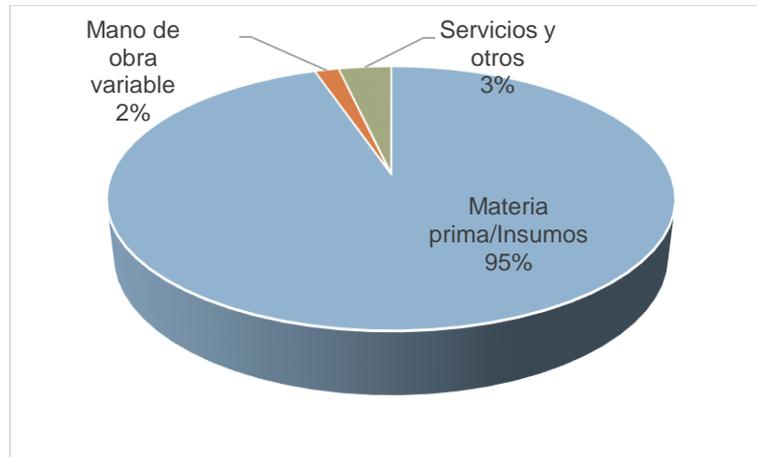


Figura 14-3 Distribución de costos fijos

Fuente: Elaboración propia

En esta figura se observa claramente que el concepto que mayor influencia presenta sobre el costo variable del producto es el de materias primas e insumos. Es por ello que deben concentrarse los mayores esfuerzos en reducir estos costos, a través de convenios con los proveedores, por ejemplo.

14.3.6. COSTOS TOTALES

El costo total de la empresa está dado por la suma de los costos variables y los costos fijos calculados.

El costo total de producción para el plan de producción estudiado es de U\$D 259 359 193,03 por año.

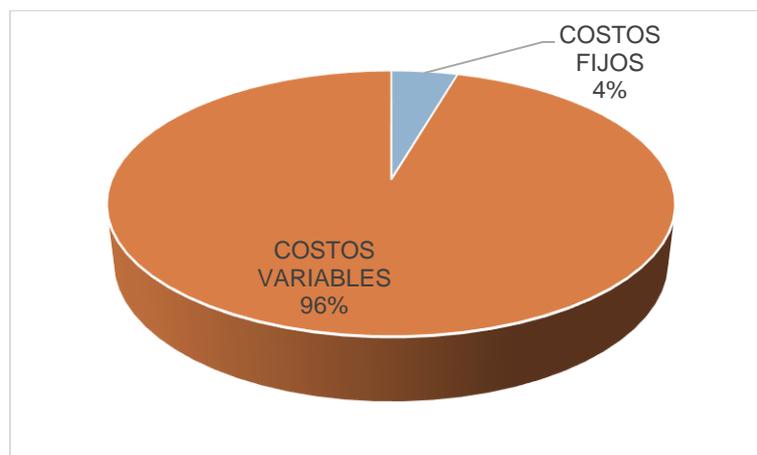


Figura 14-4 Distribución entre costos fijos y variables

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 14-4 y 14-5 se observa una distribución con mayor influencia de los costos variables frente a los costos fijos, con distintas relaciones de influencia. Esta proporción es favorable debido a que los costos fijos pueden ser absorbidos por la producción, y una merma en la cantidad producción no afectaría considerablemente la estructura de costos.

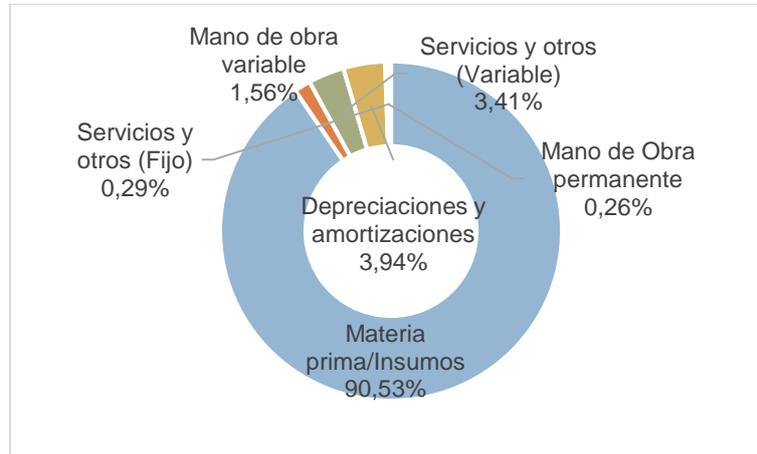


Figura 14-5 Distribución de costos totales

Fuente: Elaboración propia

En este gráfico pueden obtenerse conclusiones similares a las que se han presentado anteriormente, lo que sirve para reforzar la idea de que la empresa debe enfocarse principalmente en disminuir los costos de producción y así aumentar los niveles de rentabilidad.

14.4. PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio o punto muerto es una herramienta clave en la estrategia de una empresa, que es fundamental para ponderar el grado de solvencia de una empresa y su potencial de rentabilidad.

En concreto, el punto de equilibrio determina cuál es el nivel de ventas preciso para poder cubrir el total de los costos de la empresa, puesto que predice el punto de ventas anuales que se debe conseguir para no tener pérdidas y comenzar a disfrutar de beneficios.

El punto de equilibrio de una empresa se caracteriza por ser el punto justo en el que una empresa comienza a cubrir sus costos. Por ello, si incrementa sus ventas, ubicándose por encima del punto de equilibrio, empezará a percibir un beneficio positivo. Y, por el contrario, si las ventas se sitúan por debajo de este punto de equilibrio se hablaría de pérdidas.

Partiendo de su definición se puede establecer la fórmula de cálculo, es decir, se igualan los ingresos por venta de productos con la suma de los costos fijos y variables.

Realizando los despejes necesarios se llega a la ecuación de cálculo del punto de equilibrio que se presenta a continuación.

$$Q_e = \frac{CF}{P_v - CV_U}$$

Donde:

- Q_e : cantidad de producto que determina el punto de equilibrio
- CF: costos fijos totales
- P_v : precio de venta del producto
- CV_U : costo variable unitario

$$Q_e = \frac{CF}{P_v - CV_U} = \frac{11.661.443,70 \text{ USD}}{1770 \frac{\text{USD}}{\text{tn}} - 1238,49 \frac{\text{USD}}{\text{tn}}} = \mathbf{21940,21 \text{ tn}}$$

Reemplazando los valores obtenidos en el análisis de costos en esta ecuación llegamos a que la cantidad necesaria para que la empresa no tenga pérdidas ni ganancias es de 21 940,21 tn.

Cantida d produci da (tn)	Preci o de venta (USD/t n)	Ingreso por ventas (USD)	Costo fijo total (USD)	Costo variab le unitar io (USD/t n)	Costo variable total (USD)	Costo total (USD)	Resulta do (USD)
0	USD 1.770, 00	USD 0,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 0,00	USD 11.661.4 43,70	-USD 11.661.4 43,70
5000	USD 1.770, 00	USD 8.850.00 0,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 6.192.44 3,73	USD 17.853.8 87,43	-USD 9.003.88 7,43
10000	USD 1.770, 00	USD 17.700.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 12.384.8 87,47	USD 24.046.3 31,16	-USD 6.346.33 1,16
11000	USD 1.770, 00	USD 19.470.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 13.623.3 76,21	USD 25.284.8 19,91	-USD 5.814.81 9,91
12000	USD 1.770, 00	USD 21.240.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 14.861.8 64,96	USD 26.523.3 08,66	-USD 5.283.30 8,66
13000	USD 1.770, 00	USD 23.010.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 16.100.3 53,71	USD 27.761.7 97,40	-USD 4.751.79 7,40

14000	USD 1.770, 00	USD 24.780.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 17.338.8 42,45	USD 29.000.2 86,15	-USD 4.220.28 6,15
15000	USD 1.770, 00	USD 26.550.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 18.577.3 31,20	USD 30.238.7 74,90	-USD 3.688.77 4,90
16000	USD 1.770, 00	USD 28.320.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 19.815.8 19,95	USD 31.477.2 63,64	-USD 3.157.26 3,64
17000	USD 1.770, 00	USD 30.090.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 21.054.3 08,69	USD 32.715.7 52,39	-USD 2.625.75 2,39
18000	USD 1.770, 00	USD 31.860.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 22.292.7 97,44	USD 33.954.2 41,14	-USD 2.094.24 1,14
19000	USD 1.770, 00	USD 33.630.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 23.531.2 86,19	USD 35.192.7 29,88	-USD 1.562.72 9,88
20000	USD 1.770, 00	USD 35.400.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 24.769.7 74,93	USD 36.431.2 18,63	-USD 1.031.21 8,63
21000	USD 1.770, 00	USD 37.170.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 26.008.2 63,68	USD 37.669.7 07,38	-USD 499.707, 38
21940	USD 1.770, 00	USD 38.834.0 89,05	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 27.172.6 45,35	USD 38.834.0 89,05	USD 0,00
25000	USD 1.770, 00	USD 44.250.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 30.962.2 18,67	USD 42.623.6 62,36	USD 1.626.33 7,64
35000	USD 1.770, 00	USD 61.950.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 43.347.1 06,13	USD 55.008.5 49,83	USD 6.941.45 0,17
45000	USD 1.770, 00	USD 79.650.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 55.731.9 93,60	USD 67.393.4 37,30	USD 12.256.5 62,70
55000	USD 1.770, 00	USD 97.350.0 00,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 68.116.8 81,07	USD 79.778.3 24,76	USD 17.571.6 75,24
65000	USD 1.770, 00	USD 115.050. 000,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 80.501.7 68,54	USD 92.163.2 12,23	USD 22.886.7 87,77
75000	USD 1.770, 00	USD 132.750. 000,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 92.886.6 56,00	USD 104.548. 099,70	USD 28.201.9 00,30

85000	USD 1.770, 00	USD 150.450. 000,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 105.271. 543,47	USD 116.932. 987,16	USD 33.517.0 12,84
95000	USD 1.770, 00	USD 168.150. 000,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 117.656. 430,94	USD 129.317. 874,63	USD 38.832.1 25,37
105000	USD 1.770, 00	USD 185.850. 000,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 130.041. 318,40	USD 141.702. 762,10	USD 44.147.2 37,90
115000	USD 1.770, 00	USD 203.550. 000,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 142.426. 205,87	USD 154.087. 649,57	USD 49.462.3 50,43
125000	USD 1.770, 00	USD 221.250. 000,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 154.811. 093,34	USD 166.472. 537,03	USD 54.777.4 62,97
150000	USD 1.770, 00	USD 265.500. 000,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 185.773. 312,00	USD 197.434. 755,70	USD 68.065.2 44,30
170000	USD 1.770, 00	USD 300.900. 000,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 210.543. 086,94	USD 222.204. 530,63	USD 78.695.4 69,37
180000	USD 1.770, 00	USD 318.600. 000,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 222.927. 974,41	USD 234.589. 418,10	USD 84.010.5 81,90
200000	USD 1.770, 00	USD 354.000. 000,00	USD 11.661.4 43,70	USD 1.238, 49	USD 247.697. 749,34	USD 259.359. 193,03	USD 94.640.8 06,97

Tabla 14-19 Punto de equilibrio

Fuente: Elaboración propia

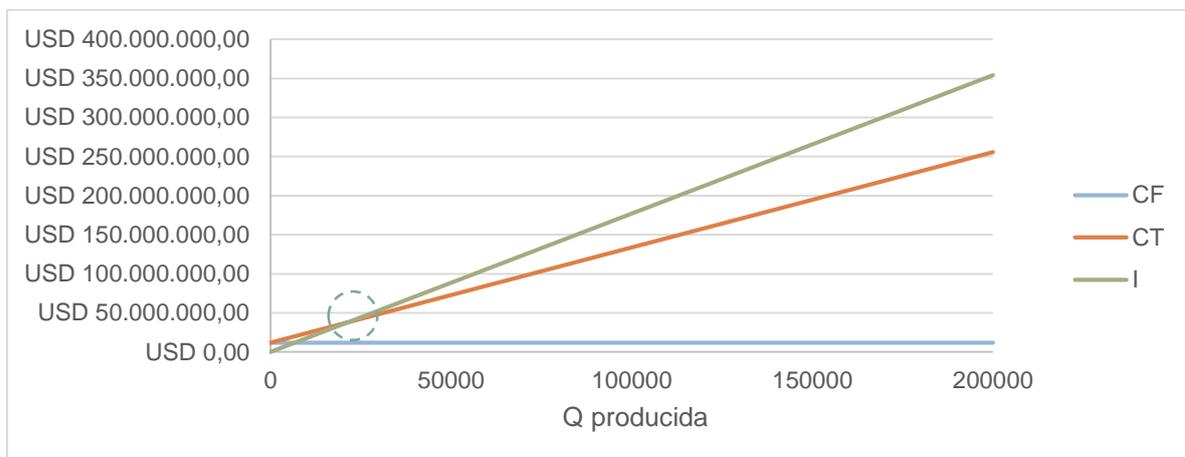


Figura 14-6 Punto de equilibrio

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14-7 se presenta una ampliación de la zona donde se encuentra el punto de equilibrio para mejorar la visibilización de los valores encontrados.

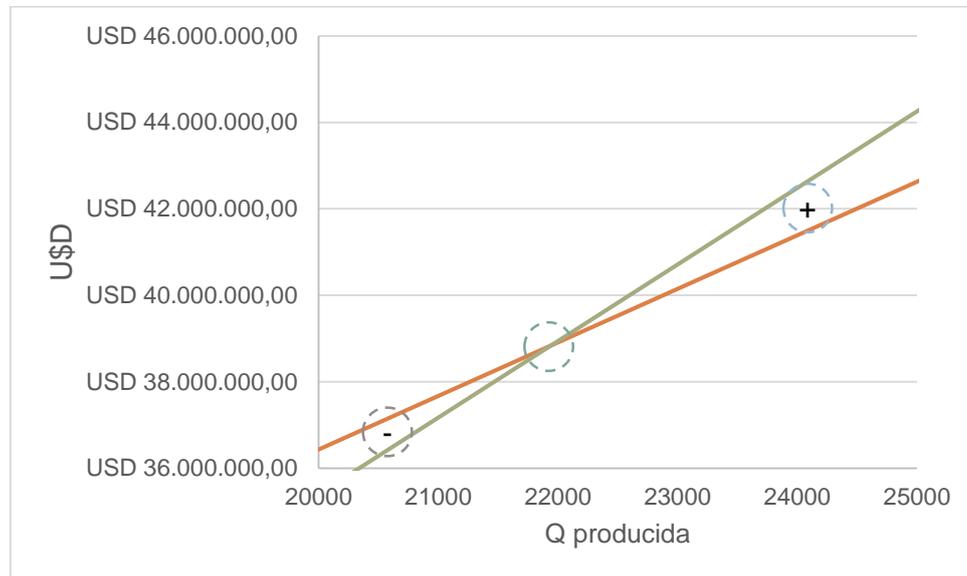


Figura 14-7 Zona punto de equilibrio

Fuente: Elaboración propia

14.5. BENEFICIOS DEL PROYECTO

14.5.1. PRECIO DE VENTA

El polipropileno como ya se ha dicho es un plástico que se encuentra dentro de los conocidos como commodities. Este tipo de productos se caracterizan, entre otras cosas, por la masividad de su producción y porque su precio se encuentra fijado dentro de cierto rango por el mercado internacional.

El precio de venta de un producto va a estar determinado por la suma de los costos totales más el margen de utilidad de la organización.



Figura 14-8 Composición del precio de venta de un producto

Fuente: Elaboración propia

Por esta situación la herramienta disponible por la empresa para lograr una mayor rentabilidad es lograr una disminución en los costos.

El precio de venta se estimó en el Capítulo 2 “Estudio de Mercado”, en base al comportamiento del precio del polipropileno en los últimos años. Este precio se fijó en 1 770 U\$D/tn.

14.5.2. INGRESOS TOTALES

Los ingresos totales anuales van a ser el resultado del producto entre la cantidad de polipropileno vendida y su precio de venta. En este caso no entran en consideración los costos de producción.

Año	Producción (tn)	Precio (U\$D/tn)	Ingresos por ventas
1	200000	USD 1.770	USD 354.000.000
2	200000	USD 1.770	USD 354.000.000
3	200000	USD 1.770	USD 354.000.000
4	200000	USD 1.770	USD 354.000.000
5	200000	USD 1.770	USD 354.000.000
6	200000	USD 1.770	USD 354.000.000
7	200000	USD 1.770	USD 354.000.000
8	200000	USD 1.770	USD 354.000.000
9	200000	USD 1.770	USD 354.000.000
10	200000	USD 1.770	USD 354.000.000

Tabla 14-20 Ingresos Totales por ventas

Fuente: Elaboración propia

14.5.3. CONTRIBUCIÓN MARGINAL

Se llama "contribución marginal" o "margen de contribución" a la diferencia entre el precio de venta y el costo variable unitario.

Se le llama "margen de contribución" porque muestra como "contribuyen" los precios de los productos o servicios a cubrir los costos fijos y a generar utilidad, que es la finalidad que persigue toda empresa.

El concepto de "contribución marginal" es muy importante en las decisiones de mantener, retirar o incorporar nuevos productos de la empresa, por la incidencia que pueden tener los mismos en la absorción de los "costos fijos" y la capacidad de "generar utilidades".

También es importante relacionar la "contribución marginal" de cada artículo con las cantidades vendidas. Porque una empresa puede tener productos de alta rotación con

baja contribución marginal pero la ganancia total que generan, supera ampliamente la de otros artículos que tienen mayor "contribución marginal" pero menor venta y "menor ganancia total".

Ingreso total anual (USD/año)	USD 354.000.000,00
Costo variable anual (USD/año)	USD 247.697.749,34
Contribución marginal (USD/año)	USD 106.302.250,66
Unidades producidas (tn/año)	200000
Contribución marginal (USD/tn)	USD 531,51
Costo fijo anual unitario (USD/tn)	USD 58,31
Utilidad (USD/tn)	USD 473,20

Tabla 14-21 Contribución Marginal

Fuente: Elaboración propia

14.5.4. UTILIDAD ANUAL

La utilidad anual de la empresa está dada por la diferencia entre la contribución marginal y los costos fijos anuales.

No se puede hablar de ganancias porque en este caso aún no se ha deducido el porcentaje que debe emplearse para el pago de los correspondientes impuestos. Este análisis se hará posteriormente cuando se plantee el flujo de caja de la empresa.

Contribución marginal	USD 106.302.250,66
Costos fijos anuales	USD 11.661.443,70
Utilidad anual	USD 94.640.806,97

Tabla 14-22 Utilidad Anual

Fuente: Elaboración propia

14.5.5. FLUJO DE CAJA

El flujo de caja o flujo de efectivo, es la diferencia entre ingresos y egresos de una empresa o persona que vuelve a ser utilizado en su operación o proceso productivo; esto representa la disponibilidad neta de dinero en efectivo para cubrir los costos y gastos en que incurre la empresa o persona, lo que le permite obtener un margen de seguridad para operar durante el horizonte del proyecto, siempre y cuando dicho flujo sea positivo.

En este caso se presenta el flujo de caja analizado para los 10 años que representan el horizonte de evaluación del proyecto.

FLUJO DE CAJA					
Horizonte temporal	0	1	2	3	4
Ingresos por ventas (+)		USD 354.000.000,00	USD 354.000.000,00	USD 354.000.000,00	USD 354.000.000,00
Ingresos Brutos (-4%)		USD 14.160.000,00	USD 14.160.000,00	USD 14.160.000,00	USD 14.160.000,00
Costos Fijos Erogables (-)		USD 1.436.117,96	USD 1.436.117,96	USD 1.436.117,96	USD 1.436.117,96
Costos Variables (-)		USD 247.697.749,34	USD 247.697.749,34	USD 247.697.749,34	USD 247.697.749,34
Amortizaciones y depreciaciones (-)		USD 10.225.325,73	USD 10.225.325,73	USD 7.237.309,33	USD 7.227.459,33
Utilidad antes de IG		USD 80.480.806,97	USD 80.480.806,97	USD 83.468.823,37	USD 83.478.673,37
Impuesto a las ganancias (-35%)		USD 28.168.282,44	USD 28.168.282,44	USD 29.214.088,18	USD 29.217.535,68
Utilidad neta		USD 52.312.524,53	USD 52.312.524,53	USD 54.254.735,19	USD 54.261.137,69
Amortizaciones y		USD 10.225.325,73	USD 10.225.325,73	USD 7.237.309,33	USD 7.227.459,33

depreciaciones (+)					
Inversión inicial (-)	USD 95.013.445,67				
Inversión de capital de trabajo (-)(+)	-USD 85.503.030,67				
Valor residual					
Flujo de caja	-USD 180.516.476,34	USD 62.537.850,26	USD 62.537.850,26	USD 61.492.044,52	USD 61.488.597,02
5	6	7	8	9	10
USD 354.000.000,00	USD 354.000.000,00	USD 354.000.000,00	USD 354.000.000,00	USD 354.000.000,00	USD 354.000.000,00
USD 14.160.000,00	USD 14.160.000,00	USD 14.160.000,00	USD 14.160.000,00	USD 14.160.000,00	USD 14.160.000,00
USD 1.436.117,96	USD 1.436.117,96	USD 1.436.117,96	USD 1.436.117,96	USD 1.436.117,96	USD 1.436.117,96
USD 247.697.749,34	USD 247.697.749,34	USD 247.697.749,34	USD 247.697.749,34	USD 247.697.749,34	USD 247.697.749,34
USD 7.227.459,33	USD 7.179.459,33	USD 7.179.459,33	USD 7.179.459,33	USD 7.179.459,33	USD 7.179.459,33
USD 83.478.673,37	USD 83.526.673,37	USD 83.526.673,37	USD 83.526.673,37	USD 83.526.673,37	USD 83.526.673,37
USD 29.217.535,68	USD 29.234.335,68	USD 29.234.335,68	USD 29.234.335,68	USD 29.234.335,68	USD 29.234.335,68
USD 54.261.137,69	USD 54.292.337,69	USD 54.292.337,69	USD 54.292.337,69	USD 54.292.337,69	USD 54.292.337,69
USD 7.227.459,33	USD 7.179.459,33	USD 7.179.459,33	USD 7.179.459,33	USD 7.179.459,33	USD 7.179.459,33

					USD 85.503.030, 67
					USD 4.081.110,0 0
USD 61.488.597, 02	USD 61.471.797, 02	USD 61.471.797, 02	USD 61.471.797, 02	USD 61.471.797, 02	USD 151.055.93 7,69

Tabla 14-23 Flujo de Caja

Fuente: Elaboración propia

14.5.6. VALOR ACTUAL NETO

El valor actual neto (VAN) es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. Si tras medir los flujos de los futuros ingresos y egresos y descontar la inversión inicial queda alguna ganancia, el proyecto es viable.

Si existen varias opciones de inversión, el VAN también sirve para determinar cuál de los proyectos es más rentable. También es muy útil para definir la mejor opción dentro de un mismo proyecto, considerando distintas proyecciones de flujos de ingresos y egresos. Igualmente, este indicador permite, al momento de vender un proyecto o negocio, determinar si el precio ofrecido está por encima o por debajo de lo que se ganaría en caso de no venderlo.

Una manera de establecer el VAN es mediante la siguiente fórmula:

$$\text{VAN} = \text{Beneficio neto actualizado (BNA)} - \text{Inversión}$$

El BNA es el valor actual del flujo de caja o beneficio neto proyectado, que ha sido actualizado mediante una tasa de descuento (r). Esta última es la tasa de rendimiento o rentabilidad mínima que se espera obtener.

- VAN < 0 el proyecto no es rentable. Cuando la inversión es mayor que el BNA (VAN negativo o menor que 0) significa que no se satisface la r.
- VAN = 0 el proyecto es rentable, porque ya está incorporado ganancia de la r. Cuando el BNA es igual a la inversión (VAN igual a 0) se ha cumplido con la r.
- VAN > 0 el proyecto es rentable. Cuando el BNA es mayor que la inversión (VAN mayor a 0) se ha cumplido con dicha tasa y, además, se ha generado una ganancia o beneficio adicional.

En este proyecto, el VAN es de U\$D 113 993 200,44, lo que indica que el proceso presentado posee una factibilidad económica.

14.5.7. TASA INTERNA DE RETORNO

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el Valor Actualizado Neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

La tasa interna de retorno (TIR) nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en porcentaje. El principal problema radica en su cálculo, ya que el número de periodos dará el orden de la ecuación a resolver. Para resolver este problema se puede acudir a diversas aproximaciones, utilizar una calculadora financiera o un programa informático.

La TIR puede ser utilizada como un parámetro indicador de la rentabilidad de un proyecto, esto es, a mayor TIR, mayor rentabilidad; además se usa como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para llevar a cabo esto, la TIR se compara con la tasa de descuento. Si la tasa de rendimiento del proyecto, expresada por la TIR, supera a la tasa de descuento, se acepta la inversión; en caso contrario se rechaza.

La TIR calculada en este caso es de 33,33%, superior a la tasa de descuento del proyecto, lo que confirma la factibilidad del proyecto.

14.6. CONCLUSIÓN

Luego de realizar la evaluación económica del proyecto propuesto se podría determinar que, acorde a la situación económica-financiera pronosticada de Argentina y el mundo, manteniéndose en el horizonte temporal estipulado, el proyecto sería rentable. Esto se puede argumentar desde un punto de vista contable, ya que, en el escenario planteado, los datos arrojados por el proyecto son positivos.

En el período de evaluación de 10 años: el VAN es de U\$D 113 993 200,44 y la TIR es de 33,33%. Cabe destacar que todo el escenario planteado puede tener variaciones en cuanto no solo a resultados, sino a capacidad de ventas, abastecimiento, entre otros, por lo que se procede a estudiar las variables que más afecten a los resultados finales del proyecto para posteriormente realizarles un análisis integral de sensibilidad, viendo cómo afectan variaciones en el escenario al proyecto establecido.

15. ANÁLISIS DE RIESGOS

15.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se busca determinar y analizar los riesgos presentes en una planta de polipropileno. Se califica la importancia relativa de cada uno de ellos, realizando estimación de la probabilidad de ocurrencia, y de este modo se obtiene una idea de las distintas magnitudes de influencia de estos sobre el proyecto. Posterior al análisis se proponen medidas, tanto de mitigación, compensación, como de contingencia.

Este análisis es una herramienta fundamental para la determinación de variables a sensibilizar en eventuales simulaciones del flujo de caja del proyecto y de la rentabilidad obtenida.

15.2. RIEGOS IDENTIFICADOS

Para poder enumerar todos los riesgos involucrados en este proyecto se necesita un análisis muy exhaustivo que excede los límites de un estudio de prefactibilidad. Además, no resultaría de una gran utilidad para el caso en estudio.

Es por esto que se buscan y analizan las principales variables que tengan influencia y significancia para este tipo de industrias.

15.3. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

15.3.1. BAJA DE PRODUCTIVIDAD

El plan de producción de la planta fue definido teniendo en cuenta la capacidad actual de las plantas proveedoras de materia prima y sus proyecciones de ampliación. Sin embargo, pueden producirse variaciones en sus funcionalidades que afecten de manera directa la producción de esta planta.

Además, se sabe que es una materia prima que depende de la producción de petróleo que puede sufrir variaciones de manera permanente. En este sentido, debido al crecimiento que se proyecta en Argentina considerando la explotación de Vaca Muerta, se generan buenas expectativas en cuanto a la disponibilidad de propileno y etileno para esta empresa.

Otro factor que podría afectar sería una baja en la cantidad demandada por el mercado, lo cual no se avizora como un escenario probable debido a la tendencia creciente en la demanda de plásticos en los últimos años.

Si se produjese cualquiera de las dos situaciones planteadas, la consecuencia sería una disminución en la cantidad de polipropileno producida por la planta.

15.3.2. FALTA DE INSUMOS Y/O SERVICIOS

Para poder asegurar la calidad de producto deseada, es fundamental que se disponga de los necesarios. En este proceso, los insumos indispensables son catalizador y co-catalizador, necesarios para la reacción de polimerización; y los aditivos que se agregan en extrusión para definir las características del producto final. Además, es muy importante la disponibilidad de gases como hidrógeno y nitrógeno, pero esto no se plantea como un riesgo debido a que se realizan contratos directos con las empresas proveedoras para asegurar el servicio.

Los servicios fundamentales son la disponibilidad de gas, agua y energía eléctrica, los cuales se utilizan tanto para la producción como para la puesta en condiciones de la planta. Con respecto a este factor se posee la ventaja de estar instalados en un parque industrial lo que asegura estabilidad en la disponibilidad de estos servicios básicos.

Teniendo en cuenta estos riesgos, se establece un plan de contingencia compuesto por las siguientes medidas:

- El stock de insumos se mantendría maximizado, teniendo en cuenta posibilidades de almacenamiento y el nivel de stock que sea económicamente viable.
- En los contratos realizados con los proveedores de insumos se establecerían cláusulas que aseguren disponibilidad.
- Se evaluarían proveedores alternativos en caso de faltante de alguno de los insumos necesarios.
- Se dispondría de alternativas para la obtención de servicios. Por ejemplo, la utilización de generadores de energía eléctrica.

15.3.3. FALLA DE MAQUINARIA

Para ser eficaces y eficientes, garantizando una alta calidad del producto es de vital importancia que todos los equipos involucrados en el proceso productivo funcionen a la perfección. Para este proyecto si bien los equipos tecnológicos involucrados son muchos y todos de gran importancia, podría establecerse como factor crítico los equipos de extrusión debido a que son los que mayor probabilidad de fallas presentan.

En este caso en el plan de contingencia se establecen las siguientes medidas:

- Brindar capacitaciones al personal para que realice un mantenimiento correctivo eficiente, que reduciría el tiempo muerto o improductivo.
- Fijar Programas de Mantenimiento Predictivo y Preventivo, a fin de evitar roturas o fallas en equipos, que podrían derivar en una detención de la producción por un tiempo considerable, no respetando de este modo los estándares de calidad propuesto, ni los tiempos preestablecidos.

La siguiente tabla indica las necesidades de mantenimiento para los distintos elementos que componen cada extrusora.

UNIDAD	ELEMENTO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA EN HORAS				
			24	160	600	2500	4800
SISTEMA MOTRIZ	Motores	Revisión del amperaje	X				
		Revisión de la temperatura exterior	X				
		Revisión interna y limpieza			X		
		Escuchar ruidos y analizar vibraciones anormales	X				
	Poleas	Alineación		X			
	Conectores y cables	Revisión	X				
	Cajas reductoras	Desarmar y revisar					X
		Cambio de empaques y retenedores					X
		Cambio de rodamientos					X
		Escuchar ruidos y analizar vibraciones	X				
		Nivel y fugas de lubricante	X				
		Reapretar los tornillos				X	
		Cambio de lubricante y limpieza interna				X	
		Temperatura de trabajo	X				
		Alineación				X	
SISTEMA ELÉCTRICO	Panel de control	Limpieza externa	X				
		Limpieza interna		X			
		Revisión interna: cables, contactores y pirómetros		X			
	Resistencias	Revisar su estado	X				
		Limpieza		X			
	Cables	Revisar todo el cableado			X		
	Termocuplas	Revisar su estado	X				
BOMBAS	Motor	Cambio de aceite		X			

15.4. ASPECTOS ECONÓMICOS

15.4.1. AUMENTO DEL PRECIO DE LAS MATERIAS PRIMAS

La incidencia de los costos de las materias primas en los costos de producción, de acuerdo a un aumento significativo o no, podrían provocar una modificación en la estructura de los costos, la que influiría negativamente en el flujo de caja del proyecto.

Se fija un plan de contingencias que incluye las siguientes medidas:

- Buscar y contactar a varios proveedores de materias primas.
- Fijar acuerdos comerciales a largo plazo con los mejores proveedores de materias primas.

15.4.2. BAJA EN EL PRECIO DEL PRODUCTO

Como se ha aclarado en reiteradas ocasiones a lo largo del desarrollo de este proyecto, el polipropileno es un commodity, por lo tanto, el precio de venta no lo fija la empresa, sino que se toma en base a lo que marca el mercado internacional.

Una disminución en el precio de venta puede ser crítico para la factibilidad económica del proyecto por lo cual es un factor fundamental a tener en cuenta.

Teniendo en cuenta la tendencia producida en los últimos años, el precio de venta que se estableció en el Capítulo 2 “Estudio de mercado”, fue conservador teniendo en cuenta proyecciones realizadas por otras empresas. De esta manera, se disminuyen las probabilidades de que el precio baje por debajo del umbral planteado para la empresa.

Otro aspecto que aminora las posibilidades de un descenso del precio del polipropileno es propio de las características de la industria petroquímica. Esto es porque la demanda de los productos plásticos sufre una creciente demanda, y la instalación de plantas de producción no o la expansión de las existentes, son decisiones que llevan mucho tiempo de ejecución. Es por esto que siempre hay un sector de demanda insatisfecha, tanto a nivel nacional como internacional, lo que mantiene el precio en alza.

En caso de que se produjese una baja en el precio de venta se establece una serie de medidas que componen el plan de contingencia que son las siguientes:

- Revisar los costos de materias primas.
- Reestructurar el precio de venta.
- Determinar el punto mínimo en el que el proyecto sigue siendo rentable.

15.5. SINIESTROS E IMPREVISTOS

15.5.1. INCENDIOS Y EXPLOSIONES

En esta planta el principal riesgo de incendios y/o explosiones se encuentra en la zona de almacenamiento de materias primas inflamables, como son el gas de alimentación,

propileno y etileno. Es por ello que el almacenamiento de estos productos se realiza en zonas especiales y en tanques con todas las medidas de seguridad para prevención de este tipo de siniestros.

Considerando esto, se puede concluir que el riesgo de que se produzca algún tipo de incendio es bajo. Sin embargo, si se produce un accidente de este tipo el efecto que puede producir en la planta es altamente negativo, generando daños en la planta, en el personal, entre otros.

Teniendo en cuenta el riesgo existente, se traza el siguiente plan de contingencias:

- Realizar continuas capacitaciones del personal para que, en caso de un siniestro, sepan cómo actuar.
- Disponer de buenas y correctas instalaciones de almacenes o depósitos de inflamables.
- Realizar mantenimiento de las condiciones del sistema de alarmas y lucha contra incendios.
- Disponer de zonas debidamente indicadas en la planta para la evacuación del personal en caso de un accidente
- Capacitar en conductas operativas acordes a los lineamientos de las normas de seguridad e higiene.
- Colocar toda la cartelería correspondiente en las zonas de peligro para evitar confusiones y medidas de negligencia por parte del personal.

15.5.2. ACCIDENTES DE TRABAJO

Se deberá tener especial precaución y tomar todos los recaudos necesarios para evitar cualquier tipo de accidente laboral. Esto permitiría disminuir los riesgos existentes, teniendo en cuenta los diversos aspectos constructivos, realizando una correcta elección de la tecnología, entre otros.

Considerando estas medidas, las posibilidades de que se presente algún tipo de accidente laboral, sin embargo, es de un impacto importante debido a que afecta al personal de la planta que es fundamental para el correcto funcionamiento del proceso.

El plan de contingencias diagramado propone las siguientes medidas:

- Adoptar todas las normas de higiene y seguridad adaptables a este tipo de industrias.
- Capacitar periódicamente acerca de estas normas.
- Contar con los seguros pertinentes que contemplen la cobertura de los accidentes laborales.
- Prever elementos de seguridad personal y promover su uso, señalizando las áreas donde se requiera

15.6. RESUMEN

A modo de resumen se presenta un cuadro donde se detalla la importancia, probabilidad y magnitud de cada uno de los riesgos que se han analizado en este capítulo.

Aspectos	Riesgo	Importancia	Probabilidad	Magnitud	Mitigación
Tecnológicos	Falta de MP e insumos	Alta	Baja	Alta	Acuerdos con los proveedores – Aumento de stock
	Falla de la maquinaria	Alta	Baja	Media	Plan de mantenimiento Preventivo
	Falta de servicios	Alta	Baja	Alta	Fuentes alternativas – Almacenamiento de gas
Económicos	Aumento de precios de MP	Media	Baja	Media	Acuerdos comerciales a largo plazo
	Baja de ventas	Alta	Baja	Alta	Modificación del precio de venta
	Disminución de precio de venta	Alta	Baja	Media	Reestructuración de costos
Siniestros e imprevistos	Incendios y explosiones	Alta	Baja	Alta	Sistemas hidrantes y de extintores
	Accidentes de trabajo	Alta	Baja	Media	Capacitación – Elementos de protección personal

Tabla 15-1 Resumen análisis de riesgos

Fuente: Elaboración propia

15.7. CONCLUSIÓN

En este capítulo se analizaron cualitativamente los distintos riesgos que se pueden presentar en el funcionamiento de una planta de producción de polipropileno. Para cada uno de estos riesgos observados se definió el plan de contingencias a ejecutar.

Los aspectos económicos son fundamentales en este caso, considerando que se está trazando un análisis de prefactibilidad. Y en algunos casos una variación en estos factores puede llevar a la viabilidad o no del proyecto. Es por esto que se analizará en mayor profundidad en el Capítulo 16 “Análisis de sensibilidad”, se hará un análisis cuantitativo de algunos de estos factores.

16. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

16.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo que persigue este capítulo es analizar diferentes posibles escenarios y evaluar cómo responde el proyecto frente a éstos.

En el capítulo 14 “Evaluación económica”, se plantea una situación estática y estable. Al sensibilizar ciertas variables, se puede ver la respuesta del proyecto a las variaciones y verificar en qué condiciones el proyecto seguirá siendo rentable.

Para llevar a cabo el análisis se utiliza el modelo “Unidimensional de la sensibilización del VAN”, en el cual se modifica únicamente un parámetro por vez. El principio fundamental de este modelo define a cada elemento del flujo de caja como el de más probable ocurrencia. Luego la sensibilización de una variable siempre se hará sobre la evaluación preliminar.

En este caso, como se puede deducir, se plantea un cambio de escenario de carácter económico. Sin embargo, se pueden sensibilizar variables tales como localización, tamaño, etc. Este tipo de análisis no se lleva a cabo en este estudio de prefactibilidad por su dificultad de aplicación y porque los resultados que se podrían obtener exceden los objetivos de este proyecto.

16.2. PARÁMETROS A SENSIBILIZAR

La elección de los parámetros a sensibilizar resulta fundamental para el éxito de este análisis. Se buscan aquellos parámetros que tengan un significativo impacto en la viabilidad del proyecto, por sobre el rango esperado de variación.

Según lo analizado en la estructura de costos del proyecto, se observa que las variables críticas son el costo de la mezcla de gases de etileno-propileno-propano y el precio de venta del polipropileno.

16.3. JUSTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS SELECCIONADOS

16.3.1. TRANSFERENCIA DEL COSTO AL PRECIO DE VENTA

Si bien el costo de la materia prima principal es uno de los aspectos que más influye en el costo total de operación, debe asegurarse que su aumento no sea compensado por un aumento proporcional en el precio de venta.

Si esto sucediese, no sería coherente plantear la sensibilidad del VAN a esta variable porque el aumento de costos se subsanaría con el aumento de ingresos.

Es por ello que se analiza la variación de los precios internacionales tanto del polipropileno como del GLP (considerándolo similar al de la mezcla de alimentación), para comparar las tendencias en ambos casos. En la figura 16-1 se muestran los resultados de este análisis.

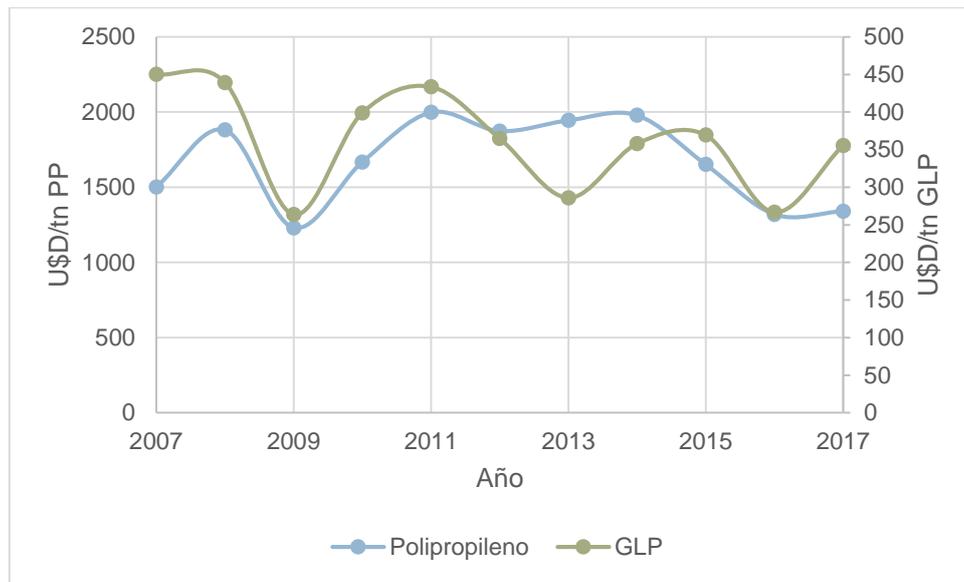


Figura 16-1 Variación precio PP vs GLP

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Anuario IPA 2017

Como puede observarse, entre los años 2007 y 2011, el precio de ambos productos variaba prácticamente con la misma tendencia. En contraste, a partir del 2011, el precio del polipropileno ha variado a un ritmo dispar respecto del precio del GLP.

En conclusión, se puede decir que el precio de la materia prima es un parámetro crítico a sensibilizar en este tipo de industrias.

16.3.2. TENDENCIA DEL PRECIO DE VENTA

El precio de venta fue establecido en el capítulo 2 “Estudio de mercado” en base a los datos provistos por el IPA desde el año 2007.

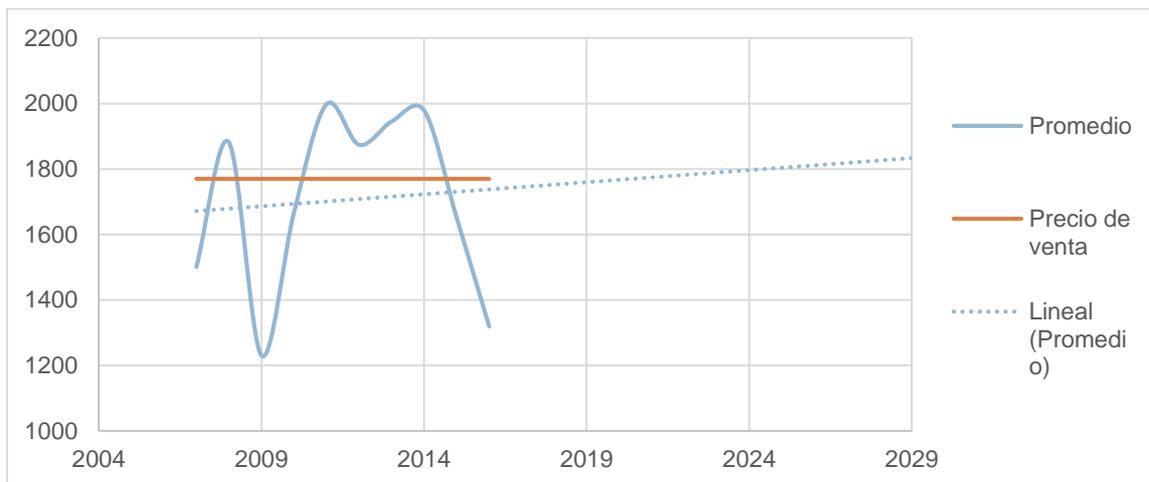


Figura 16-2 Tendencia del precio de venta

Fuente: Elaboración propia

Si bien se realizó una regresión conservadora para calcular el precio a utilizar como referencia a lo largo del horizonte de evaluación, se observa que el valor se encuentra cercano a los máximos históricos. Por ello, podría dilucidarse que el precio a partir de este punto comience a descender.

16.4. VARIACIÓN DEL RESULTADO ECONÓMICO

16.4.1. SENSIBILIZACIÓN FRENTE AL COSTO DE LA MEZCLA DE ALIMENTACIÓN

Para cuantificar la sensibilidad del proyecto con respecto al precio de la materia prima, se plantean distintos escenarios con precios superiores al planteado en la estructura de costos. Los resultados se presentan en la tabla 16-1.

Costo mezcla de alimentación			
Costo mezcla de alimentación (U\$/tn)	Variación (%)	VAN (U\$D)	TIR (%)
800	0	125 813 640,4	34,99%
840	5	90 988 166,12	30,14%
880	10	56 162 691,87	25,43%
920	15	21 337 217,62	20,82%
960	20	-13 488 256,63	16,31%

Tabla 16-1 Sensibilidad del proyecto al costo de la mezcla de alimentación

Fuente: Elaboración propia

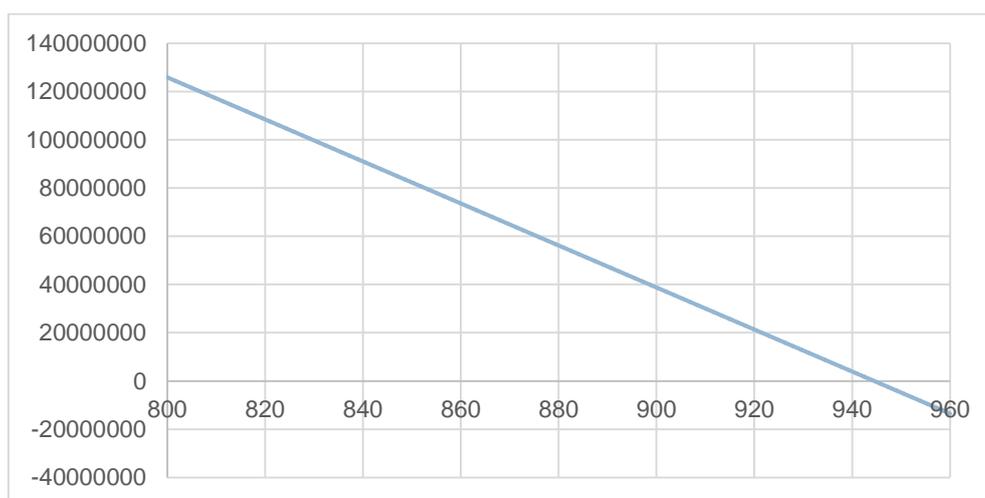


Figura 16-3 Variación del VAN con el costo de la mezcla de alimentación

Fuente: Elaboración propia

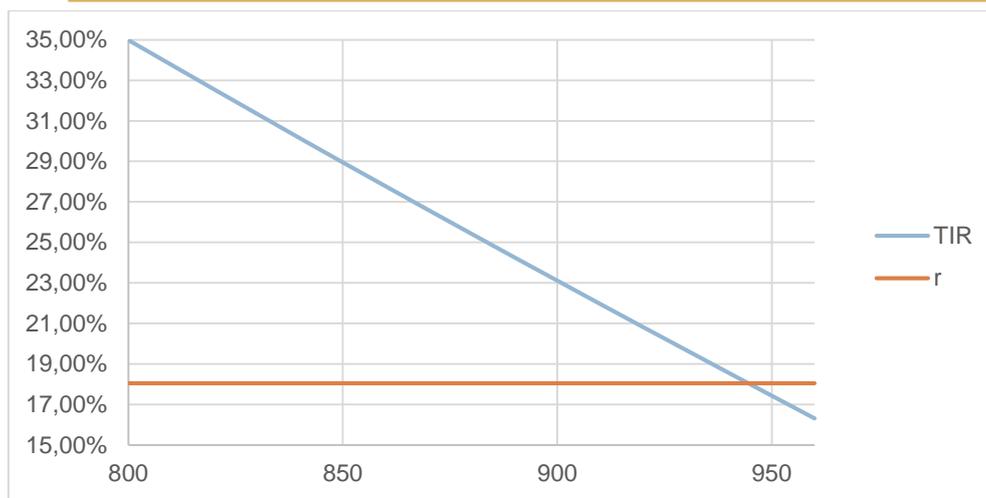


Figura 16-4 Variación de la TIR con el costo de la mezcla de alimentación

Fuente: Elaboración propia

Tanto la tabla 16-1 como los gráficos posteriores permiten concluir que el proyecto presenta una sensibilidad del 18,06% a un aumento en el costo del costo de la mezcla de alimentación. Esto queda demostrado porque un aumento por encima de los 944 dólares por tonelada, genera un VAN inferior a cero y la TIR desciende por debajo de la tasa de descuento del proyecto.

16.4.2. SENSIBILIZACIÓN FRENTE AL PRECIO DE VENTA DEL PP

Respecto a la cuantificación de la sensibilidad del proyecto referido al precio de venta del producto final, se plantean distintos escenarios con precios inferiores al planteado en la evaluación económica, analizando cuánto puede reducirse sin perder la rentabilidad. Los resultados se presentan en la tabla 16-2.

Precio de venta			
Precio de venta (USD/tn)	Variación (%)	VAN (USD)	TIR (%)
1770	0	USD 125 813 640,37	34,99%
1681,5	5	USD 76 265 428,80	28,45%
1593	10	USD 26 717 217,22	21,75%
1504,5	15	-USD 22 830 994,35	14,83%
1416	20	-USD 72 379 205,93	7,58%

Tabla 16-2 Sensibilidad del proyecto al precio de venta del PP

Fuente: Elaboración propia

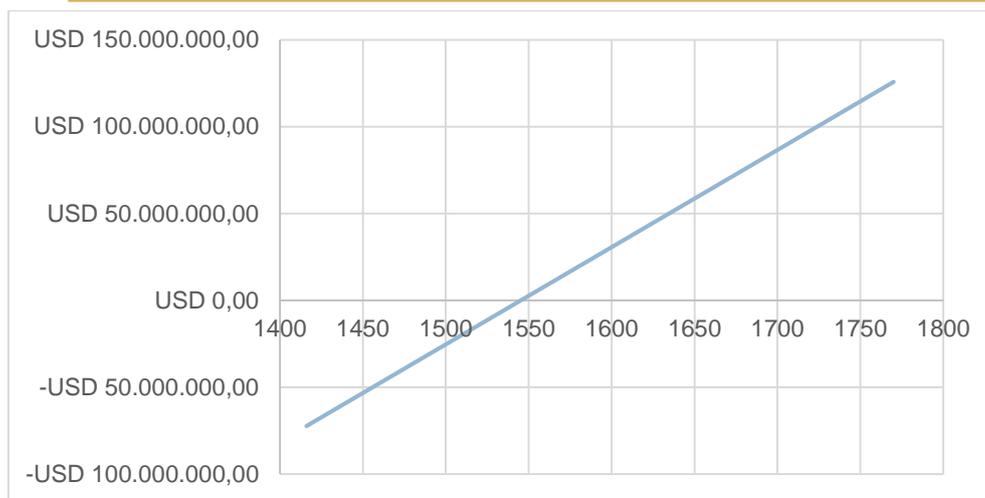


Figura 16-5 Variación del VAN con el precio de venta del PP

Fuente: Elaboración propia

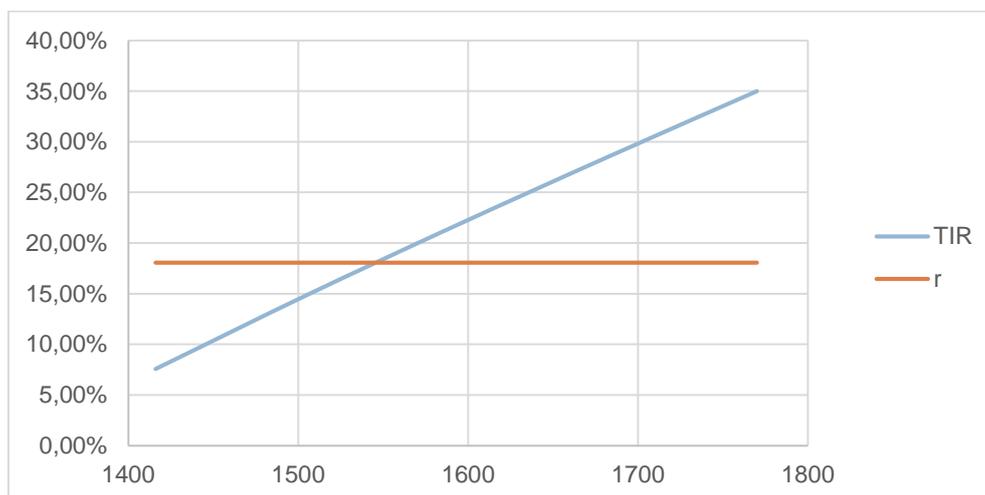


Figura 16-6 Variación de la TIR con el precio de venta del PP

Fuente: Elaboración propia

Nuevamente, analizando la tabla como los gráficos anteriores se puede concluir que el proyecto presenta una sensibilidad del -12,70%, lo cual representa el valor máximo a reducir el precio de la materia prima obteniendo utilidades. Esto puede analizarse dado que una disminución del precio de ventas por debajo de 1 545,279 de dólares por tonelada, genera un VAN inferior a cero y la TIR desciende por debajo de la tasa de descuento del proyecto.

17. BIBLIOGRAFÍA

17.1. LIBROS Y ARTÍCULOS

- [1] Ullmann; Enciclopedia of Industrial Chemistry - 2007
- [2] Austin; Shreve's Chemical process industries (McGraw-Hill International Editions Series) - 1984
- [3] Perry; Manual del Ingeniero químico, 6 ed. - 1991
- [4] McCabe Smith Harriott; Operaciones Unitarias en Ingeniería química, 7 ed. - 2007
- [5] Ortega - Berón; Producción de Bolsas con válvula tipo big bag in box para la industria vitivinícola -2015
- [6] Atkins; Físico química - 2008
- [7] Daniel Harris; Quantitative chemical analysis 7ed. - 2006
- [8] Henry - Heinke; Ingeniería ambiental – 1996
- [9] Perez – Famea; Planta de producción de polipropileno -1982
- [10] Novolen-Technology Summary - 2001
- [11] IPA; Anuario – 2017
- [12] MSc. Pedro Angeles Chero; Diseño de plantas industriales - 2011
- [13] O. Levenspiel; Ingeniería de las reacciones 3° ed.- 1999
- [14] M. Beltrán - A. Marcilla – Tecnología de los polímeros
- [15] Ferrari Galizia - Molina; Obtención de carbonato de litio a partir de salmueras – 2018
- [16] Olazar – López; Planta de reciclado de polipropileno – 2016
- [17] Antolin – Nina – Quispe; Producción de pellets grado alimenticio a partir de reciclado mecánico de PET y producción de preformas – 2016
- [18] Adrián E. Ail; Estudio de Pre-factibilidad económica para la instalación de una planta de Polipropileno en Argentina – 2014
- [19] Constitución Nacional Argentina
- [20] Ley 25 675/02 (Ley general de ambiente)
- [21] Ley 25 612/02 (Gestión integral de residuos industriales)
- [22] Ley 20 284 (Ley de contaminación atmosférica)
- [23] Ley 24 051/91(Residuos peligrosos)
- [24] Ley 19 857 decreto 351: Ley de higiene y seguridad laboral
- [25] Legislaciones provinciales
- [26] Norma ISO 9001:2015
- [27] Normas IRAM

17.2. PÁGINAS WEB

- [1] www.argentina.gob.ar/hacienda/politicaeconomica
- [2] ri.conicet.gov.ar
- [3] en.wikipedia.org
- [4] www.petroken-pesa.com.ar/es
- [5] www.ecoplas.org.ar
- [6] www.caip.org.ar

-
- [7] www.mincyt.gob.ar
 - [8] www.ciqyp.org.ar
 - [9] www.catac.org.ar
 - [10] www.tecnologiadelosplasticos.blogspot.com
 - [11] www.macrogalleria.com
 - [12] www.alibaba.com
 - [13] www.ineostechnologies.com
 - [14] servicios.infoleg.gob.ar (Ley de sociedades comerciales)
 - [15] www.petroquim.cl