

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA
INGENIERÍA QUÍMICA

*OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE
CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO*

Autores:

Aquistapace, Joaquín

Lerda, Eugenia María

Perez Llorente, Eugenia

Tutor:

Mg. Ing. Baccifava, Rubén Luis

2024

Firma de alumnos

Aquistapace, Joaquín

Lerda, Eugenia María

Perez Llorente, Eugenia

Aceptado por la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Villa María el día del mes del año

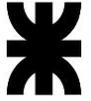
Aprobada por su contenido y estilo

Presidente del tribunal:

Primer miembro vocal:

Segundo miembro vocal:

Nota final de aprobación:



AGRADECIMIENTOS

La realización de la tesis final de grado es el resultado de un largo camino lleno de obstáculos. El esfuerzo, la dedicación y motivación han permitido superar cada uno de ellos haciendo que esta etapa final no sólo sea un logro académico sino también un logro personal.

El apoyo incondicional, el acompañamiento y la ayuda brindada por nuestros familiares y amigos han sido importantes para poder continuar con esta tarea diaria, y es por eso que queremos agradecerles es este lugar.

Reconocemos también la colaboración y servicios brindados por la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Villa María y a su cuerpo docente.



RESUMEN

El siguiente proyecto describe el proceso de obtención de un polímero biobasado y biodegradable como potencial reemplazo del polietileno convencional de baja densidad. Las materias primas requeridas son la cáscara del maní, de la cual se obtiene la lignina por el método Organosolv; el glicerol crudo, subproducto de las plantas de biodiesel; y almidón modificado.

En primer lugar, se realiza la descripción y estudio del mercado actual de las materias primas, productos, vendedores y consumidores potenciales del polímero, lo que permite el análisis de factibilidad económica para la instalación, localización y determinación de la capacidad productiva de la planta industrial. En segundo lugar, se presenta el análisis técnico del proceso que abarca el balance de materia y energía global; el diseño y adopción de equipos requeridos; y, los sectores complementarios necesarios como servicios auxiliares, control de calidad, seguridad e higiene, tratamiento de efluentes, entre otros. Por último, se finaliza con el estudio económico financiero para determinar la rentabilidad y viabilidad de la empresa.

Palabras claves: *Bioplástico, biodegradable, Organosolv, recuperación de solvente.*



CONTENIDO

1.	Fundamentos y objetivos	12
1.1.	Objetivos generales.....	12
1.2.	Objetivos específicos.....	13
2.	Descripción del producto, materias primas y subproductos	15
2.1.	Producto.....	16
2.2.	Materias primas	18
2.2.1.	Almidón modificado	18
2.2.2.	Glicerol	19
2.2.3.	Cáscara de maní	21
2.3.	Subproductos	22
2.3.1.	Celulosa	23
2.3.2.	Hemicelulosa	23
2.4.	Insumos	24
2.4.1.	Etanol	24
2.4.2.	Ácido Sulfúrico.....	25
2.4.3.	Amoníaco	26
2.4.4.	Nitrógeno	26
3.	Estudio de mercado	28
3.1.	Plásticos.....	28
3.1.1.	Mercado mundial de bioplásticos	28
3.1.2.	Bioplásticos obtenidos a partir de almidón.....	31
3.1.3.	Mercado nacional de plásticos de origen fósil	32
3.2.	Materias primas	36
3.2.1.	Almidón modificado	36
3.2.2.	Glicerol	38
3.2.1.	Cáscara de maní	41
3.3.	Subproductos	43
3.3.1.	Celulosa	43
3.3.2.	Azúcares de hemicelulosa y sales de amonio	45
3.4.	Insumos	46
3.4.1.	Etanol	46
3.4.2.	Ácido Sulfúrico.....	47
3.5.	Análisis FODA	49
4.	Localización	51

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

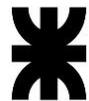
FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



4.1.	Macrolocalización.....	51
4.2.	Microlocalización.....	51
4.2.1.	Localización de materias primas e insumos	52
4.2.2.	Localización de consumidores.....	55
4.2.3.	Disponibilidad de mano de obra	55
4.2.4.	Beneficios impositivos y legales	56
4.2.5.	Análisis ponderado.....	56
4.2.6.	Disponibilidad de parques industriales	57
4.3.	Parque Industrial Logístico y Tecnológico Villa María.....	59
5.	Capacidad de producción.....	61
5.1.	Determinación del tamaño óptimo de la planta.....	61
5.1.1.	Consideraciones previas.....	61
5.1.2.	Cálculo de la capacidad	61
5.2.	Disponibilidad de materias primas.....	63
6.	Descripción y selección del proceso.....	67
6.1.	Obtención de la lignina	67
6.1.1.	Deslignificación.....	68
6.1.2.	Selección del tratamiento	73
6.2.	Producción del bioplástico	73
6.2.1.	Extrusión.....	73
6.2.2.	Moldeo por compresión.....	74
6.2.3.	Fundición	74
6.2.4.	Selección del método	74
6.3.	Descripción del proceso	75
6.3.1.	Obtención de la lignina.....	75
6.3.2.	Obtención del polímero biodegradable	79
6.4.	Diagrama de flujo general	79
7.	Balance de materia y energía.....	82
7.1.	Balance global de obtención de lignina	82
7.2.	Balance de masa global del polímero biodegradable	82
7.3.	Balance de masa global.....	82
7.4.	Sección 1: Deslignificación	82
7.5.	Sección 2: Obtención de celulosa como subproducto	82
7.6.	Sección 3: Obtención de lignina	82
7.7.	Sección 4: Concentración de azúcares y sales como subproducto	82

**OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y
ALMIDÓN MODIFICADO**

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



7.8.	Sección 5: Recuperación del disolvente.....	82
7.9.	Sección 6: Formación del polímero biodegradable.....	82
7.10.	Análisis global por kilogramo de producto.....	82
8.	Diseño y adopción de equipos	136
8.1.	Identificación de los equipos.....	136
8.2.	Reactores.....	136
8.2.1.	Reactores de deslignificación <i>RT-101, RT-102 y RT-103</i>	136
8.2.2.	Reactor de neutralización <i>TN-401</i>	136
8.3.	Tanques y silos de almacenamiento	136
8.3.1.	Almacenamiento de materias primas e insumos	136
8.3.2.	Tanques de almacenamiento de producto y subproductos	136
8.4.	Tanques agitados	136
8.5.	Intercambiadores de calor	136
8.5.1.	Intercambiador de calor <i>E-001</i>	136
8.5.2.	Intercambiador de calor <i>E-201</i>	136
8.5.3.	Intercambiador de calor <i>E-301</i>	136
8.5.4.	Intercambiador de calor <i>E-501A y E-501B</i>	136
8.5.5.	Intercambiador de calor <i>E-506</i>	136
8.6.	Evaporadores <i>V-401, V-402A, V-402B y V-403</i>	136
8.7.	Columnas de destilación	136
8.7.1.	Columna de destilación <i>TW-502</i>	136
8.7.2.	Columna de destilación <i>TW-503</i>	136
8.7.3.	Columna de destilación <i>TW-504</i>	136
8.8.	Unidades flash	136
8.8.1.	Flash <i>FL-301</i>	136
8.8.2.	Flash <i>FL-501</i>	136
8.9.	Precipitadores <i>PD-301 y PD-302</i>	136
8.10.	Centrífugas <i>CS-201, CS-202 y CS-203</i>	136
8.11.	Lavadores de sólidos <i>WS-201 y WS-202</i>	136
8.12.	Lavadora de gases <i>TW-501</i>	136
8.13.	Molino <i>ML-001</i>	136
8.14.	Extrusoras <i>EX-601A, EX-601B, EX-601C y EX-601D</i>	136
8.15.	Bombas y transportadores.....	136
8.15.1.	Bombas.....	136
8.15.2.	Transportadores.....	136



9.	Servicios auxiliares	210
9.1.	Consumo de vapor y de gas natural.....	210
9.1.1.	Adopción de las calderas.....	211
9.1.2.	Tratamiento de agua de caldera	212
9.1.3.	Diagrama de abastecimiento de vapor	212
9.1.4.	Gas natural	212
9.1.5.	Consumo de gas natural.....	213
9.2.	Consumo de agua.....	214
9.2.1.	Adopción de la torre de enfriamiento.....	214
9.2.2.	Diagrama de enfriamiento	215
9.2.3.	Limpieza CIP	216
9.2.4.	Diagrama de limpieza CIP.....	217
9.2.5.	Adopción del tanque de almacenamiento para el agua	218
9.3.	Refrigerante R-134a	218
9.4.	Sistema de vacío.....	219
9.5.	Aire comprimido.....	220
10.	Control de calidad	222
10.1.	Gestión de la calidad	222
10.1.1.	Planeación de la calidad	222
10.1.2.	Control de la calidad.....	223
10.1.3.	Mejora continua de la calidad.....	223
10.2.	Control de calidad de materias primas e insumos	224
10.3.	Control de calidad del proceso.....	225
10.4.	Control de calidad productos y subproductos	235
10.5.	Registros.....	237
10.6.	Técnicas.....	239
11.	Tratamiento de efluentes.....	245
11.1.	Marco legal.....	245
11.2.	Tipos de tratamientos de efluentes	248
11.3.	Caracterización de los efluentes de la planta	248
11.4.	Tratamiento de la corriente WP.....	249
11.4.1.	Adopción del módulo de tratamiento.....	249
12.	Obras civiles	252
12.1.	Descripción general del establecimiento	252
12.2.	Descripción general del lote.....	252



12.3.	Características constructivas.....	256
12.3.1.	Área administrativa.....	256
12.3.2.	Dependencia personal.....	257
12.3.3.	Producción.....	257
12.3.4.	Galpón del bioplástico <i>G-001</i>	259
12.3.5.	Servicios auxiliares.....	259
12.3.6.	Gestión de calidad.....	259
12.3.7.	Tránsito vehicular.....	260
13.	Instalaciones eléctricas.....	262
13.1.	Descripción de las instalaciones eléctricas.....	262
13.2.	Requerimiento de iluminación.....	264
13.3.	Adopción de tipos de luminarias para iluminación.....	265
13.4.	Luminaria exterior.....	267
13.5.	Consumo total de energía eléctrica.....	268
13.5.1.	Consumo de iluminación.....	268
13.5.2.	Consumo de los equipos.....	268
13.5.3.	Consumo total.....	269
14.	Higiene y seguridad.....	271
14.1.	Legislación industrial.....	271
14.2.	Gestión de higiene y seguridad.....	271
14.3.	Seguridad en el diseño.....	271
14.3.1.	Proceso.....	272
14.3.2.	Diseño de equipos.....	272
14.3.3.	Obras civiles y estructurales.....	272
14.3.4.	Protección contra incendios.....	273
14.4.	Seguridad en la construcción de la planta.....	273
14.5.	Seguridad en la puesta en marcha.....	274
14.6.	Seguridad en la operación.....	274
14.7.	Seguridad en el mantenimiento.....	274
14.8.	Seguridad de prevención, defensa y actuación.....	275
14.8.1.	Orden y limpieza.....	275
14.8.2.	Señalización.....	275
14.8.3.	Protección colectiva.....	277
14.8.4.	Procedimiento de extinción.....	278
14.8.5.	Plan de emergencia y evacuación.....	278

**OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y
ALMIDÓN MODIFICADO**

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



14.8.6.	Sistema de alarma	279
14.8.7.	Protección individual	279
14.8.8.	Selección y capacitación	281
14.8.9.	Servicio de medicina laboral	282
14.8.10.	Parada de planta	283
14.9.	Seguridad medioambiental	283
14.9.1.	Política medioambiental	283
14.10.	Hojas de seguridad	284
15.	Organización de la empresa	286
15.1.	Tipo de sociedad	286
15.2.	Organización de la empresa	287
15.3.	Puestos de trabajo de cada área	287
15.4.	Descripción de los puestos de trabajo	290
15.4.1.	Gerencia	290
15.4.2.	Administración	290
15.4.3.	Logística	290
15.4.4.	Recursos Humanos	290
15.4.5.	Producción	291
15.4.6.	Calidad	291
15.4.7.	Higiene, seguridad y medioambiente	292
15.4.8.	Mantenimiento	292
15.5.	Jornadas laborales	292
16.	Control automático del proceso	295
16.1.	Automatización de los reactores RT-101, RT-102 y RT-103	296
16.1.1.	Secuencia de llenado y acondicionamiento	296
16.1.2.	Control durante la reacción	297
16.1.3.	Secuencia de vaciado	298
16.2.	Hoja de especificaciones	299
16.2.1.	Caudalímetros	300
16.2.2.	Totalizadores	300
16.2.3.	Interruptores de nivel	301
16.2.4.	Válvulas	301
16.2.5.	Transmisor de presión	302
16.2.6.	Transmisor de temperatura	303
16.2.7.	Variador de velocidad	303



17.	Estudio económico financiero.....	305
17.1.	Inversión.....	305
17.1.1.	Activos fijos	305
17.1.2.	Activos nominales	305
17.1.3.	Capital de trabajo.....	305
17.1.4.	Inversión total del proyecto	305
17.2.	Costos de producción.....	305
17.2.1.	Costos variables.....	305
17.2.2.	Costos fijos	305
17.3.	Costo de producción unitario.....	305
17.4.	Ingreso por ventas.....	305
17.5.	Evaluación económica del proyecto.....	305
17.5.1.	Estado de resultados	305
17.6.	Indicadores	305
17.6.1.	Valor Actual Neto (VAN).....	305
17.6.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	305
17.6.3.	Período de recupero de la inversión (PRI).....	305
17.7.	Análisis de sensibilidad.....	305
17.8.	Conclusiones del estudio.....	305
	Conclusiones	332
	Bibliografía	334
	Anexos.....	340
	Hojas de seguridad.....	340
	Planimetría.....	349

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS Y OBJETIVOS



1. FUNDAMENTOS Y OBJETIVOS

A lo largo de la historia, se han usado plásticos para infinitas aplicaciones. El desarrollo de esta industria fue evolucionando desde el uso de materiales plásticos naturales (polímeros orgánicos) hasta la obtención de plásticos sintéticos.

Para la síntesis de polímeros, se utilizan como materia prima recursos naturales, ya sean renovables o no renovables. Entre los recursos renovables existen macromoléculas, como el almidón, las proteínas, la celulosa, entre otras; que suelen modificarse químicamente a fin de obtener los llamados polímeros semi-sintéticos. Los polímeros sintéticos, por otro lado, se obtienen a partir de recursos fósiles, principalmente del petróleo y en menor medida del carbón y el gas natural.

El aumento en la producción de plásticos está relacionado con sus propiedades y a la capacidad de reemplazar cualquier otro material, como vidrio, metal y madera, por uno de fácil y barata obtención. Sin embargo, algunas de estas propiedades excepcionales son desventajas para esta industria, ya que estos polímeros se caracterizan por ser altamente resistentes a la degradación, tanto física como química, lo que implica que perduren en el medio ambiente por un largo período de tiempo, llegando incluso a siglos.

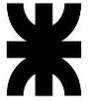
Esta industria constituye una de las más contaminantes a nivel mundial, no sólo por el uso de materias primas no renovables y por las altísimas tasas de producción, sino también por el problema de su disposición como residuos. Por estas causas, el desarrollo de plásticos biobasados y biodegradables a partir de una biomasa renovable se ha convertido en un tema de gran interés. Sin embargo, aunque la producción de estos se encuentre en aumento, sigue sin poder satisfacer la demanda del mercado convencional.

En el presente proyecto se analiza la factibilidad y rentabilidad económica de establecer una planta de obtención de un polímero biobasado a partir de almidón modificado, glicerol y cáscara de maní, en Argentina. Su localización depende de diversos factores necesarios para el cumplimiento de los objetivos que se enlistan a continuación y, por lo tanto, se determina que la ciudad de Villa María, Córdoba, es la indicada.

1.1. Objetivos generales

Se establecen dos objetivos generales:

- Determinar la viabilidad técnica y económica para la instalación de una planta de obtención del polímero biobasado en Argentina.
- Aplicar los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera de ingeniería química para el desarrollo del proyecto, así como definir adecuadamente los procesos productivos involucrados.



1.2. Objetivos específicos

Se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las características de los proveedores de materias primas, consumidores finales y otros agentes involucrados, mediante un estudio de mercado, con el fin de tomar decisiones referidas a la viabilidad y capacidad del proyecto y a su localización.
- Evaluar los diferentes procesos por medio de los cuales se puede obtener el polímero y seleccionar aquel que presente mayor conveniencia.
- Mediante el empleo de diversas herramientas ingenieriles, realizar balances de materia y energía; dimensionamiento, adopción y ubicación específica de equipos y servicios auxiliares.
- Investigar y definir procesos de apoyo relacionados con control de calidad de materias primas, proceso y productos terminados; tratamiento de efluentes; control automático de procesos; instalaciones eléctricas; organización de la empresa; e higiene y seguridad.
- Desarrollar un análisis económico-financiero que determine la viabilidad del proyecto mediante el uso de indicadores como TIR y VAN, y establecer la inversión inicial necesaria.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, MATERIAS PRIMAS,
Y SUBPRODUCTOS



2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, MATERIAS PRIMAS Y SUBPRODUCTOS

Se denominan *bioplásticos* a una gran gama de materiales plásticos que incluyen a aquellos que tienen origen biológico, a aquellos que se biodegradan y a aquellos que presentan ambas propiedades.

Los términos “biobasado” y “biodegradable” no son sinónimos. Se considera plástico de origen biológico o biobasado a todos aquellos polímeros derivados de la biomasa, pudiendo ser completa o parcialmente compuestos por la misma. En cambio, un plástico biodegradable es aquél que puede ser descompuesto, por medio de microorganismos, en agua, biomasa y gases naturales como dióxido de carbono y metano. La propiedad de un plástico de ser biodegradable no depende de sus materiales de origen sino de su estructura química y es por este motivo que no todos los plásticos biobasados son biodegradables. Sin embargo, que no presenten esta característica no significa que sean menos beneficiosos que los plásticos de origen fósil (European Bioplastics, 2022).

Existen dos principales ventajas de los plásticos biobasados respecto de los convencionales:

- Se ahorra material fósil, evitando el agotamiento intensivo de recursos, al utilizar biomasa como materia prima, la cual se regenera año a año.
- Proporcionan una disminución en la huella de carbono, lo que representa una ventaja ecológica.

Entre los plásticos biobasados y biodegradables más utilizados se encuentran el ácido poliláctico (PLA) y aquellos conformados por mezclas de almidón.

Los bioplásticos obtenidos a partir del almidón presentan una gran popularidad debido a que el almidón es barato, abundante, renovable y puede ser modificado a fin de obtener características específicas. En particular, son de interés las mezclas denominadas como *almidón termoplástico* o TPS por sus siglas en inglés, debido a que tienen la propiedad de fluir al verse sometidas a un aumento de temperatura por encima de la temperatura de fusión.

El almidón nativo o natural presenta una gran fragilidad y una incapacidad para derretirse y fluir, debido a la presencia de puentes de hidrógeno inter e intramoleculares formados entre las cadenas de amilosa y amilopectina. Su aplicación como un polímero plástico puede presentar serios problemas como: baja estabilidad a largo plazo causada por la absorción de agua, especialmente en ambientes de alta humedad; malas propiedades mecánicas que conducen a una estructura frágil, y baja capacidad para ser procesado (Shanks & Kong, 2012).

Para disminuir o evitar estos problemas y obtener el TPS es necesario destruir la estructura cristalina del almidón mediante el uso de almidones modificados, plastificantes y



polímeros endurecedores en presencia de elevadas temperaturas y esfuerzos de corte (Surendren, Mohanty, Liuc, & Misra, 2022).

La presencia de plastificantes destruye los enlaces de hidrógeno de los gránulos, despolimerizando parcialmente la cadena estructural del almidón y disminuyendo la temperatura de fusión por debajo de la temperatura de degradación. Por lo tanto, la plastificación del almidón resuelve el problema de la fragilidad del almidón nativo y mejora la procedibilidad a bajas temperaturas (Surendren, Mohanty, Liuc, & Misra, 2022). El tipo y la proporción de los plastificantes constituyen factores claves a la hora de lograr una plastificación efectiva.

Los plastificantes más utilizados son el agua y el glicerol. Estas sustancias son las responsables de facilitar la movilidad de las cadenas poliméricas al actuar como lubricantes y de evitar la retrogradación del producto obtenido (Villada, Acosta, & Velasco, 2008). La retrogradación afecta a las propiedades mecánicas disminuyendo la elongación de los bioplásticos y afectando su calidad.

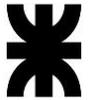
El TPS presenta una serie de ventajas: es un producto biodegradable proveniente de una fuente natural renovable, es flexible, se puede adaptar muy fácilmente a diferentes procesos de plastificación usando equipos estándar o convencionales, tales como moldeo por inyección o extrusión por soplado, y es un material que tiene propiedades comparables con algunos polímeros sintéticos convencionales y, por tanto, los puede reemplazar (Shanks & Kong, 2012).

2.1. Producto

El producto a realizar se basa en la **patente US 6406530** (Estados Unidos Patente nº US6406530, 2002) que define una *“Mezcla termoplástica basada en biopolímeros para producir cuerpos moldeados biodegradables”*. Este material presenta las siguientes aplicaciones:

- Conformación de cuerpos moldeados como botellas, tubos, cápsulas, etc.
- Formación de láminas, especialmente aquellas para formar películas.
- Envasado de alimentos y bebidas.
- Producción de bolsas.
- Elementos para la liberación controlada de sustancias activas, especialmente útil en la industria agrícola.

Comparando estas aplicaciones con la de plásticos convencionales se establece que el biopolímero a obtener tiene las mismas utilidades que el *polietileno de baja densidad* y, por consiguiente, podría reemplazarlo.



Según la patente citada, la mezcla debe estar conformada por:

- A. de 33 a 90% en peso de uno o más materiales poliméricos procesables termoplásticamente, biodegradables, fisiológicamente no peligrosos (biopolímeros), seleccionados del grupo de los polisacáridos y proteínas. Se determina una preferencia a los almidones, derivados de almidones o almidones modificados.
- B. de 5 a 30% en peso de agua. Es importante utilizar una correcta proporción de este componente ya que una cantidad menor al 5% impide que la mezcla se homogenice correctamente y si supera el 35% se corre riesgo de una viscosidad demasiado baja; por esta razón, el intervalo ideal varía entre 10 a 25%. Cabe destacar que se considera tanto el agua añadida como el agua presente dentro del componente "A" y "C" en el total, por tanto, no se debe elegir un porcentaje muy alto de agua añadida;
- C. de 0,5 a 33% en peso de lignina. Esta se utiliza como un agente estabilizador y plastificante que a su vez otorga resistencia y un buen aroma a la mezcla. El intervalo ideal es entre 5 a 25% en peso.
- D. hasta 50 partes en peso, en base a 100 partes en peso del total de los componentes "A" a "C", de uno o más plastificantes. Este componente es encargado de complementar a la lignina para lograr mejores propiedades mecánicas y, a su vez, disminuye preferiblemente el punto de congelación de la mezcla, aumenta su capacidad de deformación, mejora sus propiedades elásticas y disminuye su dureza.
- E. hasta 200 partes en peso, preferiblemente no más de 100 partes en peso, en base a 100 partes en peso del total de los componentes "A" a "C", de otros aditivos convencionales.

Los componentes "A" a "E" juntos dan 100% en peso donde los tres primeros componentes son esenciales para lograr el producto deseado, mientras que, los componentes "D" y "E" pueden agregarse a fin de mejorar las propiedades, especialmente las mecánicas, del bioplástico.

A continuación, se detalla la composición propuesta en este trabajo:

- **Componente A:** Almidón modificado químicamente dentro del grupo de almidones fosfatados.
- **Componente B:** Agua.
- **Componente C:** Lignina, obtenida a partir de la cáscara del maní.
- **Componente D:** Entre las posibles sustancias a utilizar se opta por el glicerol, que es un subproducto de la industria del biodiesel y es biodegradable.



- **Componente E:** No será utilizado en el producto a obtener.

Proporción propuesta en peso:

- Almidón modificado: 40%
- Agua: 25%
- Lignina: 15%
- Glicerol: 20%

2.2. Materias primas

2.2.1. Almidón modificado

El almidón es una macromolécula de la familia de los polisacáridos¹ que consiste en una serie de unidades de glucosa unidas entre sí mediante enlaces glucosídicos. Este polímero tiene una estructura en la que se alternan zonas amorfas y zonas cristalinas, y es muy estable a temperatura ambiente.

Los gránulos de almidón están compuestos por dos tipos de polímeros (Figura 2-1): amilosa, que es una cadena lineal de unidades de glucosa y es la que conforma la región amorfa, y amilopectina, que se trata de una cadena altamente ramificada de unidades de glucosa y es la que confiere el carácter cristalino. La relación porcentual entre estos polímeros varía dependiendo de la fuente de obtención del almidón, aunque generalmente se encuentra que la amilosa es el componente minoritario. Estos componentes tienen propiedades fisicoquímicas diferentes y, por tanto, su proporción afecta a las propiedades generales del almidón (Omoregie Egharevba, 2019). El almidón proveniente del maíz se caracteriza por tener aproximadamente 25% de contenido de amilosa y 75% de amilopectina.

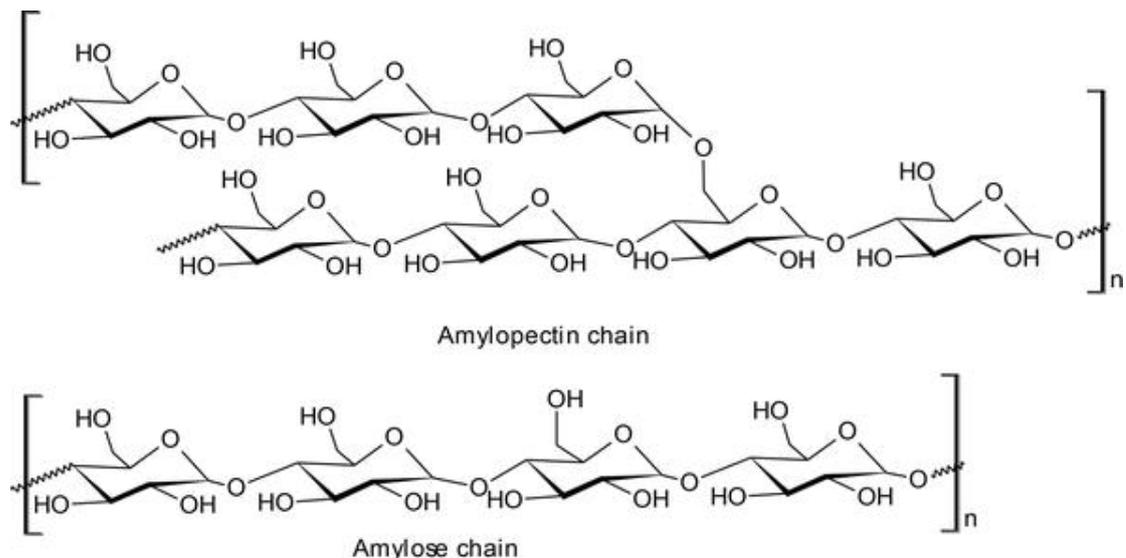


Figura 2-1: Cadenas de amilopectina (arriba) y de amilosa (abajo).
Fuente: Omoregie Egharevba, 2019.

¹ Larga cadena polimérica conformada por unidades de azúcares simples o glúcidos.



El almidón nativo, es decir en su forma natural, tiene una funcionalidad limitada. Para mejorar sus propiedades, tales como solubilidad, viscosidad, estabilidad térmica, entre otras; los almidones nativos son modificados (Omoregie Egharevba, 2019). Dichas modificaciones se realizan principalmente por tres métodos: físicos, químicos y microbianos, o una combinación de estos, a fin de obtener las características necesarias para la aplicación que se le quiere dar.

Las modificaciones químicas consisten en incorporar grupos funcionales que reaccionan con un grupo hidroxilo presente en la cadena polimérica a fin de evitar el acoplamiento de las cadenas lineales de amilosa y disminuir la retrogradación. Mediante estas modificaciones se pueden obtener almidones sustituidos, entrecruzados, oxidados o degradados, entre otros. Reacciones con éter, ésteres, oxidaciones e hidrólisis son algunas de las modificaciones más conocidas.

Una forma particular de modificación es la fosforilación del almidón a fin de obtener *fosfato de mono-almidón* o *fosfato de di-almidón*. Estos almidones presentan buena resistencia a la retrogradación, una mejora en las propiedades mecánicas y un aumento en la estabilidad tanto en bajas como altas temperaturas (Omoregie Egharevba, 2019). Para lograrlo se suelen utilizar ácidos o sales como tripolifosfato de sodio (o STPP por sus siglas en inglés), trimetafosfato de sodio (STMP) o tricloruro de fosforilo.

En el presente trabajo se utiliza como una de las materias primas para la obtención del bioplástico un almidón de maíz modificado químicamente con una sal de fósforo para obtener un almidón fosfatado.

2.2.2. Glicerol

La glicerina o glicerol ($C_3H_8O_3$) es un polialcohol conformado por tres grupos hidroxilos (Figura 2-2) que le confieren carácter higroscópico². Se trata de un componente poco volátil soluble en agua y otros alcoholes, ligeramente soluble en disolventes orgánicos e insoluble en hidrocarburos. Es un compuesto no tóxico, biodegradable, reciclable, de alto punto de ebullición y estable en condiciones normales de presión y temperatura. En la Tabla 2-1 se presentan algunas propiedades físicas y químicas de este alcohol.

Al ser una sustancia higroscópica se utiliza como humectante, proporcionando lubricación y mejorando la suavidad y plasticidad en ciertos compuestos. También puede ser utilizado como espesante, anticongelante y endulzante, y es un componente de gran interés para mejorar la flexibilidad en los polímeros derivados de almidones. Dentro de las principales áreas de aplicación se encuentran la industria farmacéutica, de cosméticos, alimentaria y para aplicaciones médicas.

² Capacidad de absorber humedad del ambiente que lo circunda.

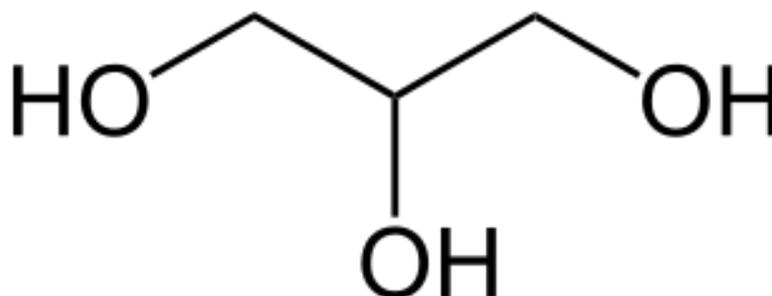


Figura 2-2: Estructura química del glicerol.
Fuente: Lafuente Aranda, 2017.

Tabla 2-1: Propiedades físicas y químicas del glicerol.

Peso molecular	92,09 g/mol
Densidad	1.261 kg/m ³
Punto de fusión	291 K
Punto de ebullición	563 K
Presión de vapor	0,0025 mmHg (50°C)
Viscosidad	1,499 cP (20°C)

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por Wikipedia y The Soap and Detergent Association.

Es un componente que abunda en la naturaleza, pudiéndose encontrar: en aceites, en grasas animales y vegetales en forma de triglicéridos, y formando parte de membranas celulares.

Las principales rutas de obtención del glicerol de forma sintética son a partir del proceso de saponificación de las grasas y a partir de la obtención de biodiesel (Lafuente Aranda, 2017). El primer proceso hace referencia a la industria del jabón, la cual genera un residuo con alto contenido de glicerol, que debe ser tratado para obtener el alcohol puro.

En la industria del biodiesel se obtiene glicerol crudo como coproducto del biocombustible. Este producto se encuentra mezclado con otras sustancias tales como metanol, agua, sales o ácidos libres, presentando un porcentaje de pureza de hasta el 80% en peso. Debido a la presencia de estos contaminantes, el glicerol crudo no tiene un uso directo, sino que debe ser purificado previo a su utilización en la mayoría de sus aplicaciones. Estas purificaciones son costosas y limitan la demanda de este, originando un exceso de oferta y una disminución de su precio (Polich, 2019). Es por este motivo que existe un gran interés en la utilización del glicerol crudo como materia prima a fin de otorgar valor a esta corriente.

Para los fines de este trabajo no es necesaria una pureza alta de glicerol, por tanto, se utiliza el glicerol crudo obtenido de la industria del biodiesel.



2.2.3. Cáscara de maní

El maní es una planta anual herbácea originaria de América del Sur que se caracteriza por tener una cáscara rugosa, delgada y frágil. Esta cáscara suele retirarse para la comercialización del grano y es considerada un residuo industrial (Jiménez, da Silva, Umlandt, Gatani, & Medina, 2019). Se estima que este desecho corresponde a un 25% del total de maní producido.

La mayor parte de la cáscara de maní residual en Argentina es utilizada como combustible de caldera. En menor medida, se la utiliza para la producción de carbón activado, como biomasa para la generación de energía eléctrica y como agregado en alimentos balanceados para animales (Jiménez, da Silva, Umlandt, Gatani, & Medina, 2019). Sin embargo, tiene el potencial de ser utilizado como materia prima para la obtención de componentes de interés industrial, entre los que se encuentra la *lignina*. Es por este motivo que en el presente trabajo se utiliza esta biomasa para la obtención de la lignina, mediante un proceso de deslignificación, que es necesaria como agente estabilizador y plastificante del polímero biobasado.

En la Tabla 2-2 se presentan algunas propiedades físicas y químicas de la cáscara del maní que se cultiva en la provincia de Córdoba, según un estudio realizado por Jiménez y otros en 2019.

Tabla 2-2: Composición y propiedades de la cáscara de maní.

Composición	
Lignina	34%
Celulosa	28,4%
Hemicelulosa	14,2%
Extractivos	3%
Cenizas	2,9%
Humedad	10,4%
Propiedades	
Poder calorífico	4.533 kcal/kg
Densidad aparente	49,26 kg/m ³
Calor específico promedio	0,433 kcal/kg*K
Conductividad térmica promedio	0,190 W/m*K
Difusividad térmica promedio	0,0015 m ² /s

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos por Jiménez y otros (2019).

Lignina

La lignina es un biopolímero heterogéneo muy abundante en la naturaleza, siendo la única materia prima renovable aromática de gran volumen que se puede encontrar en la



mayoría de las plantas. Es la encargada de otorgar rigidez a la red de celulosa-hemicelulosa y de proteger a las fibras de celulosa de ataques biológicos.

Presenta una estructura compleja producto de la polimerización por radicales del alcohol p-cumarílico, el alcohol coniferílico y el alcohol sinapílico. Esta estructura varía ampliamente dependiendo de la fuente de biomasa y del proceso de extracción utilizado para aislar la lignina. Las principales diferencias entre ligninas se encuentran en la composición monomérica, en los tipos de enlaces y en los grupos funcionales presentes (Constant, y otros, 2016).

A fin de poder ser utilizada como materia prima en la producción de productos químicos, es necesaria su despolimerización. En general, las ligninas cuentan con la presencia de dos tipos de enlaces entre sus monómeros: en mayor medida se encuentran enlaces éter y, en menor medida, enlaces carbono-carbono o también conocidos como enlaces condensados. Los enlaces más comunes y abundantes son los enlaces β -éter arílico (β -O-4), los cuales son fáciles de escindir, y cuya escisión es considerada como un paso crítico de la despolimerización de la lignina (Chio, Sain, & Qin, 2019).

Este biopolímero presenta un carácter hidrofóbico, alta resistencia a las altas temperaturas y al ataque de enzimas y químicos, y es insoluble en agua, ácidos y otros solventes, aunque sí lo es en álcalis.

Tiene la particularidad de poseer características tanto termoplásticas como termoestables. Su estructura amorfa y la presencia de enlaces hidrógenos intra e intermoleculares le confieren un carácter termoplástico, sin embargo, su falta de fluidez y el hecho de que forma enlaces cruzados a altas temperaturas le atribuyen propiedades termoestables. Estas características térmicas la hacen un componente atractivo para la formación de bioplásticos (Choi, y otros, 2021).

Las mezclas de almidón y lignina presentan alta miscibilidad y compatibilidad. La lignina, al ser un polímero hidrofóbico, confiere una mayor resistencia al agua al almidón y, además, permite un aumento en la resistencia mecánica y la estabilidad térmica de éste (Yang, Ching, & Chuah, 2019). Para mejorar las propiedades de estas mezclas bioplásticas se prefieren almidones modificados con una alta relación entre amilopectina y amilosa, una humedad relativa media y componentes de lignina de bajo peso molecular (Hu, 2002).

2.3. Subproductos

Mediante el proceso de deslignificación de la cáscara de maní se busca romper la red celulosa-hemicelulosa-lignina a fin de obtener como producto principal la lignina. Sin embargo, se obtienen también cantidades considerables de pulpa de celulosa y de azúcares de hemicelulosa que pueden ser comercializadas como subproductos.



2.3.1. Celulosa

La celulosa es el compuesto orgánico más abundante en la naturaleza, encontrándose en las paredes celulares de plantas, maderas y fibras naturales (Sanz Tejedor, s.f.). Así como el almidón, es un hidrato de carbono conformado por unidades de glucosa (Figura 2-3), sin embargo, difiere en el tipo de enlace glucosídico y, por tanto, presenta diferentes propiedades, tales como: insolubilidad en agua, rigidez, resistencia y nulo valor alimenticio (Wade, 2011).

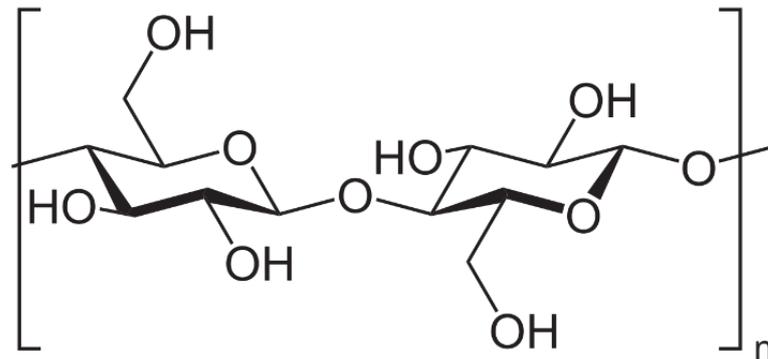


Figura 2-3: Estructura química de la celulosa.
Fuente: Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Cellulose>.

Se puede clasificar según el tamaño de sus fibras en celulosa de fibra larga y corta. Esta clasificación depende de la fuente de biomasa de donde provenga la celulosa y su principal diferencia radica en las uniones moleculares que se establecen en las fibras, lo que afecta directamente a su resistencia (Sanz Tejedor, s.f.). La celulosa de fibra corta es aquella que proviene de un material cuya longitud de fibra varía entre 0,7 y 1,8 mm. La celulosa obtenida de la cáscara de maní se considera dentro de esta clasificación ya que tiene una longitud promedio de 0,7 mm (Espinoza Bazurto & León Ríos, 2017).

Se utiliza principalmente para la producción de papel y, en menor medida, para la obtención de derivados como el celofán y el rayón. Por otro lado, la producción de etanol celulósico a partir de biomasa y/o residuos lignocelulósicos está comenzando a ganar notoriedad, planteándose como una alternativa al etanol obtenido a partir de maíz y caña de azúcar.

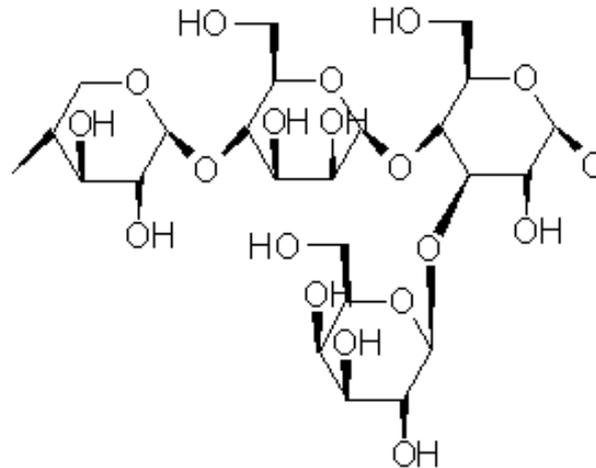
2.3.2. Hemicelulosa

La hemicelulosa es un polisacárido (Figura 2-4) considerado como un heteropolímero debido a que su estructura química presenta más de un tipo de monómero, entre ellos: azúcares de pentosa, como xilosa y arabinosa; azúcares de hexosa, como glucosa, manosa y galactosa; y grupos acetilos (Zhang, Pei, & Wang, 2015).

Los productos de la despolimerización de la estructura principal presentan gran variedad de aplicaciones: en la industria de la construcción, como adhesivos y aglomerantes; en la industria alimentaria, como aditivos, espesantes y emulsionantes; en la industria de los



biocombustibles para la obtención de bioetanol; en la industria de la pulpa y el papel; en la industria agrícola, como fertilizante; entre otros.



- Xylose - $\beta(1,4)$ - Mannose - $\beta(1,4)$ - Glucose -
- $\alpha(1,3)$ - Galactose

Hemicelulosa

Figura 2-4: Estructura química de la hemicelulosa.
Fuente: Wikipedia, <https://es.wikipedia.org/wiki/Hemicelulosa>

2.4. Insumos

2.4.1. Etanol

El etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), comúnmente conocido como *alcohol etílico*, es un compuesto químico orgánico inflamable y volátil que se presenta como un líquido incoloro en condiciones normales de presión y temperatura. Es completamente miscible en agua y forma una mezcla azeotrópica con una concentración del 96% en peso del alcohol con este compuesto. En la Tabla 2-3 se enlistan algunas de las propiedades de este alcohol.

Es uno de los compuestos químicos más conocidos a nivel mundial. Sus principales aplicaciones son como solvente y como biocombustible, aunque también es utilizado como materia prima para obtención de derivados, como antiséptico, en mezclas anticongelantes, para la producción de bebidas espirituosas, entre otros.

Se puede obtener a partir de la hidratación del etileno o por medio de fermentaciones a partir de materias primas biológicas. Mediante esta última vía se obtiene el llamado *bioetanol*, que es un compuesto idéntico al obtenido desde fuentes fósiles difiriendo exclusivamente en la composición isotópica de los átomos de carbono (Alam & Tanveer, 2020).



Tabla 2-3: Propiedades físicas y químicas del etanol.

Peso molecular	46,08 g/mol
Densidad	789 kg/m ³
Punto de fusión	158,9 K
Punto de ebullición	351,6 K
Viscosidad	1,074 cP (20°C)

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados en Wikipedia, <https://es.wikipedia.org/wiki/Etanol>.

En el proceso de interés, este compuesto es utilizado como solvente y medio de reacción para la deslignificación de la cáscara de maní. Cabe aclarar que, si bien es utilizado en grandes cantidades respecto de la biomasa, no es considerado una materia prima debido a que se recupera, y es retornado al proceso, aproximadamente el 94% del mismo.

2.4.2. Ácido Sulfúrico

El ácido sulfúrico (H₂SO₄) es un ácido fuerte que se presenta como un líquido incoloro, algo viscoso, oleoso y altamente corrosivo. Al presentar un fuerte carácter higroscópico no se encuentra puro de forma natural, por tanto, se comercializa como una solución con agua a distintas concentraciones, siendo 98% en peso de ácido la máxima posible debido a la formación de un azeótropo entre los compuestos.

Este compuesto químico es uno de los más utilizados en la industria y es comúnmente considerado un factor de medida del desarrollo de un país, debido a que un gran consumo del mismo indica gran producción industrial. Puede ser utilizado como solvente, catalizador, absorbente, reactivo o agente deshidratador (Kent, 2012).

Entre las principales aplicaciones se encuentran: manufactura de fertilizantes, refinación del petróleo, producción de hierro y acero, síntesis de pigmentos, drogas, detergentes y explosivos, entre otras. En el presente trabajo, este ácido es utilizado como un catalizador en el proceso de deslignificación de la cáscara de maní.

En la siguiente tabla se disponen algunas características físicas y químicas de este ácido:

Tabla 2-4: Propiedades físicas y químicas del ácido sulfúrico.

Peso molecular	98,08 g/mol
Densidad	1.840 kg/m ³
Punto de fusión	283 K
Punto de ebullición	610 K
Presión de vapor	0,001 mmHg (20°C)
Viscosidad	26,7 cP (20°C)

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por PubChem, Enciclopedia Británica y Wikipedia.



2.4.3. Amoníaco

El amoníaco (NH_3) es un compuesto químico inorgánico que se presenta como un gas incoloro a temperatura ambiente. Se caracteriza por un olor penetrante y por ser altamente irritante. Se lo suele conservar en estado líquido debido a que se licúa a bajas temperaturas al someterlo a presión. Además, es fácilmente soluble en agua, donde se comporta como una base débil. Se lo puede obtener por síntesis industrial o bien, por medio de la descomposición de materia orgánica.

En el presente trabajo es empleado, diluido al 20% en peso, a fin de neutralizar ácidos producidos y/o utilizados en el proceso, obteniendo de esta manera sales de amonio junto con los azúcares derivados de la hemicelulosa. Estos compuestos pueden ser comercializados en conjunto como insumos para fertilizantes.

2.4.4. Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento químico que se encuentra en la naturaleza formando una molécula diatómica (N_2). Se presenta como un gas incoloro e inodoro a condiciones estándar de temperatura y presión, formando parte de aproximadamente el 78% de la atmósfera terrestre.

Es ampliamente utilizado en la industria tanto para la formación de compuestos, tales como el ácido nítrico, el amoníaco y el cianuro, entre otros; como para la síntesis de fertilizantes, explosivos, fármacos, etcétera. También, es empleado para la creación de atmósferas protectoras y como gas refrigerante, debido a su poca reactividad.

En el proceso de interés, este gas es utilizado para la presurización de los reactores donde se lleva a cabo la designificación de la cáscara de maní.

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE MERCADO



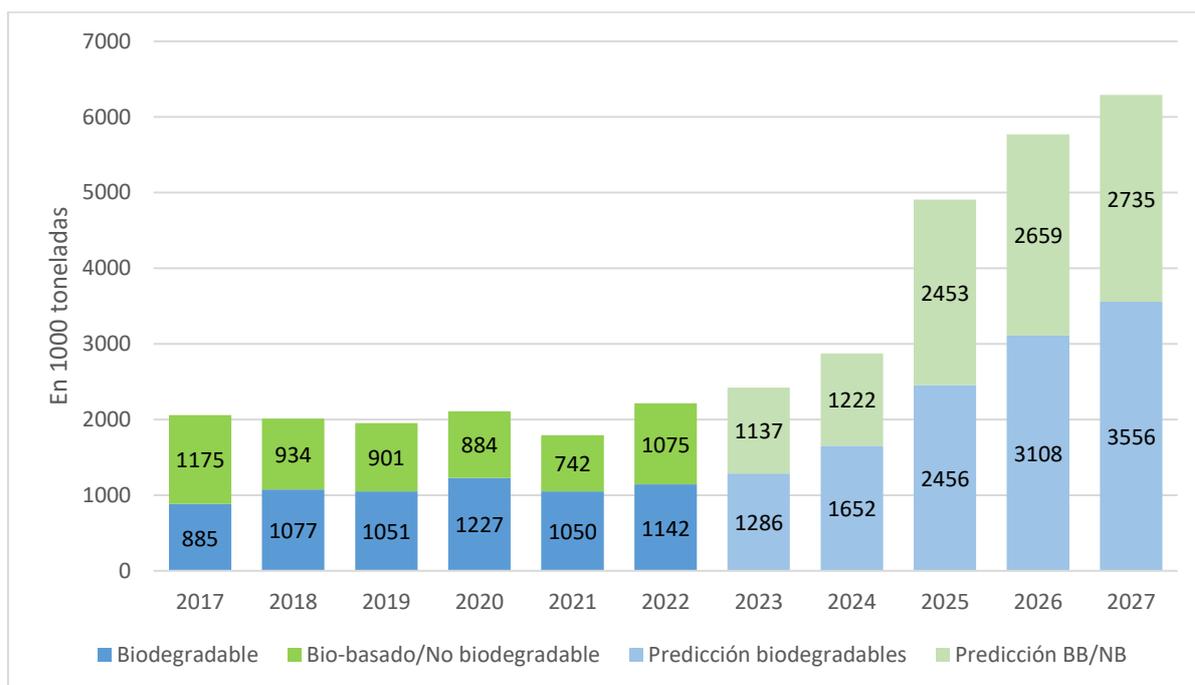
3. ESTUDIO DE MERCADO

3.1. Plásticos

3.1.1. Mercado mundial de bioplásticos

Los bioplásticos representan alrededor del 1% de la producción global de plásticos. Sin embargo, su producción mundial se ve en aumento ya que es considerada una alternativa frente a la creciente demanda de productos plásticos, que se ve amenazada por la incipiente escasez del petróleo, su principal materia prima. El aumento en las capacidades de producción de estos biomateriales se debe, también, a la tendencia de volver más ecológica esta industria.

Según análisis realizados por *European Bioplastics* en conjunto con *Nova Institute* (2022), dos organizaciones no gubernamentales europeas, se espera que la fabricación a nivel mundial de estos biopolímeros se triplique para 2027 (Figura 3-1), aumentando así desde 2,23 millones de toneladas anuales en el 2022 a 6,3 millones.



*Figura 3-1: Datos y proyecciones de las capacidades globales de producción de bioplásticos.
Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por European Bioplastics.*

En un estudio publicado por *European Federation of Biotechnology* (Döhler, Wellenreuther, & Wolf, 2022), se obtuvieron tres posibles escenarios de crecimiento de la capacidad de producción de plásticos biobasados y biodegradables³ hasta el año 2030. Este análisis se realizó teniendo en cuenta tres factores principales que afectarían el consumo de

³ En el estudio no se consideran los plásticos biodegradables que no tienen origen natural, ni tampoco los bioplásticos biobasados que no son biodegradables. Sólo se tienen en cuenta aquellos que son biobasados y a su vez biodegradables, como las mezclas de almidón.



estos biopolímeros y que pueden ser cuantificables, a saber: el aumento del PBI mundial, las variaciones en el precio del petróleo y las variaciones del mercado agricultor que es la principal fuente de materias primas.

Los tres escenarios obtenidos por el análisis de *EFB* se dividen en un escenario realista, uno pesimista y uno optimista. A continuación, se detallan los resultados obtenidos y se los expresa en forma gráfica en la Figura 3-2:

- Escenario realista: Se espera un crecimiento del 3,35% en promedio anual de las capacidades de producción, obteniendo para 2030 una proyección de 1,09 millones de toneladas anuales. Estos valores se deben a la combinación de una serie de factores: crecimiento económico, aumento de los precios del crudo, una pequeña disminución en los precios de las materias primas agrícolas y una reducción de costos debido al aprendizaje y mejora en la eficiencia de esta industria.
- Escenario optimista: Las capacidades proyectadas para 2030 son de 1,31 millones de toneladas por año, lo que equivale a una tasa de crecimiento anual de 4,98%. Este escenario considera un aumento aún más marcado del precio del petróleo, una caída considerable de los precios de las materias primas y un crecimiento del PIB más sólido.
- Escenario pesimista: En este caso, las capacidades esperadas para 2030 son de 0,96 millones de toneladas anuales, lo que se corresponde con un crecimiento anual de 2,27%. Los valores obtenidos en este análisis se deben a una disminución en los precios del petróleo, un bajo crecimiento de la economía y un estancamiento en los precios del sector agricultor.

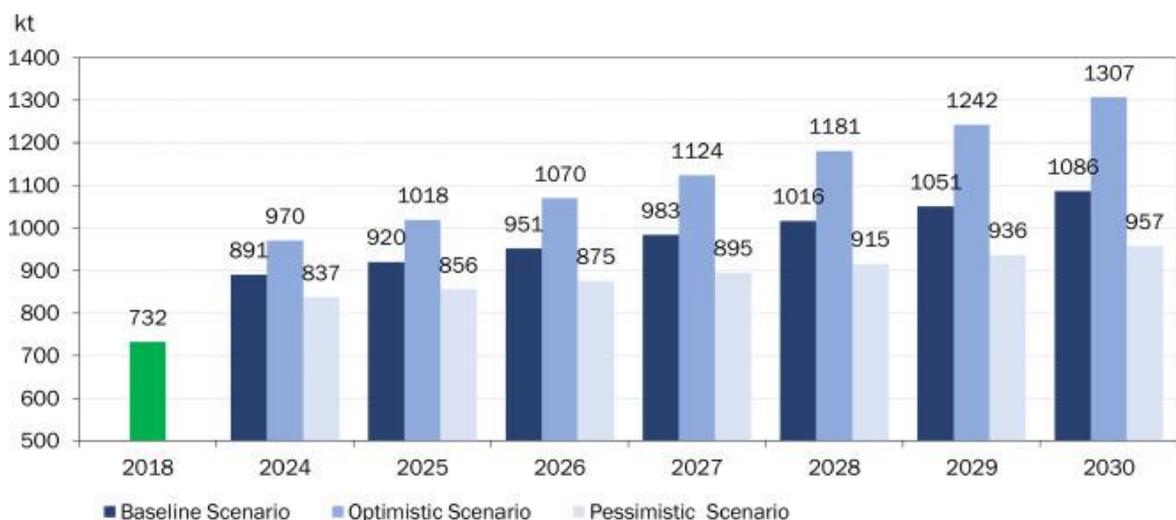


Figura 3-2: Resultados de la proyección de las capacidades de producción de los plásticos biobasados y biodegradables.

Fuente: European Federation of Biotechnology.



Al comparar estos datos con los propuestos por European Bioplastics, (EuropeanBioplastics & NovalInstitute, 2022), (Figura 3-2), se encuentra una fuerte discrepancia: la organización europea presenta aumentos más favorables sobre la capacidad de producción, mientras que, el análisis presentado anteriormente indica una menor tasa de crecimiento. Estas diferencias se pueden deber a las variables consideradas y los métodos aplicados para la obtención de las proyecciones. A pesar de la citada discrepancia, ambos estudios predicen un crecimiento en la capacidad de producción de estos bioplásticos en los años venideros.

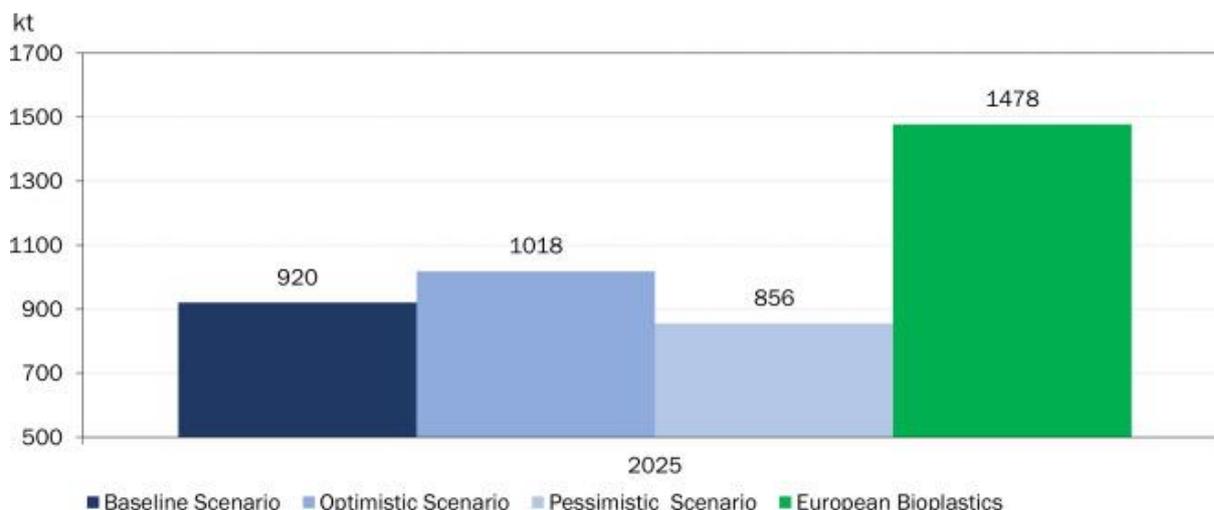


Figura 3-3: Comparación entre los valores obtenidos por el análisis (en azul) y los propuestos por European Bioplastics (en verde).

Fuente: European Federation of Biotechnology.

Distribución geográfica

La producción global de biopolímeros se encuentra liderada por Asia, seguido por Europa y Estados Unidos. Sin embargo, se prevé un aumento en la escala productiva asiática de aproximadamente un 63% y una disminución o estancamiento de la producción en el resto del mundo (EuropeanBioplastics & NovalInstitute, 2022).

Actualmente, América del Sur compone el 12,6% de la capacidad productiva global, aunque presenta potencial para aumentar ampliamente su producción. Esto se debe a las grandes cantidades de biomasa disponibles en la región, tanto generada como residual, que pueden utilizarse como materia prima para esta industria. Se estima que podrían producirse 4,11 millones de toneladas de bioplásticos basados en almidón en el continente (Vargas García, Pazmiño Sánchez, & Dávila Rincón, 2021). Además, se considera que se puede explotar considerablemente la producción de plásticos basados en celulosa, de ácido poliláctico (PLA) y de polihidroxibutirato (PHB).



3.1.2. Bioplásticos obtenidos a partir de almidón

Mercado mundial

En 2022, la capacidad de producción de plásticos biodegradables obtenidos a partir de mezclas de almidón comprendió el 17,9% de la producción total global de bioplásticos (Figura 3-4), es decir, unas 393.800 toneladas. Hacia el año 2027, se espera un aumento en la capacidad de producción de un 1% (EuropeanBioplastics & NovaInstitute, 2022). Este tipo de plástico presenta una amplia variedad de aplicaciones, pero destaca su uso en packaging, siendo uno de los biopolímeros más utilizados en esta categoría junto con el PLA. Entre otras aplicaciones se encuentran los bienes de consumo, agricultura y horticultura, y adhesivos. El mayor productor a nivel mundial de mezclas de almidones termoplásticos es *Novamont*, seguido por empresas establecidas en Alemania y Holanda (Tabla 3-1).

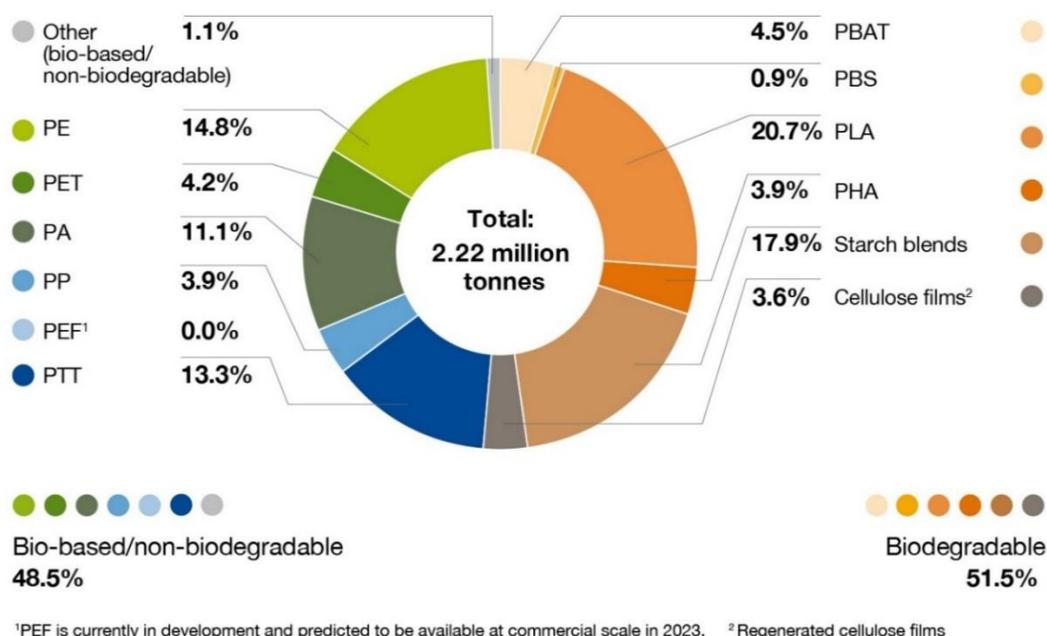


Figura 3-4: Capacidad de producción de bioplásticos a nivel mundial por tipo de material.
Fuente: European Bioplastics, Nova-Institute (2022).

Mercado nacional

En Argentina, se encuentran instaladas dos empresas importadoras de pellets de bioplásticos: Bioplástico S.A. y Tritellus S.R.L., que importa la bio resina *Master-Bi* de Novamont. Existen, además, varios proyectos a escala planta piloto que se encuentran en continuo desarrollo para su posterior inserción al mercado. Entre ellos, se destaca una planta de fabricación de PHB, que entrará en funcionamiento en 2024 en la provincia de Santa Fe.

Actualmente, el sector de los bioplásticos se basa en una industria transformadora, es decir, empresas que se dedican a la obtención de bolsas y envases descartables basados en polímeros biodegradables. Estas empresas, nombradas en la siguiente lista, tienen como



principal materia prima pellets formados por una mezcla de fécula (o almidón) de maíz y otros componentes, como aceites vegetales:

- Bioplásticos Argentina
- Neopol S.R.L.
- Papeleno S.R.L.
- Bio Tránsito S.A.S.
- Plastimi S.R.L.

Tabla 3-1: Principales productores de polímeros basados en mezclas de almidón.

Empresa	País	Capacidad instalada total (t/año)	Tipo de almidón	Marca comercial de los productos
Novamont	Italia	150.000	Almidón de maíz	Master-Bi
Biotec	Alemania	60.000	No especifica	Bioplast
Rodengurg Biopolymers	Holanda	60.000	Almidón de papa	Solanyl
United Biopolymers SA	Portugal	Sin datos	Almidón de papa, entre otros.	Biopar PG
Plantic	Australia	Sin datos	Almidón de maíz de alta amilosa	Plantic
FKur	Alemania	Sin datos	Almidón de maíz	Ceroflex
Green Dot Bioplastics	Estados Unidos	Sin datos	No especifica	Terratek

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de las páginas oficiales de las empresas.

3.1.3. Mercado nacional de plásticos de origen fósil

Debido a que el producto a obtener no es fabricado actualmente en Argentina, se analiza el mercado del producto análogo de origen fósil a fin de determinar el consumo de dicho polímero convencional para luego establecer la capacidad de la planta industrial.

Producción nacional – polietileno de baja densidad

Las materias primas plásticas se comercializan en forma de pequeños granos llamados *pellets*. Éstos tienen como materia prima principal los hidrocarburos, es por ello que son sensibles a las variaciones del precio internacional de los mismos. Además, su precio se encuentra definido por los aranceles comerciales y el tipo de cambio.

El único productor de polietileno en Argentina es *PBB Polisur* (Figura 3-5), cuyos capitales de inversión provienen de Estados Unidos.



Producción y consumo aparente

En Argentina, el consumo de materias primas plásticas excede la capacidad productiva instalada, lo que implica que para cubrir las necesidades del mercado local se deban realizar importaciones, estimándose que la mitad del consumo es suplido en base a las mismas. Es por esto, que la producción del polímero biodegradable propuesto en este proyecto apunta a reemplazar un porcentaje de las importaciones del polímero convencional.

El Nomenclador Común del Mercosur⁴ designa al polietileno de baja densidad mediante el siguiente código:

3901.10.91/92: Polietileno de densidad inferior a 0,94 gr/cm³. Polímeros de etileno en formas primarias. Plástico y sus manufacturas.

Resina	Empresa	Principales Accionistas	Origen del capital	Capacidad instalada (miles de tn/año)	Producción 2017 (miles de tn)	UCI* %
Polietileno	PBB Polisor	Dow Chemical	Estados Unidos	700	622,3	88,9%
PVC	Unipar Indupa	Unipar Carbocloro	Brasil	230	187,4	81,5%
Polipropileno	Petroquímica Cuyo	Familia Sielecki	Argentina	320	292,5	91,4%
Poliestireno	Pampa Energía	Pampa Energía	Argentina	66	83,4	98,7%
	Stiropek	Grupo Alpek	México	18,5		
PET	DAK Americas	Alfa	México	210	159,0	75,7%
Total Cinco Resinas				1.544,5	1.344,6	87,1%

*Figura 3-5: Principales productores de materias primas plásticas. Año 2017.
Fuente: Secretaría de Política Económica 2019.*

Por medio de este código y utilizando la herramienta web *SCAVAGE*, se obtienen datos sobre los movimientos comerciales del PEBD con el exterior. Estos datos se utilizan en conjunto con los de la producción nacional para obtener el consumo aparente mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo} = \text{Producción} + \text{Importaciones} - \text{Exportaciones}$$

En la Tabla 3-2 se detallan los resultados obtenidos en el rango de años 2012-2021.

Se grafican en la Figura 3-6 las importaciones con los datos obtenidos en la Tabla 3-2 a fin de realizar un análisis que permita proyectar las mismas a diez años. Este análisis se lleva a cabo para obtener un panorama general de la demanda de este plástico, lo cual permite estimar la capacidad del proyecto.

En el año 2016 se implementaron nuevas políticas económicas que incluyeron la apertura de las importaciones y un aumento en las tasas de interés y en las tarifas de servicios, lo que llevó a una disminución de la producción y una reducción de la capacidad utilizada. Por

⁴ Sistema que permite individualizar y clasificar a las mercaderías comerciadas entre los estados parte del MERCOSUR, y entre éstos y el resto del mundo.



tanto, se considera ese punto como un valor atípico en la gráfica, ya que no refleja con fidelidad la tendencia de las importaciones, y se lo considera como el promedio de los valores de los años 2015 y 2017 (Figura 3-7).

Tabla 3-2: Datos de producción y movimientos del polietileno de baja densidad.

Año	Producción (t)	Importación (t)	Exportación (t)	Consumo (t)
2012	89.844	93.178	19.469	163.553
2013	91.037	84.702	14.142	161.597
2014	88.633	79.038	10.694	156.977
2015	72.728	92.247	5.050	159.925
2016	3.114	153.412	54	156.472
2017	84.051	118.336	31.585	170.802
2018	90.363	78.969	31.902	137.430
2019	78.428	94.987	22.171	151.244
2020	99.758	102.605	30.170	172.193
2021	80.509	78.609	20.678	138.440

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos por medio de la herramienta Scavage y el Instituto Petroquímico Argentino.

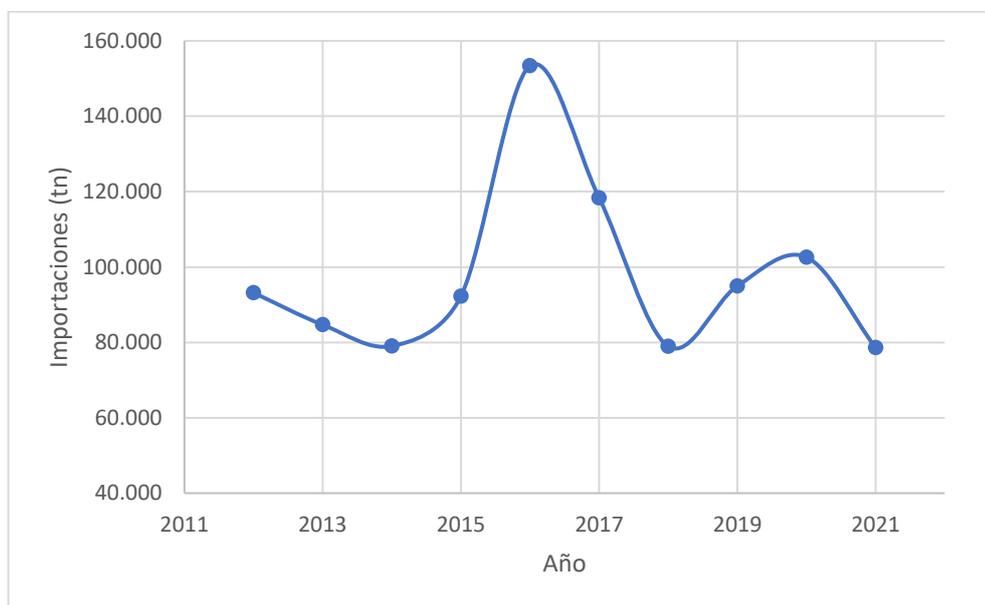


Figura 3-6: Importaciones de polietileno de baja densidad entre 2012 y 2021.

Se obtiene una ecuación que refleja los valores graficados en la Figura 3-7, por medio de la cual se realiza la proyección a 10 años y se grafican los datos obtenidos (Figura 3-8):

$$y = 285,79x - 483507$$

En base a lo dispuesto se observa que las importaciones presentan una tendencia creciente en los años venideros.

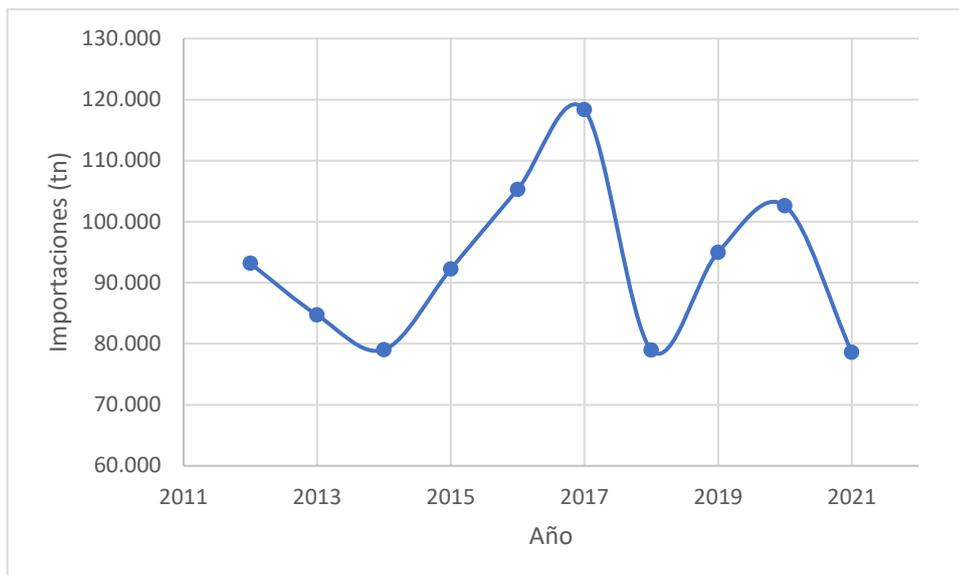


Figura 3-7: Importaciones del polietileno de baja densidad entre los años 2012 y 2021 con la modificación del año 2016.

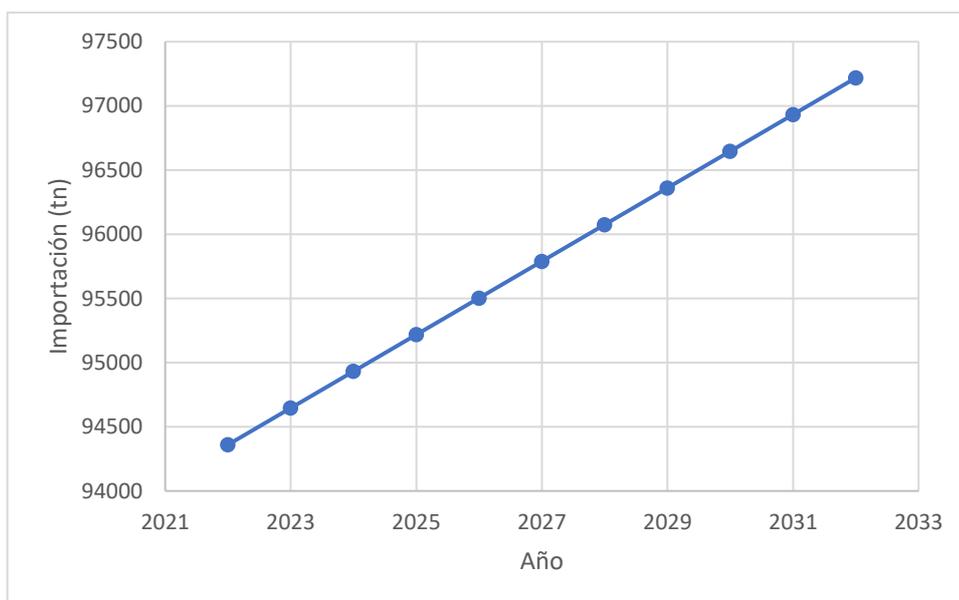


Figura 3-8: Proyecciones de las importaciones de polietileno de baja densidad hasta el año 2032.

Análisis de precio

Según diversos indicadores, el precio del polietileno de baja densidad convencional a junio del año 2023 es aproximadamente 1.323 USD/t. Actualmente, los precios de los bioplásticos son un 20% mayores comparados con los de origen fósil. Las razones por las cuáles esto ocurre son diversas: el costo de materias primas suele ser elevado, su oferta no es tan grande como la de los plásticos convencionales, la tecnología necesaria para su producción y el poco desarrollo de esta industria no permite una gran reducción de costos de manufactura. Sin embargo, a pesar de todos estos factores, su precio es más estable que el de los plásticos convencionales, ya que el valor de estos últimos depende del precio del petróleo y fluctúan con él. Se espera que los precios de los plásticos de origen biológico



disminuyan una vez que la economía de la escala de producción, la logística y la conversión en productos se vuelvan más favorables (Cho, 2017).

3.2. Materias primas

3.2.1. Almidón modificado

En nuestro país existen cinco empresas que producen y modifican almidones, cuatro de ellas lo hacen a partir de maíz y la restante a partir de trigo. Dichas empresas se localizan principalmente en Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba. La capacidad de procesamiento instalada corresponde a 1.300.000 t/año para el maíz y 50.000 t/año para trigo.

Para analizar la viabilidad del proyecto, se debe garantizar la disponibilidad de materias primas a diez años del inicio de este, teniendo en cuenta que la capacidad de la planta aumenta años tras año hasta llegar a su punto máximo en el décimo año. Este análisis se desarrolla a partir de los datos de producción de la década anterior, obteniendo con ellos una ecuación que marca la tendencia de estos y permite proyectar por los siguientes diez años.

En cuanto a la producción de almidones modificados, no existe información oficial disponible, por lo que se estima la misma a partir de las exportaciones de dichos almidones y su precio en el mercado, considerando que una disminución en el precio indica también un aumento en la demanda. La información recopilada se dispone en la Tabla 3-3 y en la Figura 3-9.

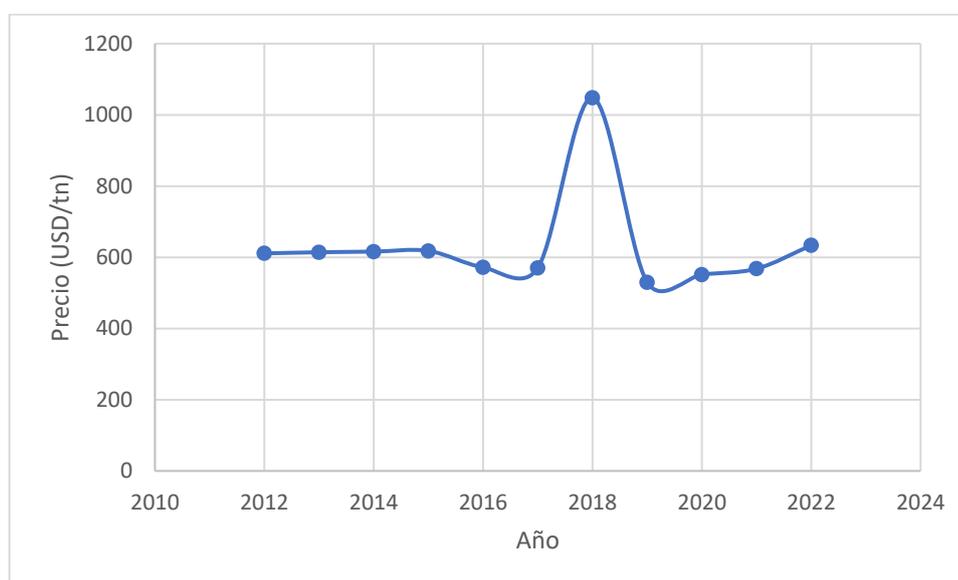


Figura 3-9: Precio por tonelada de las exportaciones de almidones modificados entre 2012 y 2022.

En la gráfica (Figura 3-9) se observa un valor atípico en el año 2018, correspondiente al año menos productivo de la década, debido a una fuerte sequía que impactó a todos los cultivos del país. Por esta razón, al no poder considerarlo como punto representativo, se descarta del análisis y se vuelve a realizar la gráfica (Figura 3-10), obteniéndose la siguiente ecuación:

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



$$y = -3,934x + 8461,2$$

Tabla 3-3: Datos de exportaciones de almidones modificados y su precio en dólares desde el año 2012 al 2022.

Año	Exportaciones (t)	Valor FOB (USD)	Precio (USD/t)
2012	16.807	10.269.493	611,00
2013	16.710	10.262.490	614,15
2014	13.460	8.290.000	616,00
2015	10.750	6.640.000	618,00
2016	8.020	4.590.000	572,00
2017	5.470	3.120.000	570,00
2018	1.680	1.760.000	1.048,00
2019	6.720	3.560.000	530,00
2020	7.960	4.390.000	551,50
2021	9.630	5.470.000	568,00
2022	10.860	6.880.000	633,52

Fuente: Elaboración propia en base a información disponible en la herramienta web SCAVAGE.

Se realiza la proyección hasta el año 2032 y se grafica en la Figura 3-11. Se observa que los precios disminuyen progresivamente en los años venideros, lo que indica un aumento en la demanda siguiendo la ley de demanda en economía. Esto podría implicar una mayor producción de estos almidones en el país y, por tanto, mayor disponibilidad de esta materia prima.

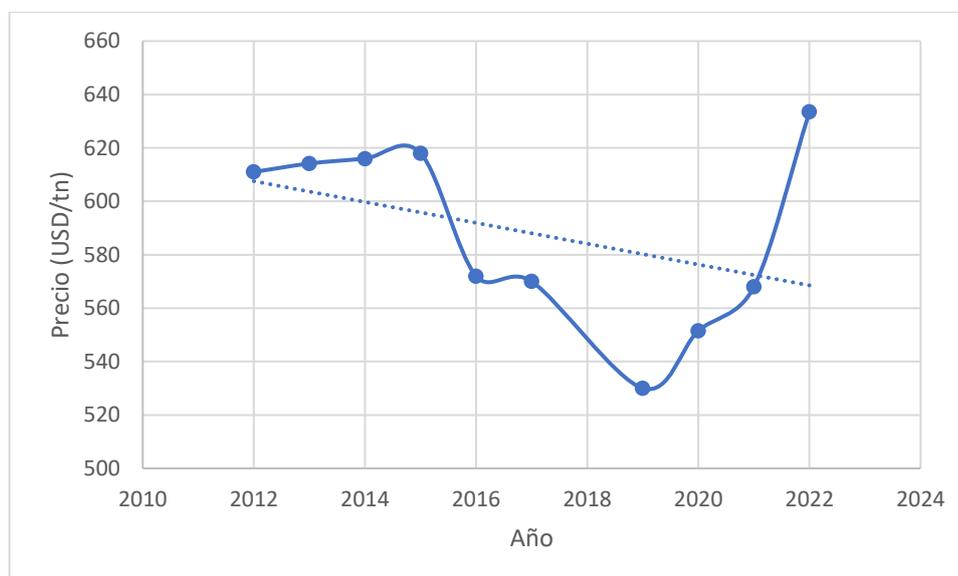


Figura 3-10: Precio por tonelada de las exportaciones de almidones modificados entre 2012 y 2022, sin incluir el año 2018.

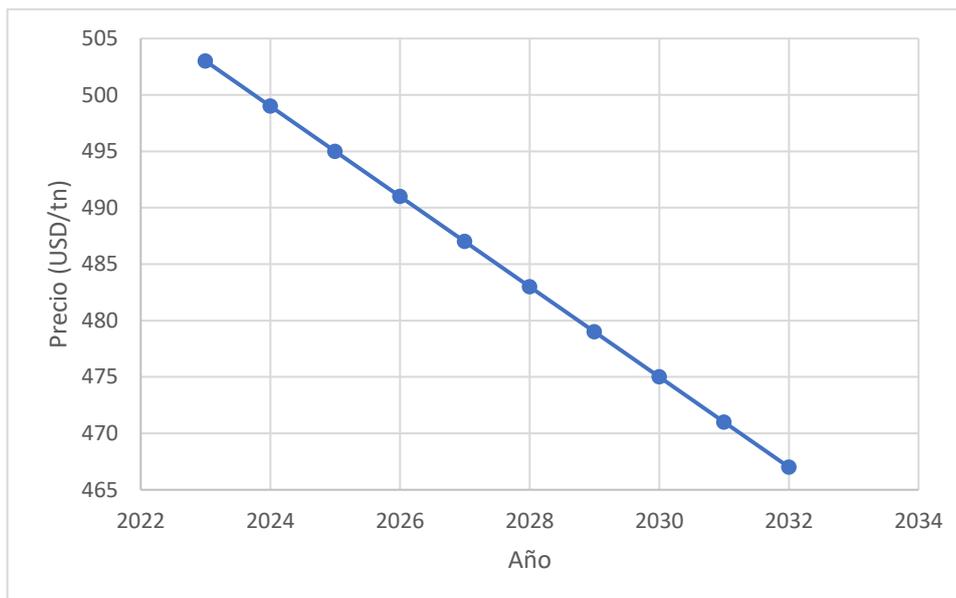


Figura 3-11: Proyecciones de precio de almidones modificados hasta el año 2032.

3.2.2. Glicerol

En la actualidad, aproximadamente el 70% del glicerol producido a nivel mundial es obtenido a partir de la industria del biodiesel. La relación de producción es 10 a 1, es decir que por cada 10 kg de biodiesel se obtiene 1 kg de glicerol.

En base a datos obtenidos de la producción de biodiesel en los últimos años, se estima la producción de glicerol a partir de esta industria, considerando la producción total como el 10% de la producción del biocombustible. Los datos obtenidos se expresan en la Tabla 3-4.

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, la capacidad instalada en Argentina para la producción de biodiesel es de 4 millones de toneladas al año (2021), correspondientes a 33 plantas de mediana y pequeña capacidad, distribuidas en las provincias de Tucumán, Salta, Jujuy, Córdoba, San Luis y Santa Fe. Esta última agrupa a 16 de dichas plantas, representando el 82% de la capacidad instalada del país.

Argentina se establece como el tercer productor a nivel mundial de biodiesel a partir de soja, distinguiéndose de los productores establecidos en Europa y Asia, donde las materias primas corresponden a aceite de colza y aceite de palma respectivamente.

En la Figura 3-12 se grafican los datos dispuestos en la Tabla 3-4, con el fin de obtener un panorama general de la producción del glicerol en los últimos años.

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



Tabla 3-4: Producción de glicerol crudo en el período 2009-2022.

Año	Producción de biodiesel (t)	Producción de glicerol crudo (t)
2009	1.179.101	117.910
2010	1.820.382	182.038
2011	2.429.963	242.996
2012	2.456.578	245.658
2013	1.997.809	199.780
2014	2.584.290	258.430
2015	1.810.659	181.066
2016	2.659.275	265.927
2017	2.871.435	287.143
2018	2.428.997	242.899
2019	2.147.270	214.727
2020	1.157.363	115.736
2021	1.723.668	172.367
2022	1.909.618	190.962

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por la Bolsa de Comercio de Rosario y el Ministerio de Economía.

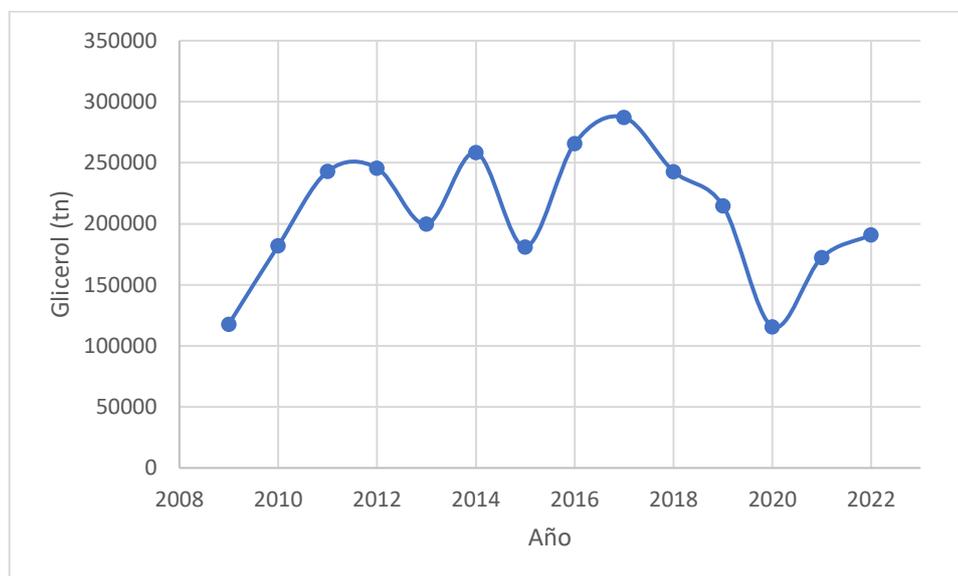


Figura 3-12: Producción de glicerol entre 2009 y 2022.

Para analizar su disponibilidad como materia prima se realiza una regresión a fin de obtener una ecuación que establezca la tendencia para obtener las producciones del mismo hasta el año 2032.



A fin de realizar una tendencia realista se eliminan los puntos correspondientes a los años 2013, 2015 y 2020, años en los cuales la producción del biodiesel se vio afectada por las siguientes razones:

- 2013: La Unión Europea (UE) estableció restricciones a las importaciones de biodiesel argentino, el cual se produce mayormente con fines de exportación (Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto, 2013).
- 2015: Además de las restricciones realizadas por la UE en el biodiesel argentino, hubo una fuerte caída en el precio del petróleo lo que implicó una disminución de la producción debido a que el biodiesel se utiliza como corte del gasoil.
- 2020: La pandemia por COVID-19 implicó el aislamiento de los ciudadanos y, por tanto, paradas de producción en las fábricas.

Al eliminar estos puntos se obtiene una gráfica (Figura 3-13) cuya tendencia se ve reflejada en la siguiente ecuación lineal:

$$y = 1662,1x - 3 * 10^6$$

Por medio de la ecuación obtenida se proyecta la producción de glicerol a diez años (Figura 3-14) para analizar su disponibilidad. Se observa una marcada tendencia creciente en su producción, por lo que se puede prever una mayor disponibilidad de dicha materia prima, permitiendo incluso la expansión en la capacidad de producción establecida para este proyecto.

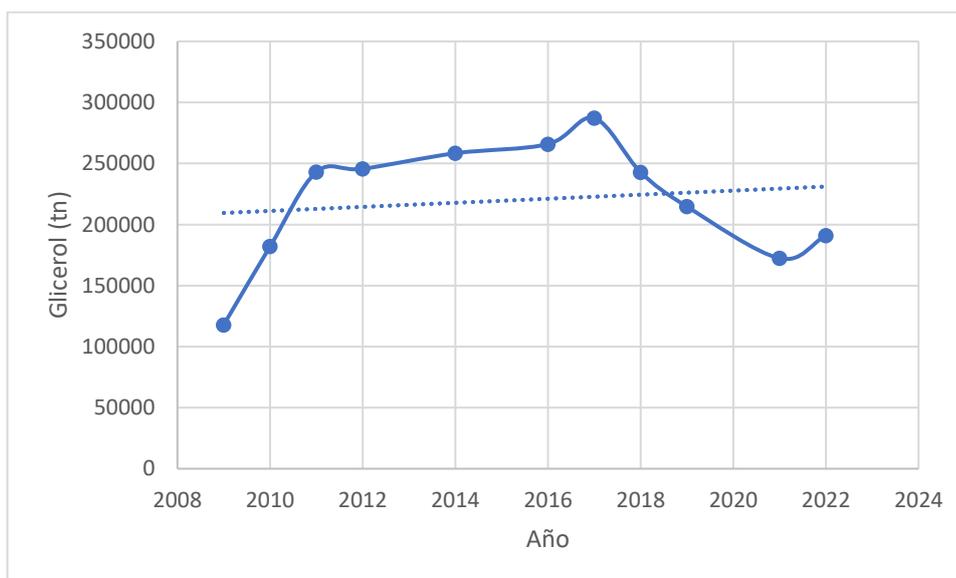


Figura 3-13: Producción de glicerol sin considerar los años 2013, 2015 ni 2020.

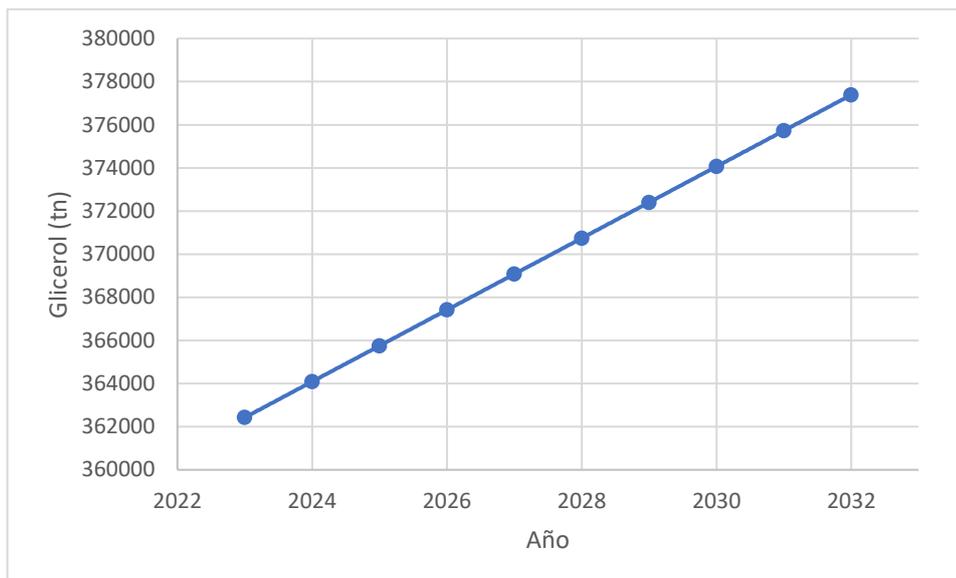


Figura 3-14: Proyecciones de producción de glicerol hasta el año 2032.

3.2.1. Cáscara de maní

La producción mundial de maní ronda las 45,5 millones de toneladas, según datos aportados por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) en 2021. India ocupa el primer lugar en cuanto a las exportaciones del grano, seguido por Estados Unidos y Argentina en tercer lugar. En nuestro país, aproximadamente el 70% de la producción se destina al comercio exterior.

Según datos del Sistema de Información Simplificado Agrícola (SISA), en la provincia de Córdoba se concentra la mayor parte de la explotación agropecuaria de esta oleaginosa, siendo aproximadamente un 89%, seguido por Buenos Aires y San Luis.

Para estimar la cantidad de cáscara de maní producida se calcula el 25% de la producción total de maní en caja en el territorio nacional (Tabla 3-5), ya que se establece que un cuarto del peso del maní corresponde a su cáscara. Los datos son obtenidos del Anuario Estadístico de la República Argentina 2021 (INDEC, 2021), publicados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Los mismos se grafican en la Figura 3-15.

Tabla 3-5: Producción de cáscara de maní en el período 2009-2022.

Campaña	Producción de maní en caja (t)	Producción de cáscara de maní (t)
2008/2009	605.491	151.373
2009/2010	611.040	152.760
2010/2011	701.535	175.383
2011/2012	685.722	171.430
2012/2013	1.025.800	256.450
2013/2014	1.165.900	291.475

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



2014/2015	1.010.800	252.700
2015/2016	1.001.100	250.275
2016/2017	1.081.000	270.250
2017/2018	921.200	230.300
2018/2019	1.337.200	334.300
2019/2020	1.285.400	321.350
2020/2021	1.267.000	316.750
2021/2022	981.890	245.473

Fuente: elaboración propia en base a datos obtenidos por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

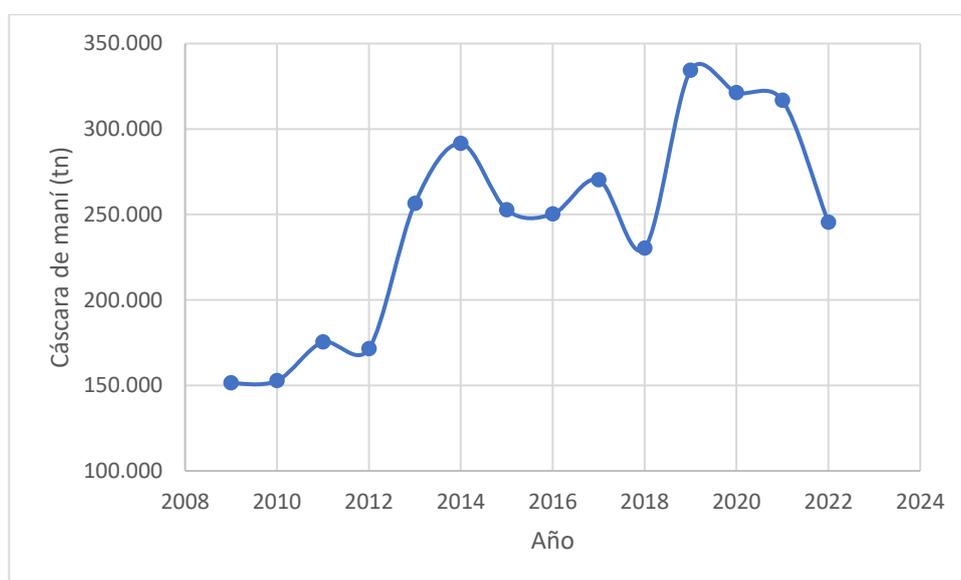


Figura 3-15: Datos de producción de cáscara de maní entre 2009 y 2022.

Como es posible observar, existen valores atípicos en la gráfica relacionados con factores externos que influyeron en la actividad agrícola. En el año 2018 hubo una aguda sequía en la zona núcleo de producción, sumado a un fuerte temporal en época de cosecha, lo que contribuyó a una gran pérdida de la producción (Landa, 2018). La sequía volvió a manifestarse en el año 2022; por lo que estos dos puntos son eliminados para realizar un análisis más preciso.

En la Figura 3-16 se grafican los datos a considerar para el análisis. A partir de la misma, se obtiene la siguiente ecuación que representa la línea de tendencia, con un R^2 igual a 0,8418:

$$y = 15554x - 3 * 10^7$$

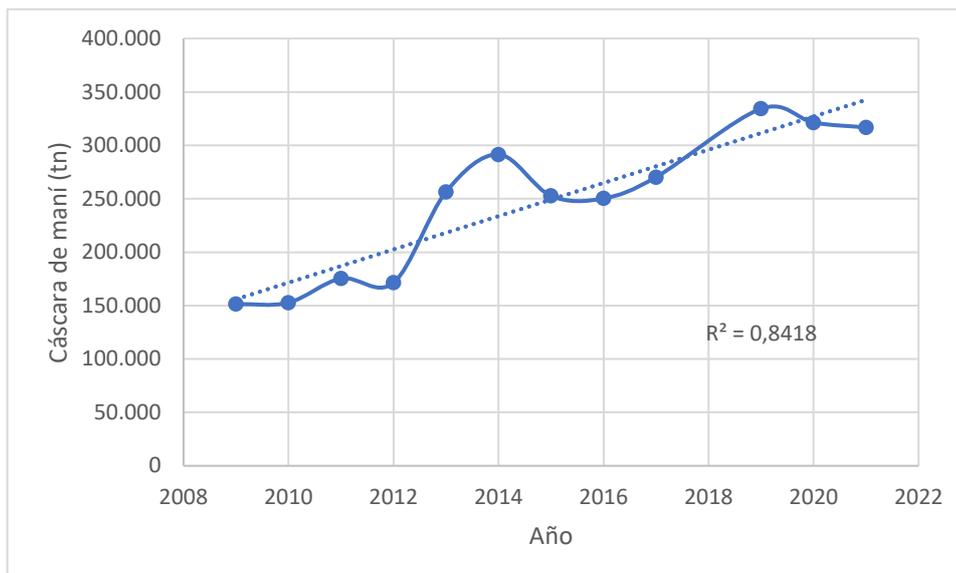


Figura 3-16: Producción de maní desde 2009 a 2022, sin incluir los años 2018 ni 2022

A partir de la ecuación obtenida se proyectan los datos correspondientes a la producción de cáscara de maní hasta el año 2032. Como es posible observar en la gráfica (Figura 3-17), los datos presentan una tendencia creciente que permite asegurar la futura disponibilidad de esta materia prima.

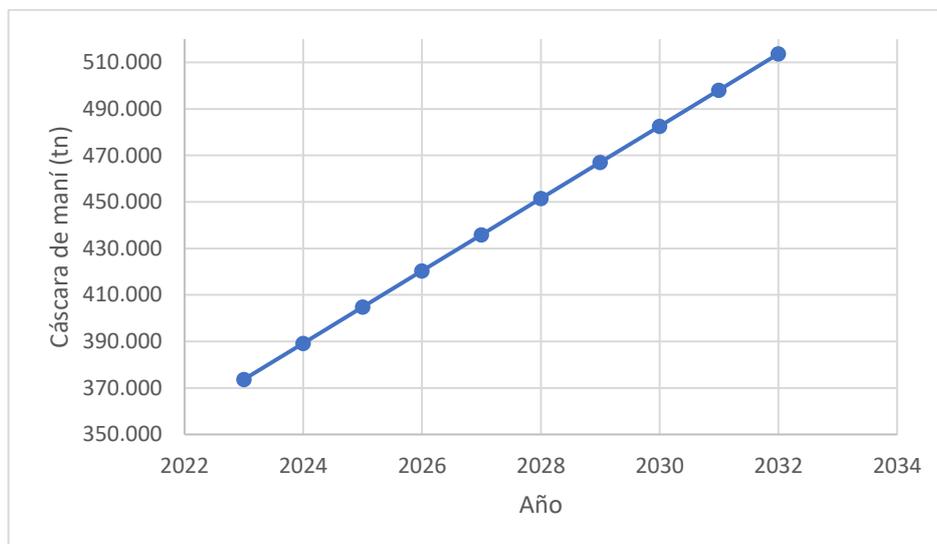


Figura 3-17: Proyecciones de producción de cáscara de maní hasta el año 2032.

3.3. Subproductos

3.3.1. Celulosa

En el año 2020 se produjeron en Argentina 751.347 ADt⁵ de pulpa de celulosa. Las empresas que se dedican a la producción y comercialización de esta pulpa son siete, las

⁵ ADt es la abreviación de Air Dried Metric Ton, que hace referencia a una tonelada de pulpa con un 10% de contenido de agua en peso.



cuales se enlistan en la Tabla 3-6. Éstas fabrican también papel y/o cartón por lo que la mayor parte de la elaboración de la pulpa es destinada al autoconsumo.

Tabla 3-6: Empresas productoras de celulosa.

Nombre de la empresa	Ubicación	Capacidad instalada (ADt)	UCI	Tipo de celulosa
Arauco Argentina S.A	Misiones	350.000	87%	Química al sulfato (Kraft) y pasta fluff
Celulosa Argentina	Santa Fe	166.560	92%	Química al sulfato (Kraft)
Papel Prensa S.A.I.C.F.	Buenos Aires	168.705	66%	Semiquímica
Papel Misionero	Misiones	108.885	90%	Química al sulfato (Kraft)
Papelera del NOA S.A.	Jujuy	34.170	84%	Semiquímica
Fábrica de Papel Ledesma	Jujuy	84.900	67%	Fibras no forestales
Fana Química SA	Entre Ríos	1.600	41%	Fibras no forestales

**UCI: Uso de Capacidad Instalada.*

Fuente: Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

El 95,5% de las materias primas utilizadas para la obtención de pulpa celulósica es fibra de madera, el porcentaje restante lo componen otras fibras no forestales como la caña de azúcar, fabricándose aproximadamente 140.914 toneladas de estas últimas.

En cuanto a la industria del papel, el 72% de la producción total proviene de empresas que se dedican sólo a la obtención de este, cuya materia prima es principalmente papel reciclado y en menor medida, celulosa nacional o importada. Los valores se pueden apreciar en la siguiente figura:

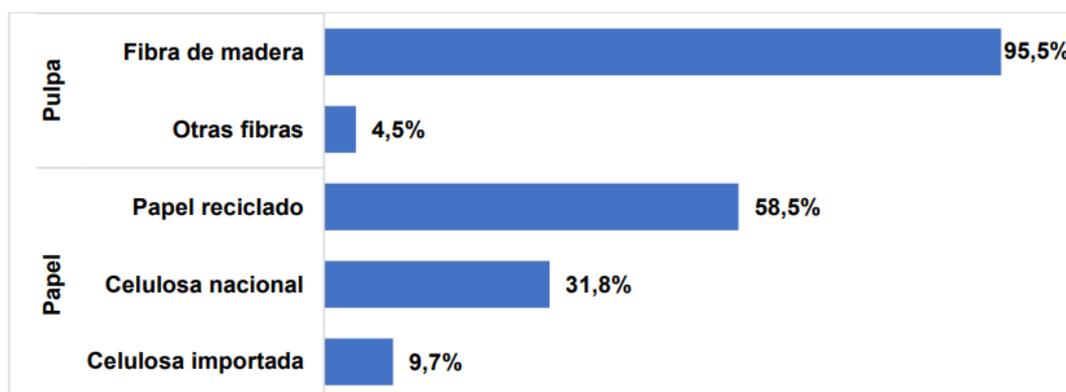
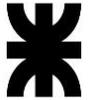


Figura 3-18: Principales materias primas utilizadas para la producción de celulosa y papel.

Fuente: Relevamiento de la industria de la celulosa y el papel 2020, Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

En el año 2020, el total de la celulosa importada fue 177.770 ADt de las cuales el 98% corresponde a aquellas consideradas de fibra corta⁶, entre las que se encuentra la obtenida a partir de cáscara de maní. El principal destino de las importaciones es la provincia de Buenos

⁶ Se considera celulosa de fibra corta, si las fibras del material donde proviene miden entre 0,7 a 1,8 mm. Las fibras de la cáscara de maní tienen una longitud promedio de 0,7 mm.



Aires, seguido por Tucumán y Entre Ríos (Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial, 2022).

Según estudios realizados por el CONICET, el consumo mundial de papel se mantuvo constante durante las últimas décadas (Area, 2021). Sin embargo, se estima que tanto la población como la demanda de papel seguirán creciendo, por ende, la producción y el consumo también aumentarán. A pesar de la caída en el uso del papel por la digitalización, existe un aumento en la utilización de papeles para envoltura, embalaje, uso doméstico y sanitario, que en el período 2010-2017 representó un 2,3% anual. Esto permite suponer que el mercado de la pulpa de celulosa de fibra corta no presentará disminuciones considerables. En los últimos años, el valor de la pulpa de celulosa fue de 875 USD/t y se mantuvo constante.

3.3.2. Azúcares de hemicelulosa y sales de amonio

Según lo expresado anteriormente en el Capítulo 2, los azúcares de hemicelulosa y las sales de amonio pueden ser utilizados como fertilizantes para mejorar la calidad del suelo debido a que al descomponerse proporcionan nutrientes necesarios para el crecimiento y equilibrio de las plantas.

En el año 2020 en Argentina el consumo de fertilizantes llegó a los 5,3 millones de toneladas (Figura 3-19), de los cuales el 65% de los mismos fueron importados al país y el 35% restante provenientes de la industria nacional (Calzada & D'Angelo, 2021).

El país cuenta con una capacidad instalada de 2,55 millones de toneladas al año, correspondientes a las cuatro principales plantas productoras según lo indicado en la Figura 3-20.

En cuanto al consumo total nacional, el 54% corresponde a fertilizantes nitrogenados, tales como la urea y el nitrato de amonio cálcico; el 36% a fertilizantes fosforados, de los cuales se destacan el fosfato monoamónico (MAP) y el fosfato diamónico o DAP; y el 10% restante a fertilizantes azufrados y otros.

Aunque el consumo de fertilizantes experimentó un aumento notable en las últimas décadas, existen restricciones a las importaciones de insumos clave que resultan en una gran limitante para la producción de fertilizantes de industria nacional (Tejeda Rodríguez, Regeiro, Vicentin Masaro, & Jorge, 2022). La Bolsa de Comercio de Rosario, en conjunto con la Secretaría de Mercados Agropecuarios establecen que: “la Argentina necesita duplicar su consumo de fertilizantes para asegurar en el mediano plazo la productividad de los sectores agrícolas. En este sentido, se hacen necesarios incentivos con el objetivo de estimular la producción y la aplicación de fertilizantes en todo el territorio nacional” (Calzada & D'Angelo, 2021).



Por los motivos expuestos anteriormente, se considera que existe una demanda insatisfecha, y por lo tanto un mercado potencial, de productos tales como azúcares obtenidos de la degradación de la hemicelulosa y de sales de amonio.

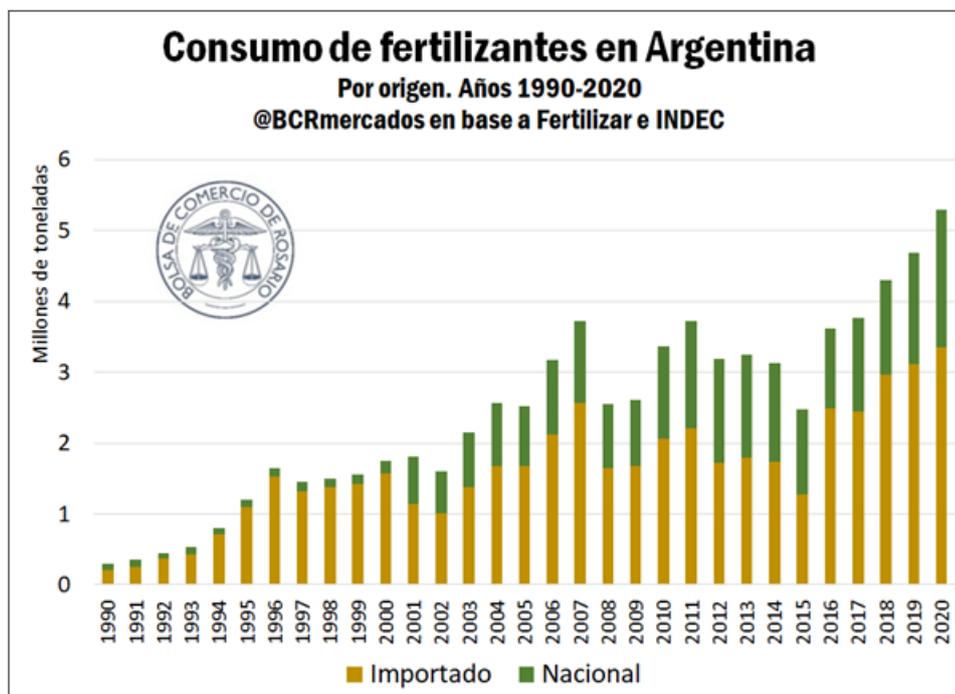


Figura 3-19: Consumo de fertilizantes en Argentina entre los años 1990 y 2020.
Fuente: Bolsa de Comercio de Rosario.



Principales plantas de fertilizantes en Argentina

Año apertura	Compañía	Productos	Capacidad de producción anual (en toneladas)	Localización
2001	Profertil	Urea Amoniaco	1.200.000 790.000	Bahía Blanca, Buenos Aires
2004	Bunge	Tiosulfato de amonio (TSA)	140.000	Campana, Buenos Aires
2006	Mosaic	Superfosfato simple	240.000	Puerto General San Martín, Santa Fe
2008	Bunge	Superfosfato simple	180.000	Ramallo, Buenos Aires

Fuente: @BCRmercados en base a datos de Fertilizar

Figura 3-20: Principales plantas productoras de fertilizantes en Argentina.
Fuente: Bolsa de Comercio de Rosario.

3.4. Insumos

3.4.1. Etanol

En Argentina se encuentran instaladas 22 plantas productoras de bioetanol que emplean maíz y caña de azúcar como materias primas. Los ingenios azucareros están localizados en Jujuy (2), Salta (2), Tucumán (8) y Santa Fe (1). Los complejos industriales a base de maíz se hallan en Santiago del Estero (1), Santa Fe (1), Córdoba (5) y San Luis (2).



Las tres principales empresas productoras de Córdoba son AcaBio (Villa María), Promaíz (Alejandro Roca) y Bio4 (Río Cuarto), ubicando a la provincia como el mayor productor de bioetanol del país. La capacidad diaria de estas tres plantas son 800, 440 y 250 metros cúbicos respectivamente.

En el mercado interno el etanol se clasifica en 4 categorías: Alcohol Etílico Buen Gusto, Alcohol Etílico Mal Gusto, Alcohol Etílico Anhidro para Biocombustibles y Alcohol Etílico Desnaturalizado. En la Figura 3-21 se representa la producción total de alcohol para el periodo 2012-2021, donde se observa un rápido crecimiento de la industria en los primeros cinco años, mientras que en los últimos la producción se mantiene constante.



Figura 3-21: Producción total anual de alcohol etílico entre los años 2011 y 2021.
Fuente: Anuario Estadístico de alcoholes, Instituto Nacional de Vitivinicultura.

3.4.2. Ácido Sulfúrico

En Argentina existen cuatro productores de ácido sulfúrico al 98%: Meranol S.A, Fábrica Militar Río Tercero, Nouryon Chemicals Argentina S.A.U y Minería Santa Rita S.R.L. Las capacidades instaladas de dichas plantas se visualizan en la Tabla 3-7.

Sin embargo, la producción nacional no es suficiente para cubrir el consumo interno, por lo que se importa un gran porcentaje para suplir la demanda. En la Figura 3-22 se puede observar la relación entre los distintos parámetros a lo largo de la última década.

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



Tabla 3-7: Principales productores de Ácido Sulfúrico en Argentina.

Productor	Localización	Capacidad Instalada (t/año)
Meranol SA	Dock Sud (Buenos Aires)	100.000
Fab. Militar Río Tercero	Río Tercero (Córdoba)	39.600
Nouryon Chemicals Argentina S.A.U.	San Lorenzo (Santa Fe)	145.000
Minería Santa Rita S.R.L.	Campo Quijano (Salta)	36.000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el Instituto Petroquímico Argentino.

AÑO	PRODUCCIÓN (t)	IMPORTACIÓN (t)	EXPORTACIÓN (t)	CONSUMO APARENTE (t)	VALOR COMERCIO EXTERIOR (U\$\$/t)	
					IMPORTACIÓN (CIF)	EXPORTACIÓN (FOB)
2012	294.470	65.132	1.311	358.291	105	456
2013	301.340	29.333	1.492	329.181	77	518
2014	281.061	64.482	789	344.754	85	548
2015	250.843	87.411	434	337.820	87	577
2016	194.561	134.917	464	329.014	46	590
2017	180.479	157.161	54	337.586	58	465
2018	164.446	116.447	3	280.890	98	—
2019	183.437	109.740	76	293.101	96	381
2020	168.220	126.408	95	294.533	60	388
2021	166.918	161.387	755	327.550	166	205

Figura 3-22: Producción, importación, exportación y consumo de ácido sulfúrico entre 2012 y 2021.

Fuente: Anuario IPA, 42° edición, año 2022.



3.5. Análisis FODA

Análisis interno	
Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> ○ Utilización de subproductos y descartes de industrias nacionales de bajo costo. ○ Proceso innovador con responsabilidad ambiental. ○ Demanda de mano de obra capacitada y no capacitada. ○ Proceso sin generación de residuos contaminantes o impacto ambiental. ○ Impulso a la implementación de bioplásticos y reemplazo de plásticos convencionales. <p>Integración energética y aprovechamiento de recursos.</p>
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> ○ Utilización de una modificación del almidón. ○ Necesidad de grandes volúmenes de almacenaje de materias primas. ○ Procesos industriales en investigación y desarrollo, de eficiencias inferiores a los procesos convencionales perfeccionados a lo largo de los años. ○ Alta inversión inicial.
Análisis externo	
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> ○ Contribuye a darle valor agregado a desechos o subproductos industriales. ○ Empleo de materia prima sin necesidad de un tratamiento previo ni purificación de costos excesivos. ○ Inexistencia de industrias nacionales productoras de bioplástico. ○ Reemplazo de importación de bioplásticos y disminución del consumo de plásticos convencionales. ○ Existencia de leyes y regulaciones que limitan el uso de plásticos de un sólo uso. ○ Aumento de la demanda creciente a nivel mundial del uso de bioplásticos. ○ Crecimiento de la conciencia medioambiental.
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> ○ Inestabilidad económica en el país, inflación constante y creciente. ○ Condiciones climáticas adversas que afectan a la producción de cultivos. ○ Existencia de pocos productores de almidón modificado. ○ Producto inexistente en el mercado interno. ○ Resistencia al cambio de plásticos convencionales por bioplásticos. ○ Elevado precio de los bioplásticos respecto a los plásticos convencionales.

CAPÍTULO 4

LOCALIZACIÓN



4. LOCALIZACIÓN

En el siguiente capítulo se establecen criterios que permiten garantizar una correcta localización de la planta industrial, lo cual representa un factor fundamental para asegurar el éxito del proyecto. El método de análisis a utilizar es el método de “factores ponderados”, basado en asignar valores cuantitativos a factores determinantes en la toma de decisiones para luego ser comparados. Los elementos a tener en cuenta son localización de las materias primas e insumos, ubicación de la demanda potencial del producto, localización de consumidores del subproducto, la disponibilidad de mano de obra y los beneficios impositivos y legales.

4.1. Macrolocalización

La macrolocalización de un proyecto consiste en determinar la región o zona geográfica general donde se localizará la planta industrial en función de las características y factores que lo hagan más atractivo y beneficioso.

Este estudio permite analizar indicadores socioeconómicos, características físicas, requerimientos o exigencias que ayuden a minimizar los costos de inversión y gastos operativos durante el periodo productivo de la planta.

En este apartado se identifican como potenciales áreas geográficas que aseguran la viabilidad del proyecto a las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. El criterio principal para esta determinación es la ubicación de las fuentes e industrias productoras de las materias primas e insumos requeridos para el proceso y minimizar las distancias entre los proveedores y la planta. En el mapa de la Figura 4-1 se delimita la zona de análisis.

Ya seleccionadas estas tres provincias, se procede a realizar un estudio de microlocalización.

4.2. Microlocalización

Se define como microlocalización a la determinación de la ubicación específica donde se radica el proyecto dentro de la zona elegida anteriormente. Para definir esta ubicación se tienen en cuenta los siguientes factores:

- Localización de materias primas e insumos.
- Localización de consumidores.
- Disponibilidad de mano de obra.
- Beneficios impositivos y legales.

A partir de los mismos se realiza un análisis ponderado, que permite seleccionar la provincia que presenta las mejores condiciones. Posteriormente, se realiza una investigación sobre los parques industriales que presentan disponibilidad en esa provincia y se procede a seleccionar uno para la localización exacta de la planta industrial.



*Figura 4-1: Zona de macrolocalización.
Fuente: Elaboración propia.*

4.2.1. Localización de materias primas e insumos

Es fundamental establecer el proyecto en las cercanías de las fuentes de materias primas e insumos para permitir un correcto abastecimiento y funcionamiento de la planta, además de disminuir las distancias y los costos de transporte. A continuación, se detallan las localizaciones específicas de los componentes a utilizar.

Cáscara de maní

La Cámara Argentina del Maní (CAM) establece que el 89% de la producción nacional del maní se concentra en la provincia de Córdoba. Debido a que la primera transformación de este cultivo involucra la limpieza, el secado y el almacenamiento del fruto sin su cáscara, la ubicación de esta materia prima se analiza en base a la localización de los productores.

En la siguiente tabla se disponen los principales productores de esta oleaginosa, su ubicación (Figura 4-2) y su capacidad productiva:

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



Tabla 4-1: Principales productores de maní.

Empresa	Localidad	Capacidad productiva (t/año)
AGD	Dalmacio Vélez, Alejandro Roca, Niza y General Deheza	280.000
Prodeman	General Cabrera	140.000
Olega	Charras	120.000
Golden Peanut and Tree Nuts	Alejandro Roca y Chucul	100.000
Maniagro	Carnerillo	100.000

Fuente: Elaboración propia.

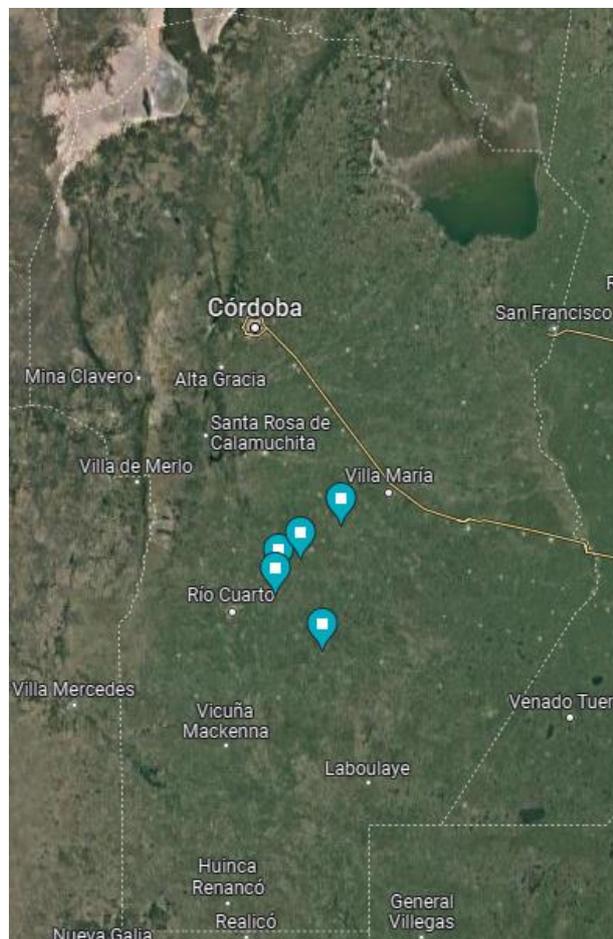


Figura 4-2: Distribución de los principales productores de cáscara de maní.

Fuente: Google Maps.

Glicerol

Para analizar la localización de las fuentes de glicerol se debe determinar la ubicación de las plantas productoras de biodiesel. En Argentina existen 33 plantas que se dedican a la producción de este biocombustible situadas en Santa Fe, Buenos Aires, La Pampa, San Luis



y Entre Ríos. En la siguiente tabla (Tabla 4-2) se analizan las capacidades de producción de cada una de estas provincias en base a datos obtenidos en el año 2021:

Tabla 4-2: Distribución y capacidades de las plantas de glicerol.

Provincia	Cantidad de plantas	Capacidad de producción anual (t)
Santa Fe	16	3.183.600
Buenos Aires	11	442.000
La Pampa	2	100.000
San Luis	1	96.000
Entre Ríos	3	75.200

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, la producción se encuentra focalizada en las provincias de Santa Fe y Buenos Aires.

Almidón modificado

Las empresas capaces de suministrar esta materia prima son: Ingredion S.A, ubicada en la provincia de Buenos Aires; Ingrecor S.A. (Arcor), ubicada en la provincia de Córdoba; y Glutal S.A, ubicada en la provincia de Santa Fe. En la siguiente figura (Figura 4-3) se observa la ubicación geográfica de dichas empresas:



Figura 4-3: Distribución de los productores de almidones modificados.

Fuente: Google Maps.



Insumos

Con respecto al etanol y al resto de los insumos, en la provincia de Córdoba se encuentran los mayores productores de etanol y el tercer productor de ácido sulfúrico del país. En cuanto a este último, el principal productor está ubicado en la provincia de Santa Fe, seguido por la provincia de Buenos Aires. En consideración al amoníaco, las dos empresas productoras más grandes se localizan en la provincia de Buenos Aires.

4.2.2. Localización de consumidores

Las empresas transformadoras de resinas bioplásticas que presentan el potencial para la compra de los pellets son cinco: tres de ellas se ubican en la provincia de Córdoba, una en la provincia de Buenos Aires y la última en la provincia de Misiones.

Por otro lado, las industrias que utilizan pulpa de celulosa de fibra corta como materia prima se encuentran principalmente en la provincia de Buenos Aires y en un menor porcentaje en la provincia de Santa Fe.

4.2.3. Disponibilidad de mano de obra

Según la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) publicada por el Instituto Nacional De Estadística y Censos (INDEC) en el año 2023, que basa su análisis en 31 aglomerados urbanos con una población total de 29,3 millones de personas, 14 millones de argentinos forman parte de la población económicamente activa (PEA). Este indicador representa a aquellas personas que tienen una ocupación o la buscan activamente y están disponibles para trabajar. A su vez, se subdivide en ocupados (13,1 millones) y desocupados (0,9 millones).

La población de la provincia de Córdoba es de 3.978.984 habitantes. El 60,5% de esta población forma parte de la PEA y dentro de este sector la tasa de desocupación es del 11,2%. Los residentes entre 25 y 64 años que terminaron el secundario ocupan el 58,9% de los habitantes cordobeses.

En la provincia de Santa Fe, la población total es de 3.556.552 habitantes, de la cual el 61,1% se considera como económicamente activa, pero presenta una tasa de desocupación del 7,2%. El porcentaje de personas que completaron sus estudios secundarios en el rango de 25 y 64 años es 63,5%.

La provincia de Buenos Aires cuenta con 17.569.053 habitantes, de los cuales el 58,8% forma parte de la PEA, considerando una tasa de desocupación del 8,7%. A su vez, dentro del intervalo de personas entre 25 y 64 años el 62% cuenta con el secundario completo.

En cuanto a aquellas personas que persiguen una educación superior, en el año 2019 se egresaron 73.832 estudiantes de instituciones estatales a lo largo de todo el país, y se inscribieron para el ciclo lectivo 2020 un total de 513.151 nuevos alumnos.



4.2.4. Beneficios impositivos y legales

Se detallan a continuación aquellas leyes y decretos que otorgan beneficios a empresas industriales a radicarse en la zona geográfica de interés:

La provincia de Santa Fe cuenta con la ley N°8.478 que permite la exención de la totalidad de los impuestos provinciales para empresas industriales a radicarse en la misma, dando especial atención a aquellas empresas que aporten a un desarrollo industrial sostenible o que busquen suplantar importaciones.

El Gobierno de Córdoba ofrece a las industrias radicadas o a radicarse en la provincia los beneficios de las leyes N°10.792, N°9.727 y N°5.319, entre las que se encuentran exenciones impositivas y subsidios monetarios. Por otro lado, se modificó la ley N°7.255 para brindar mayores beneficios a las empresas que se radiquen en los parques industriales de la provincia. Así mismo, el decreto N°1.579/2022 establece la obtención de un crédito fiscal equivalente al 50% del impuesto sobre los ingresos brutos.

En la provincia de Buenos Aires se establece la ley N°13.656 que fomenta el desarrollo industrial, a fin de lograr un pleno empleo, por medio de la exención de impuestos provinciales, beneficios sobre tasas y derechos municipales, acceso a financiamientos y apoyo en la obtención de certificaciones de calidad, entre otros beneficios.

4.2.5. Análisis ponderado

Se realiza el análisis ponderado para determinar la provincia óptima para establecer la planta industrial.

Tabla 4-3: Resultados del análisis ponderado.

Factor	Ponderación	Buenos Aires		Córdoba		Santa Fe	
		%	Grado	%	Grado	%	Grado
Materias primas e insumos	60						
Almidón modificado	25	80	20	80	20	60	15
Glicerol	15	50	7,50	10	1,50	100	15
Cáscara de maní	10	10	1	90	9	2	0,20
Etanol	5	5	0,25	90	4,50	20	1
Ácido Sulfúrico	5	70	3,5	60	3	10	0,50
Consumidores	20						
Producto	15	40	6	90	13,50	10	1,50
Subproducto	5	90	4,50	10	0,50	40	2
Mano de obra	10	80	8	60	6	60	6
Beneficios legales	10	50	5	80	8	60	6
Total	100		55,75		66,00		47,20

Fuente: Elaboración propia.



Los resultados obtenidos en la Tabla 4-3 indican que la provincia más beneficiosa para la ubicación del proyecto es la provincia de Córdoba. A continuación, se analiza la disponibilidad en los parques industriales de dicha provincia para la selección de la localización específica.

4.2.6. Disponibilidad de parques industriales

En Argentina hay un total de 611 parques industriales, de los cuales 75 se encuentran en Córdoba. A fin de determinar el parque industrial óptimo para el proceso se tienen en cuenta los siguientes factores:

- Cercanía a las materias primas y/o accesibilidad a autopistas, rutas nacionales y provinciales: Se busca elegir una localidad que se encuentre sobre la autopista nacional Córdoba-Rosario, debido a que las principales fuentes de glicerol se encuentran en Rosario, Santa Fe. A su vez, se persigue la selección de una ciudad que se encuentre cercana a las principales fuentes de cáscara de maní y a los principales productores de etanol. Por otro lado, se procura la cercanía a la ciudad de Arroyito, donde se ubican las plantas de modificación de almidones de Arcor S.A.
- Cercanía a los consumidores: Tres de los cinco consumidores de pellets de bioplásticos se encuentran en el Sureste de la provincia de Córdoba.
- Disponibilidad de lotes.
- Beneficios y servicios disponibles.

Teniendo en cuenta los primeros dos puntos se realiza una búsqueda de los parques disponibles en el Sureste de la provincia (Figura 4-4). Usando como factor delimitante el acceso a la autopista nacional Córdoba-Rosario, el análisis se reduce a las localidades de: Marcos Juárez, Leones, Bell Ville y Villa María. En la Tabla 4-4 se detallan los atributos de cada parque.

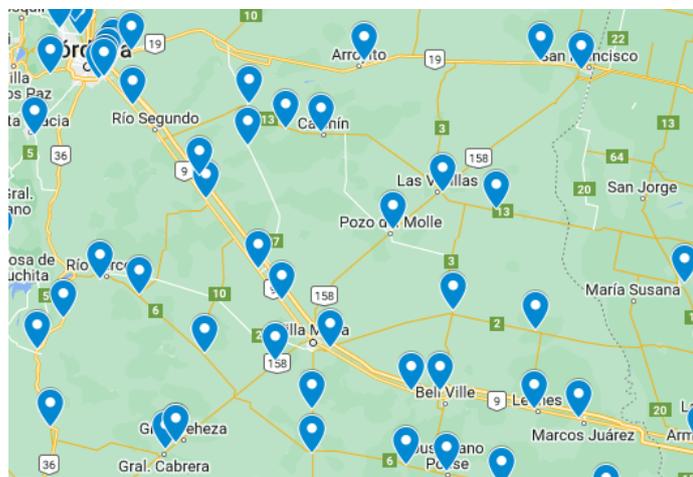


Figura 4-4: Mapa de la distribución de parques industriales en el Sureste de la provincia de Córdoba.
Fuente: www.parquesindustriales.com.ar



Tabla 4-4: Atributos de los parques industriales a analizar en el Sureste de Córdoba.

Localidad	Distancia a Arroyito	Distancia a productores de cáscara de maní (General Deheza)	Disponibilidad de lotes	Beneficios y servicios disponibles
Marcos Juárez	220 km	191 km	Si	No hay información oficial
Leones	200 km	172 km	Si	Agua industrial, alumbrado público, pavimentación, cerco perimetral, desagüe pluvial, subestación eléctrica, sistema contra incendio
Bell Ville	168 km	134 km	Si	No hay datos oficiales
Villa María	138 km	66,5 km	Si	Alumbrado público, pavimentación, cerco perimetral, desagüe pluvial y sanitario-industrial, energía eléctrica, red de gas, internet y telefonía

Fuente: Elaboración propia en base a información publicada en www.parquesindustriales.com.ar

Se elige el Parque Industrial Logístico y Tecnológico (PILT) de la localidad de Villa María, debido a que cumple con los requisitos pautados anteriormente, presentando mayor cercanía a las fuentes de materia prima y mayores beneficios y servicios disponibles. Además, en dicha localidad se encuentra una de las principales productoras de etanol del país y se ubica a 90 km de Río Tercero, localidad donde se produce ácido sulfúrico.

Los privilegios respecto a la ubicación geográfica de la ciudad de Villa María están relacionados con las redes de acceso con las que cuenta. La ruta nacional N°9 une a la ciudad con Rosario; además, de forma paralela a la misma se extiende la Autopista Córdoba-Rosario con tres accesos directos a la ciudad. La ruta nacional N°158 conecta a Villa María hacia el Suroeste con sentido a Buenos Aires y en sentido Noroeste es la vía de conexión a las provincias de Santiago del Estero, San Miguel de Tucumán, Salta y Jujuy. Además, la ciudad es atravesada por las rutas provinciales N°2 y N°4.



4.3. Parque Industrial Logístico y Tecnológico Villa María

El Parque Industrial Logístico y Tecnológico Villa María se encuentra ubicado sobre la ruta nacional N°9 entre la ruta provincial N°2 y la autopista Córdoba-Rosario. El objetivo de este parque es promover el desarrollo local y regional, atraer capitales, inversores privados y fomentar el ordenamiento urbano, además de otorgar beneficios a las industrias que se radiquen en el predio para la producción y generación de nuevas fuentes de empleo.

El parque cuenta con 224 lotes distribuidos en 84 hectáreas y posee infraestructura propia en cuanto a energía eléctrica, gas, agua y cloacas, comunicaciones, entre otras. Cuenta con diversos beneficios impositivos, entre los que se encuentran la Ordenanza Municipal N°6.440 y la Ley provincial N°9.727; las cuales eximen de diversas tasas e impuestos a las empresas que se radiquen en dicho parque industrial. A su vez, presenta un acuerdo con las universidades de la localidad permitiendo a las empresas el acceso a capacitaciones laborales, asesoramiento y servicios técnicos, y a desarrollos tecnológicos.

En la Figura 4-5 se muestra el planeo de los lotes dentro del parque industrial. En el mismo, existe un sector destinado al desarrollo tecnológico, cuyos lotes presentan áreas de 1.276 m². Además, está proyectada una ampliación que sumaría 93 lotes en un predio de 48 hectáreas.

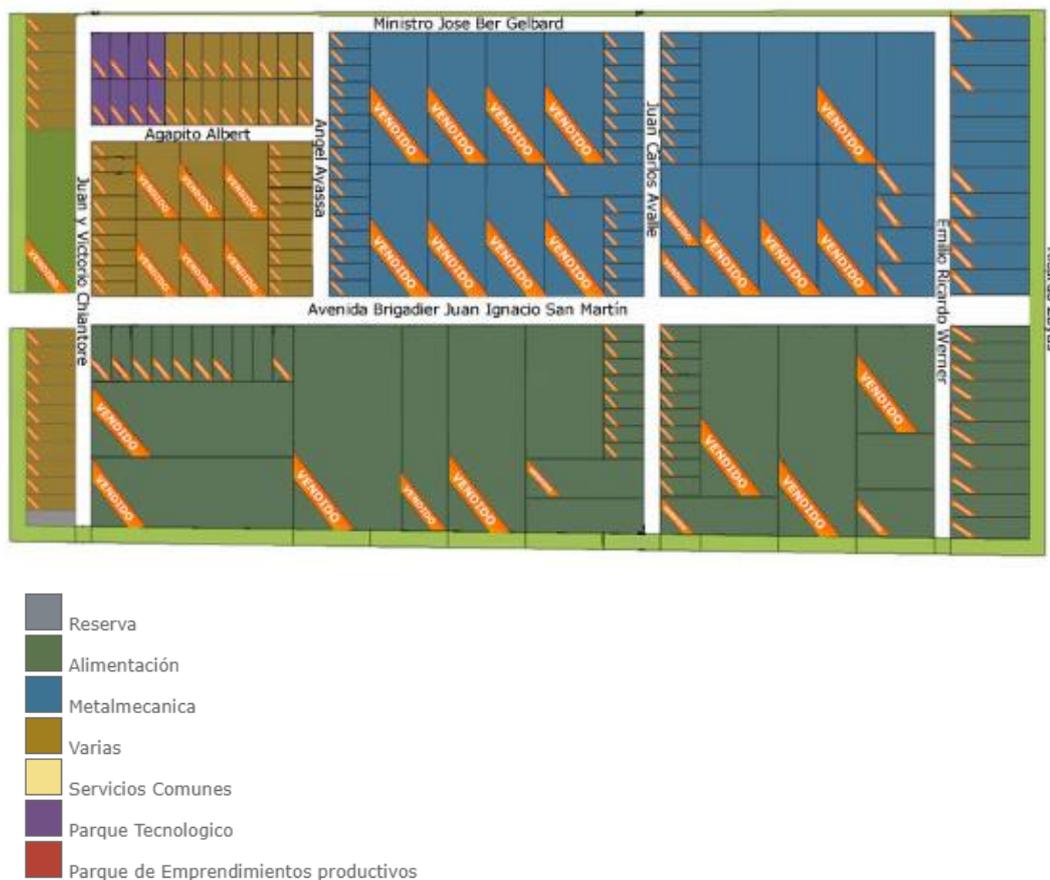


Figura 4-5: Distribución de lotes en el PILT.
Fuente: Página oficial del PILT.

CAPÍTULO 5

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN



5. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

En el presente capítulo se establece la capacidad de producción que tendrá la planta, un aspecto fundamental para el desarrollo y el dimensionamiento del proyecto. Para ello se tienen en cuenta factores tales como la disponibilidad de materias primas e insumos, la demanda, la localización, entre otros.

Se considera que el tamaño óptimo se obtiene cuando se opera a la máxima rentabilidad económica, es decir, cuando se obtiene el mayor rendimiento de los activos en un determinado periodo de tiempo.

5.1. Determinación del tamaño óptimo de la planta

5.1.1. Consideraciones previas

“El estudio de mercado provee información para la estimación de una demanda futura, que puede ser variable en el tiempo y que sirve como referencia para la determinación del tamaño del proyecto.” (Baldassa, Dealbera, & Intra, 2022).

El producto en este proyecto no presenta actualmente una demanda en Argentina, ya que la innovación en bioplásticos se encuentra en una etapa temprana de desarrollo. Sin embargo, debido a sus características, este polímero es análogo al polietileno de baja densidad que proviene de fuentes fósiles, y por tanto puede reemplazarlo en sus aplicaciones utilizando las mismas tecnologías. Por este motivo y en base a lo expuesto en el Capítulo 3 de estudio de mercado, la base del análisis queda establecida en reemplazar un porcentaje de las importaciones del polímero convencional.

Se debe tener en cuenta que, al inicio del proyecto, se comienza con una capacidad ociosa y la producción irá en aumento hasta el año número diez, a partir del cual se considera que la planta trabaja a su capacidad óptima. Este margen de producción contempla la ampliación del mercado objetivo del proyecto a lo largo de los años.

5.1.2. Cálculo de la capacidad

En la siguiente tabla (Tabla 5-1) se observan los valores de las importaciones del polietileno de baja densidad con los datos obtenidos en el estudio de mercado entre los años 2012 y 2021; así mismo se tabulan los valores proyectados para los años 2022 a 2032 mediante la ecuación: $y = 285,79x - 483507$. Con estos valores se calcula la tasa de crecimiento porcentual.

Al analizar las proyecciones realizadas se observa una tendencia creciente de las importaciones del polietileno en los años venideros con una tasa de crecimiento porcentual que queda determinada como **0,297%**, en base a un promedio de los valores obtenidos en los años proyectados. Este valor se utilizará en el cálculo de la capacidad óptima del proyecto.



Tabla 5-1: Tasa de crecimiento porcentual de las importaciones de polietileno de baja densidad

Año	Importaciones (t)	Tasa de crecimiento (%)
2012	93.178,00	
2013	84.702,00	-9,09
2014	79.038,00	-6,69
2015	92.247,00	14,32
2016	153.412,00	39,87
2017	118.336,00	-29,64
2018	78.969,00	-49,85
2019	94.987,00	16,86
2020	102.605,00	7,42
2021	78.609,00	-30,52
2022	94.360,38	16,70
2023	94.646,17	0,301
2024	94.931,96	0,301
2025	95.217,75	0,300
2026	95.503,54	0,299
2027	95.789,33	0,298
2028	96.075,12	0,297
2029	96.360,91	0,296
2030	96.646,70	0,296
2031	96.932,49	0,295
2032	97.218,28	0,294

Fuente: Elaboración propia.

Para los proyectos que presentan un crecimiento en su mercado, se calcula el periodo óptimo (n) en años, que corresponde al tiempo en el cual se desarrolla el mercado desde el inicio del proyecto. Este valor se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{R^2} = 1 - \left[2 * \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha} \right) * \left(\frac{R - 1}{R + 1} \right)^{N-n} \right]$$

Ecuación 5-1

$$R = 1 + r$$

Ecuación 5-2

Una vez calculado el periodo óptimo, se procede a calcular el tamaño óptimo mediante la siguiente ecuación:



$$D_n = D_0 * (1 + r)^n$$

Ecuación 5-3

En la siguiente tabla se describen las variables utilizadas en las ecuaciones 5-1 y 5-3, y los valores adoptados para realizar el análisis:

Tabla 5-2: Variables y valores adoptados.

Variable	Descripción	Valor adoptado
r	Tasa de crecimiento	0,00297
R	Desarrollo porcentual de la demanda	1,00297
α^7	Exponente del factor de escala	0,65
N	Vida útil de los equipos	10 años (convenio)
D_0^8	Magnitud del mercado actual	97.218,28

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos al hacer uso de las ecuaciones anteriores son:

- $n=9,201$ años
- $D_n=80.789,182$ t/año

Por tanto, se determina que la producción óptima será de 80.790 toneladas al año en el décimo año de iniciado el proceso, siendo este valor equivalente al 83,1% de las importaciones del PEBD estimadas para el año 2032.

5.2. Disponibilidad de materias primas

Una vez establecida la capacidad de la planta, se debe garantizar la viabilidad de producción, mediante el análisis de la disponibilidad de las materias primas. Según las proporciones establecidas en el Capítulo 2, en la Tabla 5-3 quedan definidas las cantidades necesarias para la producción establecida.

Tabla 5-3: Cantidades de materia prima para la capacidad determinada.

Producción año 10: 80.790 t/año			
Almidón (40%)	Agua (25%)	Glicerol (20%)	Lignina (15%)
32.316,00 t/año	20.197,50 t/año	16.158,00 t/año	12.118,5 t/año

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que la lignina es obtenida a partir de la cáscara de maní, se debe cuantificar la materia prima necesaria que garantice la proporción establecida para el polímero. Esto se realiza teniendo en cuenta que la lignina representa el 34% de la cáscara de maní, obteniendo

⁷ El exponente del factor de escala (α) fue tomado del Boletín N°20 de la Organización de las Naciones Unidas "Industrialización y Productividad", cuyo valor para las industrias químicas y petroquímicas es 0,65.

⁸ Este valor está basado en las importaciones de PEBD en el año 2021.



así un valor de 35.642,65 t/año de este material. Sin embargo, se deben considerar las posibles mermas en el proceso, lo que conlleva a la necesidad de disponer de mayores cantidades.

Para analizar la disponibilidad de almidón se contemplan las exportaciones de almidones modificados según lo establecido en la Tabla 3-3. Teniendo en cuenta los últimos 4 años, se realiza una proyección a 10 años a fin de obtener un valor representativo de la producción de esta materia prima en los años venideros. A continuación, se muestra la gráfica correspondiente a esta proyección:

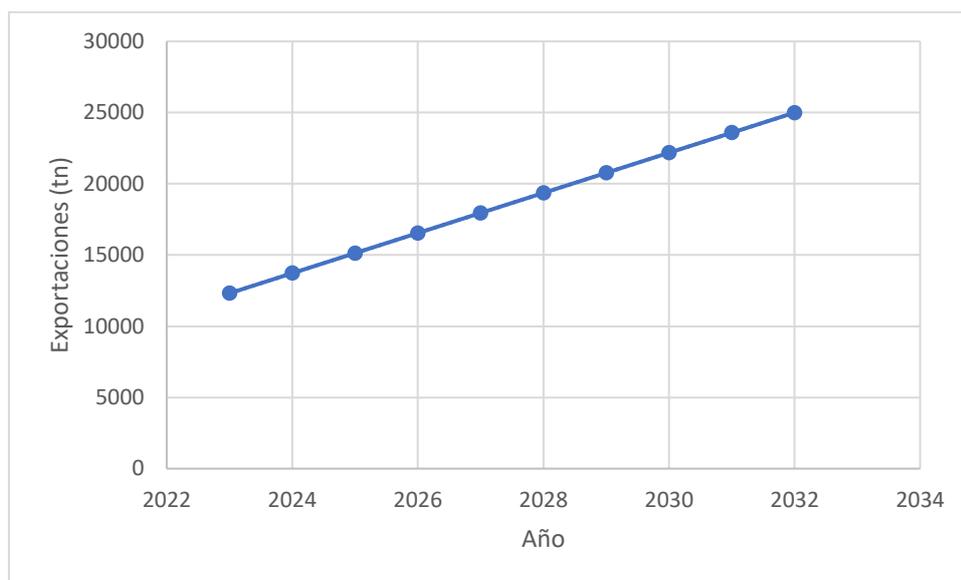


Figura 5-1: Proyección de las exportaciones de almidones modificados desde el año 2022 hasta el año 2032.
Fuente: Elaboración propia.

Según esta proyección el valor de las exportaciones en el año 2032 es 25.000 t/año. Si bien este valor no refleja la producción nacional real, la cual puede ser mayor, limita el análisis de capacidad para este proyecto.

Al no poder garantizar la disponibilidad necesaria de esta materia prima para el valor de capacidad establecido es necesario reducir dicho valor. Teniendo en cuenta que el producto se encuentra en su primera etapa de desarrollo y que su inserción en el mercado llevará tiempo, se decide tomar un valor de producción más conservador y establecer la capacidad de producción en 30.000 toneladas anuales para el año diez, considerando la posibilidad de ampliar la capacidad instalada en dicho año si la demanda del producto así lo permitiese. La cantidad de materias primas necesarias quedan establecidas en base a la siguiente tabla (Tabla 5-4):

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



Tabla 5-4: Cantidades de materias primas para la nueva capacidad.

Producción año 10: 30.000 t/año				
Almidón (40%)	Agua (25%)	Glicerol (20%)	Lignina (15%)	Cáscara de maní
12.000 t/año	7.500 t/año	6.000 t/año	4.500 t/año	13.235 t/año

Fuente: Elaboración propia.

Se procede entonces a analizar la disponibilidad de glicerol y cáscara de maní para el año 2032 en base a lo establecido en el Capítulo 3 y se encuentra que:

Tabla 5-5: Cantidades proyectadas de producción año 2032.

Materia prima	Producción anual en 2032 (t)
Glicerol	377.387
Cáscara de maní	513.675

Fuente: Elaboración propia.

Se concluye que se dispone de la materia prima necesaria para cumplir con el requerimiento para una producción de 30.000 t/año en el décimo año, valor que equivale al 30,86% de las importaciones de PEBD previstas para dicho año.

CAPÍTULO 6

DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DEL PROCESO



6. DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DEL PROCESO

En el presente capítulo se describe el procedimiento a seguir para la obtención del bioplástico. Este proceso se divide en dos etapas bien diferenciadas. Por un lado, se encuentra la obtención de la lignina a partir del tratamiento de la cáscara de maní; y por el otro, la producción del polímero biobasado y biodegradable junto con las demás materias primas correspondientes.

Primeramente, se realiza el estudio de las vías posibles para la obtención de la lignina, el análisis de la factibilidad de cada uno de los métodos de aislación y la selección de aquella alternativa óptima, luego se prosigue, con la misma lógica, al análisis respecto a la obtención del bioplástico.

A partir de las comparativas y desarrollo de este capítulo, se determina el proceso para la obtención del producto final, el cual será desarrollado en esta tesis. A su vez, se presenta una descripción detallada del mismo y un diagrama de flujo con las especificaciones correspondientes.

6.1. Obtención de la lignina

Las materias primas lignocelulósicas son fuente de hemicelulosa, celulosa y lignina, compuestos que presentan la posibilidad de ser utilizados como reactivos, materiales y combustibles en otras industrias. Debido a que los constituyentes individuales lignocelulósicos tienen diferencias obvias en sus propiedades químicas y físicas, un proceso de aislamiento/separación es usualmente necesario antes de que puedan ser convertidos selectivamente (Wang, Pu, Ragauskas, & Yang, 2018).

Los métodos de aislamiento se realizan como procesos multietapa en donde se llevan a cabo tratamientos que buscan: degradar la hemicelulosa en forma de azúcares, a fin de facilitar el acceso a la celulosa y la lignina; y tratamientos de deslignificación, donde se obtienen estos polímeros por separado. A diferencia de otros componentes de la matriz biomásica, la lignina en particular es difícil de degradar debido a su baja reactividad (Lobato-Peralta, y otros, 2021).

“La lignina se polimeriza mediante un mecanismo radicalario y se cree que ciertos componentes reactivos se encuentran unidos mediante enlaces covalentes a las hemicelulosas, lo que se conoce como complejo lignina-carbohidrato (LCC), dificultando la extracción de lignina” (Wang, Pu, Ragauskas, & Yang, 2018, pág. 6). Debido a las diferencias entre los métodos de fraccionamiento y la severidad de éstos, incluso la misma materia prima biomásica puede resultar diferente en la eficiencia de deslignificación, la pureza de la lignina obtenida y su estructura final.



6.1.1. Deslignificación

Año a año, la industria del papel produce millones de toneladas de lignina en forma de coproducto, de las cuales sólo el 2% se utiliza industrialmente como materia prima, siendo el resto utilizado como combustibles.

Este polímero se encuentra en la naturaleza en diferentes formas y puede aislarse a partir de diversos procesos de extracción tales como tratamientos mecánicos, físicos, químicos y enzimáticos, entre otros (Figura 6-1). Algunos de los procesos químicos utilizados actualmente para aislar la lignina de la matriz lignocelulósica, denominados procesos industriales de deslignificación, de los cuales se obtienen las “*ligninas técnicas*”, se clasifican en dos categorías: ligninas con azufre y ligninas libres de azufre (Carvajal, Gómez, & Cardona, 2016).

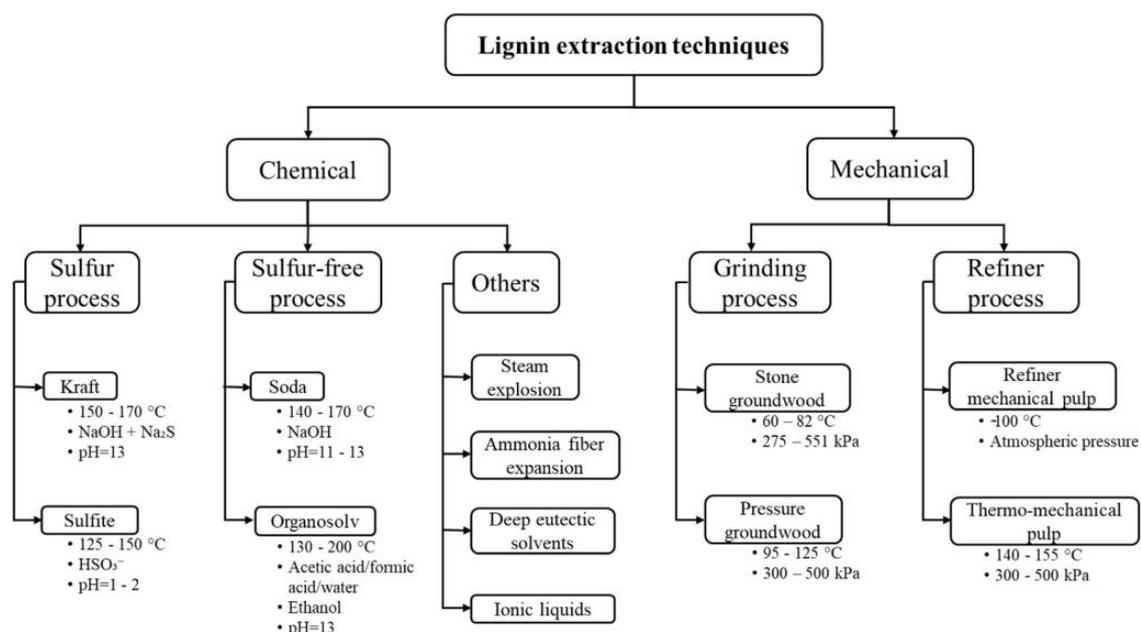


Figura 6-1: Técnicas de extracción de lignina.

Fuente: A review on trends in lignin extraction and valorization of lignocellulosic biomass for energy applications.

La principal fuente de ligninas técnicas es la industria del papel, que aporta dos tipos: la lignina Kraft y los lignosulfonatos, ambas dentro de la categoría con azufre. Otras fuentes de obtención de lignina están relacionadas con los procesos a la soda y los procesos que utilizan solventes orgánicos, también llamados *Organosolv*, que aíslan ligninas sin presencia de azufre y con una estructura más cercana a la lignina nativa. Cabe destacar que el rendimiento, la pureza y la estructura final obtenida son influidos por el tipo de método de extracción, el disolvente, la temperatura y el tiempo de proceso.

Efectos de las condiciones de extracción en las propiedades de la lignina

“La lignina extraída de la biomasa lignocelulósica debe presentar tres características principales: preservar su estructura, estar libre de agentes contaminantes y poder ser cuantificada. Por ello, diversos factores como la temperatura, el tiempo, el pH y la presión de



extracción influyen en la pureza y el rendimiento de la lignina resultante.” (Lobato-Peralta, y otros, 2021).

- Influencia de la temperatura: “La lignina es un biopolímero que empieza a descomponerse a una temperatura de 200-275°C y termina a unos 400°C” (Lobato-Peralta, y otros, 2021). Este rango de temperatura de degradación varía en base a la naturaleza del recurso lignocelulósico, la humedad y el método de aislamiento utilizado. Sin embargo, puede establecerse que el grado de deslignificación obtenido aumenta al trabajar a mayores temperaturas, debido a la solubilización de la lignina.
- Influencia del tiempo de residencia: El tiempo de residencia requerido es un parámetro definitorio al analizar los métodos de extracción. Generalmente, un aumento del tiempo de residencia mejora la degradación de la matriz lignocelulósica, y por consecuencia, se logra una mayor deslignificación. Sin embargo, un tiempo de residencia demasiado extenso produce la condensación e hidrólisis de los carbohidratos, lo que disminuye la pureza del producto obtenido. Debe tenerse en cuenta que el tiempo de residencia está intrínsecamente relacionado con la temperatura de operación: procesos de extracción a mayores temperaturas requerirán un menor tiempo para llegar al grado de deslignificación deseado.
- Influencia del pH: Los cambios bruscos de pH durante los procesos de deslignificación impactan en la estructura química de la matriz y promueven la formación de enlaces inestables, que se propagan por las reacciones de condensación, lo cual afecta el nivel de despolimerización obtenido y provoca la eliminación de agua.
- Influencia de la presión: Una forma de optimizar la deslignificación es mediante una combinación de alta temperatura y presión. Esto conlleva a una disminución en el uso de reactivos en el proceso, debido a que se facilitan las interacciones intermoleculares. Estudios realizados por (Lobato-Peralta, y otros, 2021) muestran que la extracción de lignina puede realizarse desde presión atmosférica hasta 1 MPa (10 atm).

Procesos de deslignificación

A continuación, se detallan los procesos de deslignificación más utilizados:

Ligninas con azufre

- Proceso Kraft: Es también conocido como proceso sulfato, es uno de los principales métodos de producción de pulpa y papel, donde se obtiene como subproducto la lignina (Chio, Sain, & Qin, 2019). El mismo consiste en separar



las fibras de celulosa mediante un proceso alcalino que genera la disolución de la lignina (Mues, Rolón, & Rodríguez, 2016).

El proceso puede dividirse en tres etapas:

- Etapa inicial: la materia prima lignocelulósica es tratada con una solución conocida como “licor blanco” compuesta por hidróxido de sodio (NaOH) e hidrosulfuro de sodio (Na₂S) a 150°C.
- Etapa intermedia: se realiza a temperaturas entre 150-170°C ya que la mayoría de los carbohidratos se desprenden de la lignina, logrando una separación del 70% a partir de los 80 minutos.
- Etapa final: se produce una deslignificación del 90% manteniendo la temperatura constante con respecto a la etapa anterior. El producto obtenido se denomina “licor negro”, que no es más que el licor blanco enriquecido en su mayor parte con lignina y otros compuestos.

Actualmente, la principal aplicación de la lignina Kraft es como combustible para la producción de energía. Esta lignina es hidrofóbica y no es un componente químico activo a menos que se lo modifique para mejorar su reactividad (Chio, Sain, & Qin, 2019).

Existen dos sistemas o estrategias comunes para la extracción de lignina Kraft: sistemas discontinuos y continuos. El sistema discontinuo consiste principalmente en una serie de digestores alimentados con el material lignocelulósico, los cuales intercambian licores con una serie de tanques. A partir de éstos, se obtiene por una parte la pulpa y por otro los licores, que son enviados a un tanque de descarga. En el caso de un sistema continuo, diversos autores plantean alternativas para la obtención de lignina Kraft industrial. Generalmente, se basan en la introducción del material lignocelulósico al digestor a través del licor, y luego se llevan a cabo los procesos de impregnación, cocción, lavado y descarga. Para separar la lignina Kraft del licor negro después de la extracción, se suele utilizar la precipitación seguida de un proceso de filtración, o bien, una ultrafiltración en donde no es necesario modificar la temperatura ni el pH.

- Proceso con sulfito: Dicho proceso implica reacciones entre una sal metálica de sulfito y dióxido de azufre (SO₂), utilizándose generalmente sulfito de calcio (CaSO₃) o sulfito de magnesio (MgSO₃) como componente principal. Este método se basa en una serie de reacciones simultáneas que incluyen sulfonación, hidrólisis y condensación. Durante la primera etapa, la cual se lleva a cabo a baja temperatura y pH (1-2), la lignina se disuelve en el licor de cocción



y se hidrolizan los enlaces entre la lignina y los carbohidratos. Al mismo tiempo, otros enlaces se ligan conformando enlaces carbono-carbono altamente estables, lo que impacta al proceso de deslignificación negativamente. Los parámetros estándar para este proceso son: temperaturas entre 125-150°C y un tiempo de reacción de 3-7 horas.

Las ligninas producidas por este procedimiento se conocen como lignosulfonatos. Presentan buenas propiedades hidrófilas debido a los grupos funcionales de su estructura, como grupos carboxílicos, hidroxilos, fenólicos y grupos que contienen azufre.

Ligninas sin azufre

- Proceso Soda: El proceso a la soda es utilizado para extraer lignina de precursores distintos a la madera, como plantas anuales y bagazo. Este método consiste en la hidrólisis alcalina que utiliza como reactivo el hidróxido de sodio (NaOH) con una concentración de 13-16 %v/p (Lobato-Peralta, y otros, 2021). Se lleva a cabo en un rango de temperaturas entre 140-170°C en reactores presurizados, lo que permite la ruptura de enlaces. Para recuperar la lignina tras la extracción con sosa, se utilizan procesos de centrifugación o filtración, aunque también es posible recuperarla por medio de una precipitación, con la dificultad que la sílice in situ podría precipitarse junto con la lignina.

La principal ventaja de los métodos sin azufre es que la composición y estructura de la lignina obtenida se conservan como las de la lignina presentes en la naturaleza. La lignina de sosa tiene varias aplicaciones potenciales, especialmente para la producción de resinas fenólicas, dispersantes y alimentación animal.

- Proceso Organosolv: El proceso Organosolv, también conocido como pulpeo con disolventes, se caracteriza por conseguir la separación de los componentes de la matriz lignocelulósica utilizando disolventes orgánicos y combinaciones con ácidos y/o bases. Por lo general, se lleva a cabo en un rango de temperaturas entre 130-200°C donde se logra la solubilización de la lignina. Este procedimiento usualmente utiliza como reactivo una combinación de etanol y agua, aunque pueden utilizarse otros disolventes orgánicos como metanol, metil-isobutil-cetona, acetona, ácido fórmico, etc.

El proceso Organosolv tiene la particularidad de producir ligninas de alta pureza mientras que es capaz de mantener la mayor parte del residuo de celulosa sin que sea degradado (Chio, Sain, & Qin, 2019). Esto es debido a que se



conservan gran parte de los enlaces β -O-4 internos entre sus unidades, provenientes de la estructura original. Además, presenta otras ventajas como bajo contenido en cenizas y nulo contenido de azufre lo que la hace ideal para la producción de biomateriales, la industria farmacéutica, la producción de barnices, pinturas y adhesivos, entre otras; y la posibilidad de recuperar el disolvente orgánico mediante métodos de destilación. (Lobato-Peralta, y otros, 2021).

Otros procesos

Existen otras técnicas de extracción de lignina que no son comúnmente utilizadas y que se detallan brevemente a continuación:

- Explosión de vapor: tratamiento térmico en el cual el material lignocelulósico se somete a vapor a alta presión y alta temperatura, donde se produce una autohidrólisis en los poros de la biomasa seguida de una descompresión explosiva. Generalmente, el proceso se lleva a cabo a 180-250°C durante uno o dos minutos para alcanzar una presión final de 4-7 MPa. La eficacia de este proceso depende de las condiciones del vapor, la naturaleza del material y las características del tanque de explosión. Este método es utilizado en la producción de bioetanol y en la valorización de azúcares debido a las condiciones de baja severidad. Tienen como ventajas su bajo consumo de energía y el bajo costo e impactos medioambientales.
- Disolventes eutécticos profundos (DES): consisten en una mezcla de disolventes que son ácidos de Lewis o de Brønsted con diferentes configuraciones anión/catión, lo que confiere propiedades que permiten reducir los puntos de fusión (50°C aproximadamente). El DES combina en su estructura un donante de enlaces de hidrógeno (HBD) y un aceptor (HBA). Teniendo en cuenta el impacto medioambiental, presenta propiedades como baja volatilidad, alta estabilidad térmica y biodegradabilidad. Generalmente, se utiliza HBA: poliol y HBA: ácido carboxílico.
- Líquidos iónicos (LI): suelen utilizarse disolventes ecológicos, ya que actúan reduciendo la rigidez de la lignina lo que mejora la disolución de la misma. Los LIs pueden estar constituidos por aniones inorgánicos y cationes orgánicos, los cuales tienen un punto de fusión entre la temperatura ambiente y 100°C. Si bien este método posee algunas ventajas, su utilización presenta desafíos como su costo y alta toxicidad asociada.



6.1.2. Selección del tratamiento

La descripción de los cuatro procesos tradicionales para la obtención lignina permite distinguir al método Organosolv como el óptimo. Se destaca su selección por sobre los demás debido a la alta pureza de la lignina final obtenida y la posibilidad de obtener como coproducto una gran parte de la celulosa sin ser degradada, lo que permite su comercialización. Además, las condiciones de operación (temperatura, presiones y tiempos de reacción) presentan gran flexibilidad, permitiendo modificaciones en función de las características de la materia lignocelulósica o de las propiedades deseadas en el producto. Por otro lado, los reactivos e insumos utilizados en el proceso pueden ser recuperados logrando así la disminución de la cantidad de material fresco requerido.

6.2. Producción del bioplástico

La principal virtud de los polímeros biobasados es que pueden ser producidos masivamente con la tecnología estándar utilizada para la fabricación de polímeros sintéticos. Los cuatro polímeros de mayor importancia son: ácido poliláctico (PLA), bio-polietileno (bio-PE), almidones termoplásticos (TPS) y resinas epoxi biobasadas.

“El TPS es un material que se obtiene por la disrupción o modificación estructural que se da dentro del gránulo de almidón cuando éste es procesado con un bajo contenido de agua y por la acción de fuerzas térmicas y mecánicas en presencia de plastificantes que no se evaporan fácilmente durante el procesamiento” (Villada, Acosta, & Velasco, 2008).

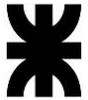
Existen dos tipos de equipos típicos: los de transformación, que incluyen mezcladores, molinos y extrusoras; y los equipos reductores de tamaño, entre ellos: picadores, granuladores y peletizadoras.

Dentro de los procesos para la obtención de plásticos se encuentran: moldeo por inyección, moldeo por compresión, extrusión, fundición, termoformado, entre otros. A continuación, se describen brevemente los métodos principales para la obtención de bioplásticos:

6.2.1. Extrusión

Esta tecnología de procesamiento se utiliza ampliamente para la preparación de almidones plastificados, mezclas de almidones termoplásticos y compuestos relacionados, debido a su habilidad para soportar grandes viscosidades y su gran flexibilidad operativa (Surendren, Mohanty, Liuc, & Misra, 2022).

Para la obtención de los TPS se suele utilizar un proceso de extrusión en dos pasos: en la primera extrusión se realiza la plastificación del almidón en presencia de plastificantes; mientras que, en la segunda etapa se agrega un polímero rígido o fibras para desarrollar el TPS propiamente dicho (Figura 6-2 A).



En la plastificación del almidón se introduce la materia prima junto con los plastificantes en una tolva hacia un tornillo sinfín, donde se los somete a un mezclado en presencia de altas temperaturas y esfuerzos de corte. La presencia de agua y el plastificante actúan fragmentando el almidón, lo que permite su fusión y fluidez.

Una vez obtenido el TPS, la mezcla puede ser extruida de la matriz y moldeada dependiendo de la aplicación final a la que se va a destinar, pudiendo obtenerse productos con formas deseadas o películas.

6.2.2. Moldeo por compresión

En este método, el almidón es plastificado mediante un calentamiento a elevada temperatura y presión con bajo contenido de humedad y cortos tiempos de permanencia (Surendren, Mohanty, Liuc, & Misra, 2022).

Por este medio, se obtienen productos con formas diversas que pueden utilizarse como envases para packaging y láminas o películas (Figura 6-2 B). Diversos estudios realizados, aseguran que la composición del TPS y las condiciones de procesamiento afectan las propiedades estructurales de los productos obtenidos.

6.2.3. Fundición

Este proceso consta de tres etapas principales: plastificación, fundición y secado (Figura 6-2 C). En la primera etapa se realiza una mezcla del almidón con los plastificantes, donde la temperatura de procesamiento y el tiempo de plastificación quedan determinados por la naturaleza de los componentes reactivos. En la fundición, se utiliza agua caliente para hidratar la mezcla, lo que resulta en la formación de una película. Finalmente, durante el secado y el almacenamiento de las láminas se deben controlar las condiciones de humedad y temperatura ya que determinan la cristalinidad final.

6.2.4. Selección del método

Para la fabricación del polímero biobasado, se opta por la extrusión como método óptimo debido a que es la técnica de procesamiento de plástico más antigua, presenta gran flexibilidad y rentabilidad de operación, permite obtener un producto homogéneo y, además, los equipos para su realización suelen contener peletizadoras integradas, lo cual evita la necesidad de otro equipo para la obtención del producto final.

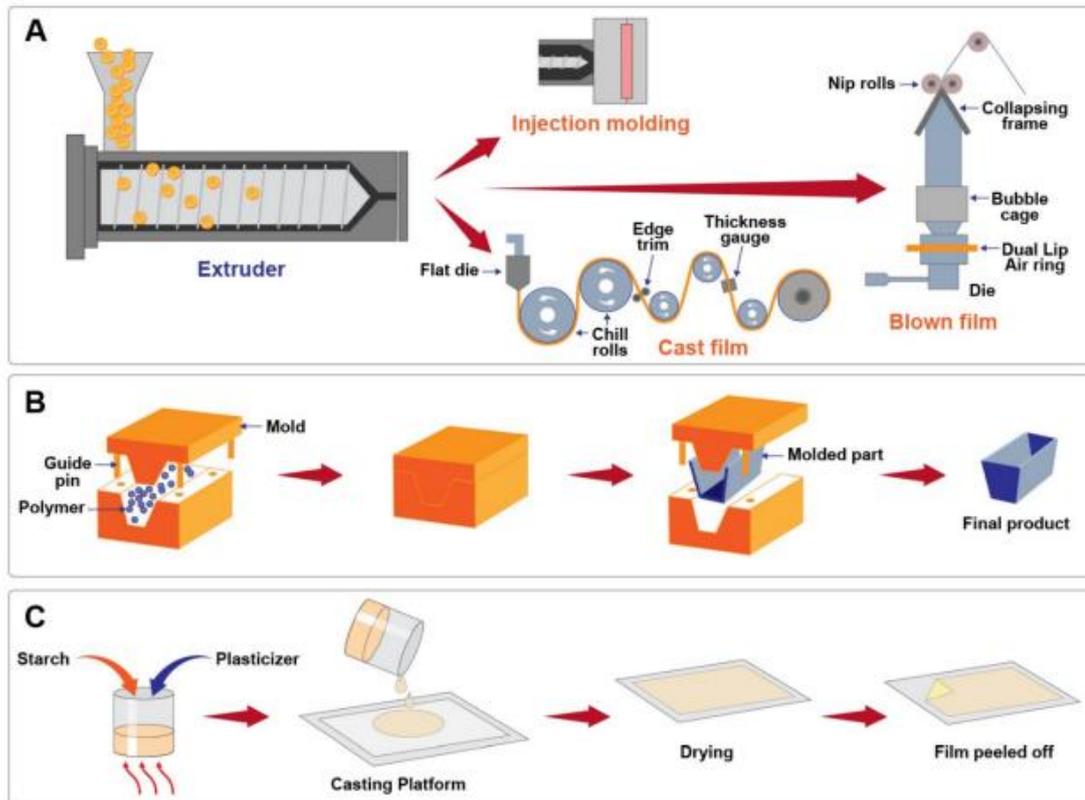


Figura 6-2: Métodos de producción de plásticos.

Fuente: A review of biodegradable thermoplastic starches, their blends and composites: recent developments and opportunities for single-use plastic packaging alternatives.

6.3. Descripción del proceso

El proceso para la obtención del bioplástico comprende entonces una etapa de formación del mismo y otra etapa donde se obtiene su principal materia prima, la lignina. A continuación, se procede a la explicación detallada del proceso a realizar.

Almacenamiento y acondicionamiento de las materias primas

Las materias primas e insumos se almacenan en tanques correspondientes a condiciones normales de presión y temperatura, a excepción del nitrógeno que se almacena presurizado y en estado líquido. En cuanto a la cáscara de maní, es almacenada en silos para su acondicionamiento previo a su tratamiento para la obtención de la lignina. Se abastece con las mismas, los distintos lugares de la planta con los medios necesarios como bombas, ventiladores, compresores, cintas transportadoras, entre otros.

6.3.1. Obtención de la lignina

Molienda y tamizado

La cáscara de maní procedente de los silos de almacenamiento es llevada mediante máquinas transportadoras hasta el sector de molienda. Allí, en primera instancia, se limpia de impurezas la corriente mediante el uso de un imán y un cernidor, luego esta es pesada con una balanza para determinar el caudal másico a moler y, finalmente, es triturada hasta un



tamaño de sólidos de 0,5 mm o menor. El uso de otro cernidor al final de línea permite clasificar y retornar aquellos sólidos de mayor tamaño.

El objetivo de esta primera etapa es aumentar la superficie específica de la cáscara de maní para mejorar el contacto entre la matriz lignocelulósica y los reactivos correspondientes.

Deslignificación

La deslignificación comprende una serie de etapas sucesivas, entre las que se encuentran: la reacción de despolimerización, la separación y obtención de los diversos componentes que conforman la matriz biomásica, y la recuperación del solvente.

Proceso Organosolv

La harina de cáscara de maní proveniente de los molinos es mezclada y precalentada con una solución de agua-etanol, denominada “solvente”, y con ácido sulfúrico que actúa como catalizador de la reacción. La mezcla es introducida en un reactor donde se alcanzan las condiciones de operación para que comience el proceso de deslignificación. Para la cáscara de maní estas condiciones son: una temperatura de reacción de 170°C, una presión de 16 atmósferas para mantener los reactivos en estado líquido, y un tiempo de residencia del material de 60 minutos.

El objetivo de esta etapa es separar la lignina de los demás componentes de la matriz lignocelulósica. Como resultado de la degradación se obtiene por un lado una pulpa en estado sólido enriquecida en celulosa, y por el otro, la solubilización de la lignina junto con azúcares, ácido acético, furfural e hidroximetilfurfural (HMF), productos provenientes de la degradación de la hemicelulosa.

Finalizada la reacción, el reactor es despresurizado hasta cinco atmósferas, presión a la cual se evita la vaporización de grandes cantidades de etanol, componente responsable de impedir que la lignina precipite y de mantenerla solubilizada. El producto de reacción es llevado a un tanque pulmón para asegurar la continuidad del proceso. Los gases liberados de la despresurización, entre ellos nitrógeno (empleado para aumentar la presión en el reactor) y solvente vaporizado, son llevados a un condensador parcial y posteriormente a una torre lavadora de gases con la finalidad de recuperar el etanol vaporizado y ventear los incondensables sin pérdida significativa de solvente.

Centrifugación

La corriente proveniente del tanque pulmón, compuesta de una fase líquida y una pasta sólida, es alimentada a un separador de tipo centrífugo con el objetivo de separar dichas fases. Se obtienen así dos corrientes: una compuesta mayoritariamente por pasta de celulosa, denominada “pulpa”, y otra denominada “*black liquor*”, compuesta por el solvente y los productos solubilizados.



La pasta de celulosa es llevada a dos etapas sucesivas de lavado. La primera se realiza utilizando solvente en una relación 2:1 con respecto a los sólidos, con el objetivo de recuperar restos de lignina que hayan quedado retenidos en la humedad de la pasta sólida. Las corrientes obtenidas presentan una temperatura final de 85°C. El segundo lavado utiliza solamente agua, también en una proporción 2:1 con respecto a los sólidos de la corriente, para recuperar el solvente presente en la pasta de celulosa. En este caso, las corrientes abandonan el equipo a 50°C.

La pasta de celulosa obtenida es almacenada para luego ser comercializada como subproducto, mientras que, el *black liquor* es llevado a una posterior etapa para aislar la lignina.

Precipitación y separación de la lignina

La corriente líquida obtenida de la separación centrífuga es llevada a una unidad *flash* donde se despresuriza nuevamente para lograr corrientes a presión atmosférica. De esta manera, se obtienen: una fase gaseosa, compuesta principalmente de etanol-agua, que ingresa posteriormente al sistema de recuperación de solvente; y una fase líquida, que es llevada a un equipo de precipitación. En el mismo, ingresan además las dos corrientes líquidas provenientes de los lavados de la pasta de celulosa.

Para lograr la precipitación de la lignina, se adiciona agua recuperada de una parte posterior del proceso en una relación de 2:1 con respecto a la corriente que ya se encuentra dentro del equipo, a fin de eliminar el etanol presente, el cual es responsable de mantener la lignina solubilizada. El cambio de temperatura, así como la dilución del etanol, producen la precipitación de esta.

El precipitado, que consiste en lignina con aproximadamente un 30% de humedad, es utilizado para la producción del polímero biodegradable.

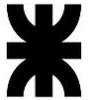
La corriente clarificada es llevada a un tanque de neutralización, en donde se adiciona amoníaco en proporciones estequiométricas para lograr la neutralización del ácido producido por la reacción de despolimerización y el utilizado como catalizador de la misma, es decir, del ácido acético y el ácido sulfúrico respectivamente. Esta reacción tiene como producto sales de amonio: acetato de amonio y sulfato de amonio.

La corriente que sale del neutralizador ingresa a la etapa de recuperación del solvente.

Recuperación de solvente

Tiene como objetivo recobrar la mayor cantidad de etanol y agua posible para ser reutilizadas nuevamente en el proceso. Para ello, se llevan a cabo una serie de evaporaciones y destilaciones.

La corriente neutralizada es ingresada en un evaporador de tres efectos, en funcionamiento a cocorriente, donde se utiliza vapor de caldera para calefaccionar el primer



efecto. A la salida del último evaporador, se obtiene una corriente de sólidos concentrada al 24% en peso, la cual contiene los azúcares provenientes de la degradación de la hemicelulosa y la celulosa, y las sales de amonio obtenidas como producto de la neutralización.

La corriente de vapor que se origina en el primer efecto se utiliza para calefaccionar el segundo efecto y, una vez condensada, es dirigida a la primera torre de destilación. La corriente evaporada del segundo efecto, calefacciona el tercer efecto y luego es llevada a una unidad *flash*, cuyo objetivo es recuperar agua con un bajo contenido de etanol para ser retornada al proceso. De este equipo se obtiene además una corriente de vapor más concentrada en etanol que es ingresada, junto con el vapor obtenido del tercer efecto, por el fondo de la primera columna de destilación con el objetivo de entregar el calor necesario para el funcionamiento de la misma.

La finalidad de la primera torre de destilación es separar la mayor cantidad de agua posible por el fondo, la cual es, posteriormente, recirculada al proceso como parte del agua necesaria para la precipitación de la lignina.

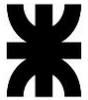
El destilado proveniente de la primera columna es ingresado a la segunda en forma de vapor por el fondo. En esta segunda torre se extrae por cabeza la mayor concentración posible de etanol-agua. Además, se busca separar, mediante una purga de un plato intermedio, al furfural, que se presenta como un subproducto no deseado de la reacción de deslignificación, evitando así su acumulación en el sistema. Esta purga es llevada a tratamiento de efluentes para su correcta disposición final.

El fondo de la torre tiene todavía un porcentaje alto de etanol que puede ser recuperado y es por eso que se manda a una tercera torre de destilación. Por el fondo de esta columna se obtiene agua que se retorna al proceso.

De esta manera, se obtienen dos corrientes enriquecidas en etanol, a saber, los destilados de la segunda y de la tercera columna; y tres corrientes de agua (la fase líquida obtenida en la unidad *flash* a la salida del segundo evaporador y los fondos de la primera y de la tercera columna) que son enviadas a un tanque de agua recuperada, donde se dividen en tres: una fracción es utilizada para la precipitación de la lignina, otra es utilizada en la sección de obtención del polímero y la última es enviada a tratamiento de efluentes.

A su vez, se tienen otras tres corrientes de solvente recuperado:

- Una corriente de vapor obtenida del *flash* del *black liquor*, que es utilizada para precalentar el agua que ingresa al segundo lavador de pulpa, y luego es condensada en un intercambiador de calor para su retorno al tanque de solvente.
- Una corriente líquida obtenida de la condensación parcial de los vapores generados en la despresurización del reactor.



- Una corriente líquida que se obtiene del lavado de los gases provenientes del condensador parcial.

Estas corrientes, junto con las obtenidas en las torres de destilación, son enviadas al tanque de solvente, el cual es utilizado para alimentar el reactor y el primer lavador de pulpa y cuya concentración y temperatura son rectificadas mediante la adición de etanol y agua nueva, y mediante el uso de un intercambiador de calor a la salida.

6.3.2. Obtención del polímero biodegradable

Pretratamiento del almidón modificado

Se hidrata el almidón modificado con agua, produciendo la hinchazón de los gránulos del almidón, y consecuentemente, una ruptura entre los enlaces de la cadena de hidrógenos. Es importante recordar que el agua cumple también la función de plastificante en cuanto a la conformación del polímero.

Extrusión y pelletizado

En un tanque agitado, se ingresan las distintas materias primas en las proporciones establecidas en el Capítulo 2, para garantizar su correcto mezclado previo a ser llevadas al equipo de extrusión y pelletizado.

El proceso se lleva a cabo a altas temperaturas y en presencia de altas fuerzas de cizalla. La patente del producto (Estados Unidos Patente nº US6406530, 2002) establece un rango de temperaturas óptimas para el procesamiento entre 60 y 200°C, a fin de evitar decoloraciones innecesarias o descomposiciones de los componentes de la mezcla. A su vez, establece un rango preferible de torque entre 20 y 40 Nm (Newton * metro).

La descarga de la máquina consiste en hilos del polímero formado, que son enfriados, secados e ingresados a la sección pelletizadora, donde se le brinda la forma final al polímero.

6.4. Diagrama de flujo general

A continuación, se adjunta en la Figura 6-3 el diagrama de flujo global para la obtención del polímero biobasado y biodegradable.

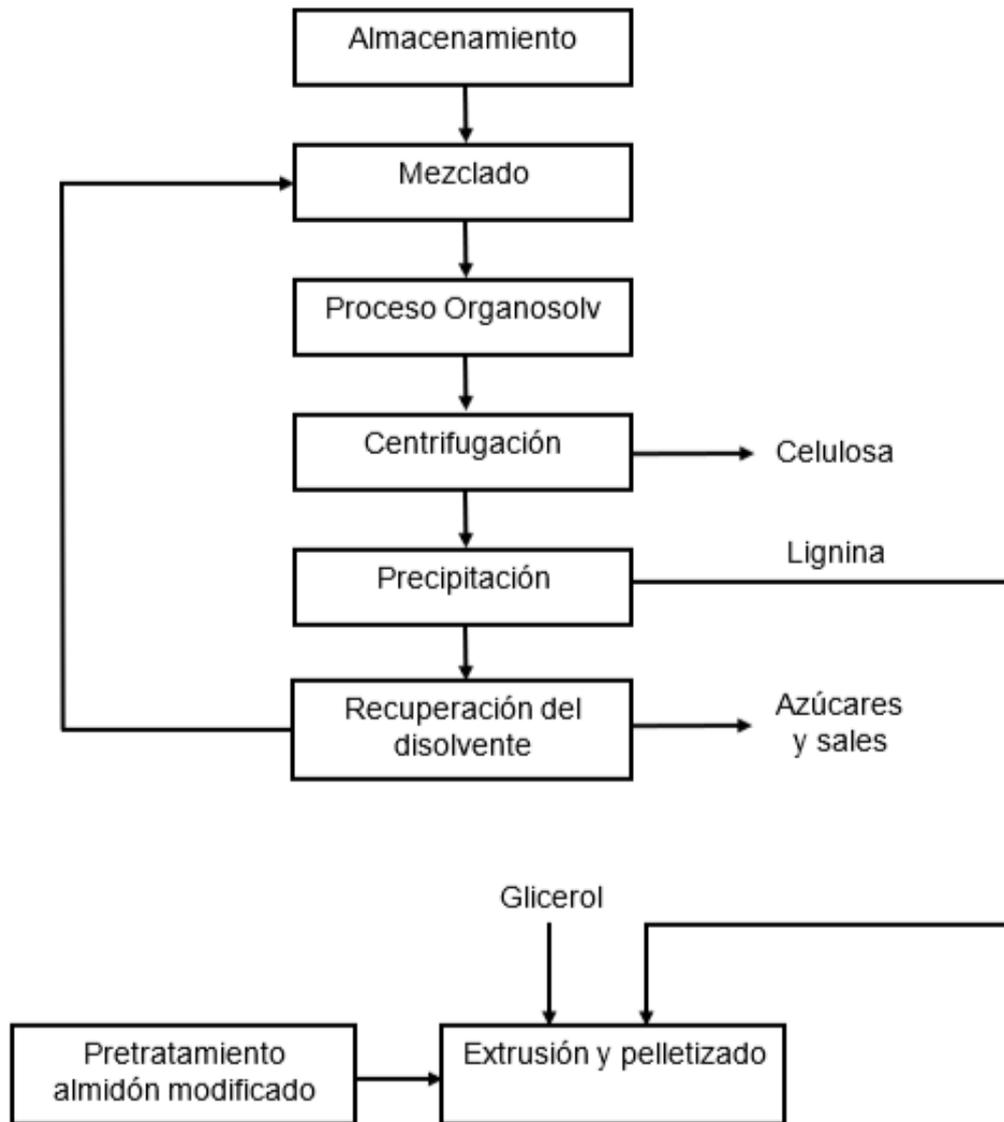


Figura 6-3: Diagrama de flujo simplificado.
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 7

BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA



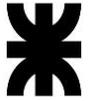
7. BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

El contenido de este capítulo se debe consultar a los autores a los siguientes correos electrónicos:

- joaquin.aquistapace@gmail.com
- eugenia.mlerda@gmail.com
- eugeniaperezll96@gmail.com

CAPÍTULO 8

DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS



8. DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS

El contenido de este capítulo se debe consultar a los autores a los siguientes correos electrónicos:

- joaquin.aquistapace@gmail.com
- eugenia.mlerda@gmail.com
- eugeniaperezll96@gmail.com

CAPÍTULO 9

SERVICIOS AUXILIARES



9. SERVICIOS AUXILIARES

Para garantizar el correcto desarrollo del proceso productivo, los servicios auxiliares son imprescindibles, ya que son los encargados de hacer posible el funcionamiento de muchos de los equipos necesarios para el éxito del proceso.

Para la producción del polímero biodegradable, es necesario contar con los siguientes servicios: vapor de agua, gas natural, agua, sistema de vacío, sistema de refrigerante, aire comprimido y una red de suministro eléctrico. Los cálculos para la estimación de estos se basan en los balances y diseños realizados en los Capítulos 7 y 8.

9.1. Consumo de vapor y de gas natural

La utilización de vapor es clave para el funcionamiento del intercambiador de calor *E-001*, para el evaporador *V-401* y para el rehedidor *E-505*. Además, se requiere del uso de vapor vivo para calefaccionar, presurizar y aportar el agua faltante en los reactores *RT-101*, *RT-102* y *RT-103*.

El caudal de vapor demandado por cada equipo y la presión de trabajo de éste se detallan en la siguiente tabla (Tabla 9-1), considerando una marcha de 24 horas diarias:

Tabla 9-1: Consumo de vapor requerido por el proceso.

Equipo	Presión (atm)	Consumo horario (kg/h)	Consumo diario (kg/día)
E-001	2	755,52	18.132,48
RT-101 RT-102 RT-103	16	2.061,00	49.464,00
V-401	2	20.000,00	480.000,00
E-505	2	2.828,70	67.888,80
Consumo total	-	25.645,22	615.485,28

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que los requerimientos de presión varían ampliamente entre los reactores y los demás equipos, se decide emplear dos calderas, una de media y una de baja. Las calderas de media presión, habitualmente, generan vapores saturados de hasta 20 atmósferas y 212,38°C. En cambio, las calderas de baja presión suelen generar vapores saturados de hasta 3,50 atmósferas y 138,86°C.

Se estima un 0,5% de pérdida de agua en cada caldera, la cual se obtiene del pozo de agua y, una vez tratada, se repone en éstas. A su vez, el caudal de vapor que ingresa en los reactores no retorna en la caldera y, por tanto, debe reponerse.



9.1.1. Adopción de las calderas

A partir de la información detallada anteriormente sobre el consumo de vapor requerido, se adoptan las siguientes calderas del proveedor *Industrias Tecnológicas Argentinas S.A.*

La caldera de media presión (Tabla 9-2) presenta la particularidad de un bajo riesgo de explosión, debido al bajo contenido de agua, lo cual permite la instalación cerca de la utilización del vapor. Además, presenta menor costo de instalación y mantenimiento que otros tipos de calderas.

Tabla 9-2: Características de la caldera de media presión adoptada.

Fabricante	Industrias Tecnológicas Argentinas S.A.
Modelo	Vaporax VP-2000
Tipo	Generador de vapor
Fluido	Vapor saturado – media presión
Producción	De 100 a 3.500 kg/h
Presión de diseño	Hasta 25 atm
Combustible	Líquidos o gaseosos

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por Industrias Tecnológicas Argentinas S.A.

La caldera de baja presión se encuentra totalmente automatizada, contando con equipo de control para su correcto funcionamiento y puesta en marcha. Cuenta con un quemador automático *on-off*, apto para gas natural o GLP. A continuación, se detallan sus características (Tabla 9-3):

Tabla 9-3: Características de la caldera de baja presión adoptada.

Fabricante	Industrias Tecnológicas Argentinas S.A.
Modelo	Vaporax Geysler
Tipo	Caldera Humotubular de baja presión con disposición vertical
Fluido	Vapor saturado – baja presión
Producción	De 30.000 a 180.000 kg/h
Presión de diseño	De 1 a 3 atm
Combustible	Gas natural o GLP

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por Industrias Tecnológicas Argentinas S.A.

Para el sistema de calderas es necesario el uso de trampas de vapor, las cuales son un tipo de válvula automática utilizada para filtrar gases incondensables o condensado de una línea, sin dejar escapar al vapor de esta.



Las trampas de vapor se dividen de acuerdo a su principio de funcionamiento, pudiendo diferenciarse en tres grupos principales:

- Termodinámica: diferencia la velocidad entre el vapor y el condensado.
- Mecánica: diferencia la densidad entre el vapor y el condensado.
- Termostática: diferencia la temperatura entre el vapor y el condensado.

La finalidad de la instalación de éstas es evitar que la sección transversal de las tuberías se llene de condensado y generen problemas posteriores. Para esto, generalmente, se suelen ubicar según los parámetros descritos a continuación:

- En la parte inferior de subidas o bajadas verticales.
- Antes de válvulas manuales que permanecen cerradas por largos períodos de tiempo.
- Antes de válvulas de control o reductores de presión.
- Cada 30-50 metros de cañería recta.

9.1.2. Tratamiento de agua de caldera

“El agua tiene un amplio uso en la industria, pero cuando se utiliza para generar vapor, se exige agua muy pura, ya que las impurezas pueden afectar el funcionamiento de la caldera. Se pueden generar incrustaciones si el agua posee sales de Ca o Mg, lo que dificulta la transmisión de calor y provoca un aumento en el uso de combustible. También puede producirse la corrosión de la caldera por la presencia de gases disueltos. Por lo tanto, debe contarse con un sistema de tratamiento de aguas” (Combale, 2020).

En Villa María, la dureza promedio del agua es de 17,30 °F (franceses), por lo que se adopta un ablandador de agua modelo ADM-25 de la empresa *Industrias Tecnológicas Argentinas S.A.*

9.1.3. Diagrama de abastecimiento de vapor

En la Figura 9-1, se observa el diagrama de distribución de vapor correspondiente a la planta de obtención del polímero biodegradable.

9.1.4. Gas natural

Este servicio es utilizado en la planta de obtención del polímero biodegradable principalmente como combustible para las calderas y, en menor medida, para uso general en el sector de oficinas, laboratorios, baños, cocinas, entre otros lugares administrativos.

En el Parque Industrial Logístico y Tecnológica (PILT) de Villa María, el suministro de este recurso está a cargo de la empresa ECOGAS – Distribuidora de Gas del Centro S.A.

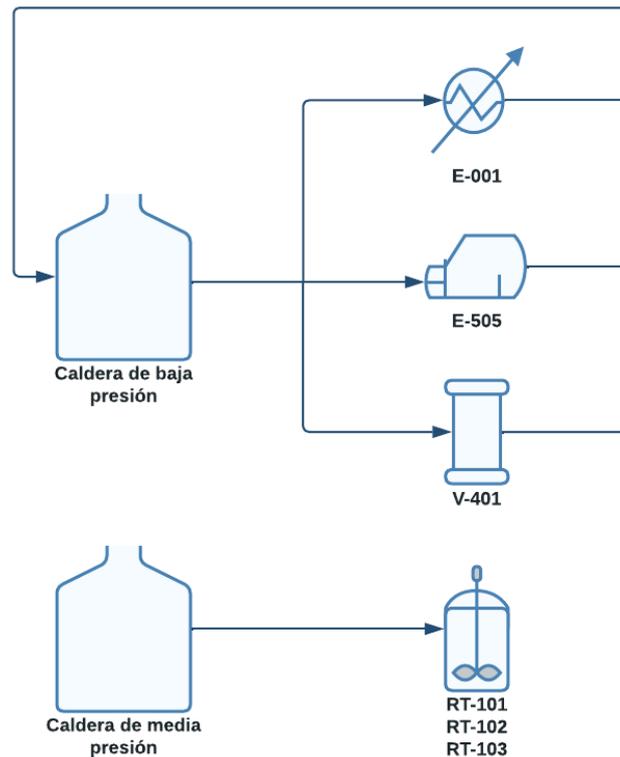


Figura 9-1: Abastecimiento de vapor.
Fuente: Elaboración propia.

9.1.5. Consumo de gas natural

Para el cálculo del consumo de gas necesario por las calderas para llevar las corrientes de ingreso a las condiciones requeridas por el proceso, se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_g = \frac{Q_c}{P_c * \eta}$$

Donde:

- C_g es el consumo de gas natural en m^3/h .
- Q_c es el calor demandado por la caldera en kJ/h .
- P_c es el poder calorífico del gas, que es considerado $41.868 \text{ kJ}/m^3$.
- η es el rendimiento del gas, que se considera 0,85.

Para la caldera de media presión, se requiere una energía de $5,25 \cdot 10^6 \text{ kJ}/h$ para generar $2.164 \text{ kg}/h$ de vapor. Esto se logra mediante el empleo de $147,41 \text{ m}^3/h$ de gas natural. Por otro lado, para la caldera de baja presión, la energía necesaria es de $5,81 \cdot 10^7 \text{ kJ}/h$ para la producción de $24.763,43 \text{ kg}/h$ de vapor, lo cual se alcanza utilizando $1.633,68 \text{ m}^3/h$ de gas natural. Así mismo, se debe considerar el consumo requerido para los usos generales de la planta, el cual se estima en un 1% del requerido por las calderas.

Por lo tanto, se requieren $1.800 \text{ m}^3/h$ de gas natural en la planta.



9.2. Consumo de agua

Este servicio es utilizado para el consumo administrativo, que incluye el abastecimiento en oficinas, baños, vestuarios, laboratorios, cocina y comedor; para reponer el agua necesaria para las calderas; para la limpieza CIP (*cleaning in place*), que garantiza la correcta limpieza de los reactores; y para el funcionamiento de la torre de enfriamiento, que se encarga de proveer el agua fría necesaria en los equipos de intercambio de calor correspondientes. Además, para el proceso es necesario rellenar el tanque *TK-012*, encargado del abastecimiento del agua fresca en el tanque de solventes *TK-001*, del agua necesaria en el lavador de sólidos *WS-202* y del agua utilizada en la torre lavadora de gases *TW-501*.

En el Parque Industrial Logístico y Tecnológico (PILT) de Villa María, el agua proviene de perforaciones subterráneas, que cuentan con equipos de bombeo e impulsión que distribuyen la misma por el parque, permitiendo entonces la disponibilidad de agua de red potable en las instalaciones.

Para el cálculo del agua necesaria por día se estima un consumo general en base a la cantidad de empleados de 3,60 m³/día. Además, se considera la reposición del agua necesaria en la torre de enfriamiento como 1% de su caudal y se tienen en cuenta la reposición de agua para las calderas y para la limpieza CIP. En la Tabla 9-4 se detallan estos consumos.

Tabla 9-4: Consumo diario de agua.

Etapas	Consumo diario en m³
TK-012	99,00
Consumo general	3,60
Reposición de calderas	80,26
Reposición de torres de enfriamiento	126,88
Reposición limpieza CIP	60,42
Consumo total	370,16

Fuente: Elaboración propia.

9.2.1. Adopción de la torre de enfriamiento

El agua necesaria para la refrigeración de los condensadores de las columnas de destilación (*E-502*, *E-503* y *E-504*) y para el sistema de enchaquetado de los reactores, se retorna, mediante un sistema cerrado, a una torre que se encarga de enfriarla para poder ser reutilizada.

La demanda horaria de cada equipo se detalla en la Tabla 9-5.

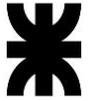


Tabla 9-5: Descripción de la demanda de agua de enfriamiento de los equipos conectados a la torre de enfriamiento.

Equipo	Demanda horaria en m ³
E-502	323,41
E-503	589,14
E-504	134,43
Enchquetado	10,36
Demanda total	1.057,34

Fuente: Elaboración propia.

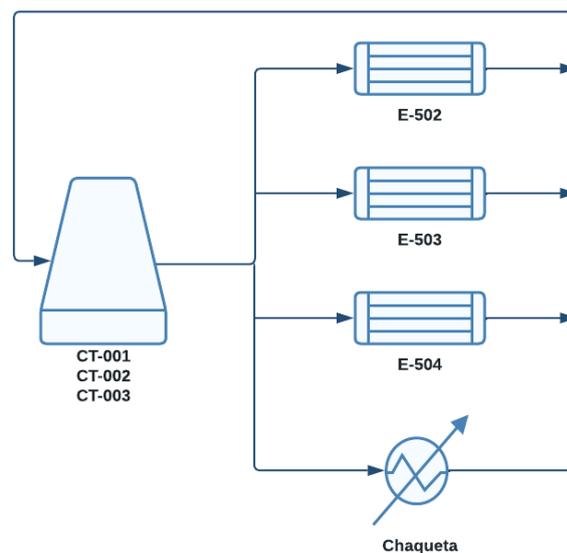
Se selecciona la empresa SINAX como proveedora optando por tres torres de refrigeración de circuito abierto, tipo modulares, con pileta de recolección de agua en PRFV. En la Tabla 9-6 se detallan las características de éstas.

Tabla 9-6: Características de las torres de enfriamiento adoptadas.

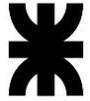
Denominación	Modelo	Caudal máximo (m ³ /h)	Potencia del ventilador (HP)	Rendimiento (kJ/h)	Dimensiones largoxanchoxalto (mm)
CT-001 CT-002 CT-003	EWB 1.700	460,00	25,00	13.369.206	4.880x3.680x4.470

Fuente: Elaboración propia.

9.2.2. Diagrama de enfriamiento



*Figura 9-2: Diagrama de enfriamiento de la planta.
Fuente: Elaboración propia.*



9.2.3. Limpieza CIP

El acondicionamiento de los equipos es imprescindible para garantizar productos de buena calidad y para evitar contaminaciones que puedan derivar en problemas en la cadena productiva. La limpieza CIP, denominada así por su significado en inglés "*clean in place*", es un método que garantiza el aseo de los equipos de manera uniforme y efectiva, reduciendo el tiempo, la energía y el equipo necesario (Bowser, 2023).

Este tipo de limpieza es ampliamente utilizada debido a que permite el correcto acondicionamiento de los equipos sin necesidad de desmontarlos y precisando un esfuerzo manual mínimo.

Los ciclos de limpieza CIP se constituyen de una serie de etapas, cuya adopción depende del tipo de proceso y de la necesidad de aseo que se precise (Bowser, 2023). Estas etapas pueden ser:

- Enjuagado previo.
- Lavado alcalino.
- Enjuagado intermedio.
- Lavado ácido.
- Desinfección.
- Lavado final.

En este proceso, la limpieza se efectúa en los reactores de deslignificación, los cuales presentan biomasa residual como suciedad, por lo que sólo es necesario el empleo de una solución alcalina para el acondicionamiento. Para ello, se utiliza una solución de NaOH al 1,5% a 70°C. Mientras que, el enjuagado previo y el lavado final se realizan a temperatura ambiente (Viruega Sevilla, 2018).

El lavado final utiliza agua fresca, la cual, una vez terminada la etapa, es retornada para ser empleada en la etapa inicial de enjuagado y, finalmente, es desechada al terminar dicha etapa. Mientras que, la solución de soda empleada en el lavado alcalino presenta una purga del 25%, retornándose lo restante y rectificando con solución fresca la concentración y volumen necesarios.

Para obtener el caudal requerido para cada etapa, se utilizan los datos brindados por Viruega Sevilla, 2018; donde se establece que, para diámetros de tanques verticales entre 2,5 a 3 metros, el mismo tiene que encontrarse entre 14 y 16 m³/h a una presión de 1,5 atm. Para los cálculos se utiliza el máximo caudal permisible para asegurar la correcta limpieza. El dimensionamiento de los tanques se realiza en base a lo descrito en el Capítulo 8, teniendo una relación altura/diámetro igual a uno.

En la Tabla 9-7 y la Tabla 9-8 se detallan las etapas de lavado CIP para los reactores y las características de los tanques de almacenamiento de los mismos.

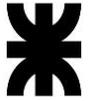


Tabla 9-7: Descripción de las etapas del lavado CIP.

Equipo	Aclarado inicial		Fase Alcalina		Aclarado final	
	Tiempo (min)	Volumen (m ³)	Tiempo (min)	Volumen (m ³)	Tiempo (min)	Volumen (m ³)
RT-101	7	1,87	10	2,67	7	1,87
RT-102	7	1,87	10	2,67	7	1,87
RT-103	7	1,87	10	2,67	7	1,87
Líquido de lavado	Agua de aclarado final		Soda caustica al 1,5%		Agua Fresca	
Disposición final	Descarte		Recuperación del 75%		Aclarado Inicial	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9-8: Características de los tanques de limpieza CIP.

Dimensiones	TCip – 001	TCip – 002	TCip – 003
Volumen total (m ³)	2,50	3,60	2,50
Diámetro (m)	1,47	1,66	1,47
Altura (m)	1,47	1,66	1,47
Material	AISI 304		
Proveedor	Bertotto Bogleione		

Fuente: Elaboración propia.

9.2.4. Diagrama de limpieza CIP

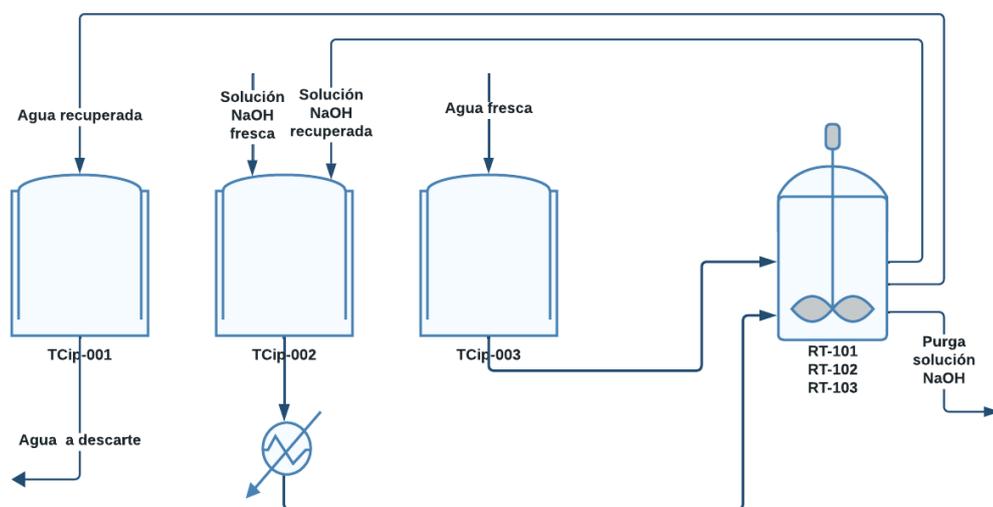


Figura 9-3: Diagrama de limpieza CIP.

Fuente: Elaboración propia.



9.2.5. Adopción del tanque de almacenamiento para el agua

Para el correcto abastecimiento de este servicio, es necesaria la adopción de un tanque de agua que se encargue de garantizar el volumen necesario para la reposición de las torres de enfriamiento, para la reposición del sistema CIP y para el ablandador de agua.

Este tanque dispone de una autonomía de 4 horas y presenta un flujo másico de alimentación de 8.630,78 kg/h cuya densidad es de 1.000 kg/m³. El cálculo de las dimensiones de este se realiza siguiendo el mismo procedimiento que para los tanques del Capítulo 8.

En la siguiente tabla (Tabla 9-9) se disponen las dimensiones de éste:

Tabla 9-9: Características del tanque de agua para servicios auxiliares.

Fabricante	Bertotto - Boggione
Material	Acero Inoxidable (AISI 304)
Volumen de líquido	34,52 m ³
Volumen del tanque	45,31 m ³
Volumen adoptado	46 m ³
Diámetro interno	3,40 m
Altura	5,10 m
Presión de diseño	1,5 atm
Espesor de pared	6,35 mm
Tapa	Plana

Fuente: Elaboración propia.

9.3. Refrigerante R-134a

Con el fin de disminuir el consumo de agua de enfriamiento en equipos en donde la remoción del calor es muy alta (*E-501A, E-501B, E-301 y E-506*), se utiliza un refrigerante industrial denominado R-134a.

Este refrigerante presenta una gran estabilidad térmica y química, una baja toxicidad, no es inflamable y posee excelente compatibilidad con gran diversidad de materiales. En la siguiente tabla (Tabla 9-10) se muestran algunas propiedades de este:

Tabla 9-10: Propiedades del refrigerante R-134a.

Peso molecular	112,00 gr/mol
Punto de ebullición a 1 atm	-27,10°C
Punto de congelación a 1 atm	-103,00°C
Densidad del líquido a 25°C	1.206 kg/m ³
Densidad del vapor saturado	5,28 kg/m ³
Presión de vapor a 25°C	6.657 bar abs
Viscosidad del líquido a 25°C	0,202 cP

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por Gassurvey.



En condiciones normales de presión y temperatura, se presenta en estado gaseoso. Debido a esto, el sistema de refrigeración opera a una presión de cinco atmósferas y 20°C a fin de trabajar con un fluido líquido que luego se evapora, garantizando el intercambio de energía. Este sistema se basa en un ciclo cerrado de evaporación, compresión, condensación y expansión.

A fin de adoptar el sistema, se tienen en cuenta los caudales de refrigerante involucrados y el calor que se debe extraer en cada equipo. En la siguiente tabla (Tabla 9-11) se detallan:

Tabla 9-11: Caudales y calores involucrados en el sistema de refrigeración con el refrigerante R-134a.

Equipo	Caudal de refrigerante (kg/h)	Calor extraído (kJ/h)
E-301	14.122,22	2.832.390,00
E-501A E-501B	14.437,00	2.895.515,52
E-506	9.230,91	1.851.380,00
Consumo total	37.790,13	7.579.285,52

Fuente: Elaboración propia.

El sistema de refrigeración adoptado es fabricado por la empresa Frío RAF S.A. Se elige este tipo de equipo porque presenta una alta eficiencia energética y de refrigeración. Estos sistemas presentan compresores de doble tornillo con capacidades de hasta 5.000.000 kcal/h y microprocesadores para el control de la unidad. En la siguiente tabla (Tabla 9-12) se disponen algunas de las características del modelo elegido:

Tabla 9-12: Características del equipo de refrigeración.

Fabricante	Frío RAF S.A.
Modelo	ACC010312
Dimensiones de la unidad de refrigeración (largo x ancho x alto)	4.500 x 2.160 x 2.650 mm
Dimensiones de condensador (largo x ancho x alto)	11.000 x 2.110 x 1.665 mm
Total largo (mm)	15.500
Total peso (kg)	6.239

Fuente: Elaboración propia.

9.4. Sistema de vacío

Para mantener la depresión de 0,45 atmósferas, generada en los evaporadores, en las columnas de destilación (TW-503 y TW-504), se utiliza una bomba de vacío de paletas rotativas secas fabricada por Atlas Copco.



Estas bombas se denominan “secas” porque no presentan lubricación en la cámara de bombeo principal, lo que elimina emisiones y contaminaciones en el proceso. Particularmente, el modelo de paletas rotativas está diseñado para ser un equipo robusto, sencillo, limpio, silencioso y compacto. La fuerza centrífuga hace que las paletas entren en contacto con el cuerpo y garantiza niveles de vacío estables y continuos. La serie DVS incluye un filtro de entrada interno, una válvula antirretorno, un silenciador de escape, una carrocería insonorizada y un motor eléctrico IE3 eficiente energéticamente (Atlas Copco, s.f.).

A continuación, se detalla el modelo adoptado (Tabla 9-13):

Tabla 9-13: Características de la bomba de vacío adoptada.

Fabricante	Atlas Copco
Modelo	DVS 16 50 Hz
Caudal nominal	16 m ³ /h
Presión máxima de vacío	0,12 bar
Potencia del motor	0,75 kW
Peso	31,00 kg
Dimensiones (largo x ancho x alto)	206 x 270 x 412 mm

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por Atlas Copco.

9.5. Aire comprimido

Este servicio es necesario para el funcionamiento de algunos instrumentos de automatización de la planta. Se decide optar por un compresor de tornillo rotativo de la marca Atlas Copco, debido a que son equipos ideales para aplicaciones continuas e industriales. Entre las ventajas de estos equipos se destaca su eficiencia energética, los bajos niveles de ruido y su tamaño reducido. Se selecciona un compresor de la serie G, cuyas características se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 9-14: Características del compresor de aire adoptado.

Fabricante	Atlas Copco
Modelo	G-22 50Hz
Caudal o aire libre suministrado	167,10 m ³ /h
Presión máxima de trabajo	12,83 atm
Potencia del motor instalado	22,00 kW
Peso	344,00 kg
Dimensiones (largo x ancho x alto)	1.130 x 833 x 1.220 mm

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por Atlas Copco.

CAPÍTULO 10

CONTROL DE CALIDAD



10. CONTROL DE CALIDAD

“Se entiende por calidad de un producto o servicio a la capacidad de satisfacer las necesidades del cliente, proporcionando confianza y seguridad al consumidor, lo que influye positivamente para el posicionamiento en el mercado. Para asegurar o mejorar la calidad demandada, es necesario aplicar un sistema de control de calidad, el cual consta de herramientas, programas, mecanismos y/o técnicas que se aplican en distintos puntos del proceso. El objetivo de este sistema es recoger y analizar datos de variables en el proceso, materias primas, productos intermedios y terminados, detectando los posibles errores y accionar con la finalidad de eliminarlos” (Bonetto & Vico, 2020).

En el presente capítulo, se describe el sistema de control de calidad que se lleva a cabo para la producción del polímero biodegradable, el cual consta de los procedimientos y métodos de organización, muestreo y documentación necesarios para garantizar que los materiales aceptados y producidos cumplan con las exigencias requeridas para la comercialización.

Además, se detallan los sistemas de control automático, que se emplean a lo largo del proceso productivo, para vigilar los parámetros de proceso más relevantes que influyen en la calidad y en el correcto funcionamiento de la planta.

10.1. Gestión de la calidad

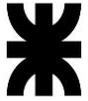
La implementación de un sistema de gestión de la calidad busca tanto satisfacer las necesidades de los clientes como las de la organización, procurando la expansión, crecimiento y ganancia de esta última.

Para lograr estos objetivos, se determinan una serie de técnicas y/o mecanismos a lo largo del proceso, basándose en tres conceptos: planeación de la calidad, control de la calidad y mejora continua de la calidad.

10.1.1. Planeación de la calidad

Es un proceso estructurado en donde se desarrolla una estrategia anticipada de control que asegure que los productos que se fabrican tengan la capacidad de satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes. Para ello, se siguen una serie de pasos:

1. Identificar el cliente.
2. Determinar sus necesidades.
3. Traducir sus necesidades al lenguaje de la organización.
4. Desarrollar un producto que pueda responder a esas necesidades.
5. Optimizar el producto de manera que cumpla con los objetivos de la organización y con las necesidades del cliente.
6. Desarrollar un proceso que pueda producir el producto.
7. Optimizar y estandarizar dicho proceso.



8. Probar que ese proceso pueda producir el producto en condiciones normales de operación.
9. Transferir el proceso a operación.

10.1.2. Control de la calidad

Es el proceso que se realiza con el fin de cumplir las metas establecidas para lograr el rendimiento planificado, mediante el desarrollo o ejecución de los métodos y técnicas de ensayo que determinan la calidad de materias primas, productos y subproductos. Para alcanzar estos objetivos, se deben realizar una serie de pasos:

1. Elegir qué controlar: el sujeto.
2. Desarrollar un objetivo para una característica de control.
3. Determinar una unidad de medida.
4. Desarrollar un medio o sensor para medir la característica de control.
5. Medir la característica durante el proceso o prestación o al final de éste.
6. Evaluar las diferencias entre el desarrollo real y el esperado.
7. Tomar las acciones necesarias.

10.1.3. Mejora continua de la calidad

Se basa en el control continuo del sistema de calidad, buscando optimizar el proceso, reducir los errores y aproximarse más al deseo del cliente. Las etapas para mejorar la calidad son:

- Establecer un departamento de calidad que se encargue de diseñar, coordinar e institucionalizar la mejora continua de la misma.
- Determinar proyectos de mejora de la calidad. Para ello, se debe recopilar toda aquella información relacionada con indicadores claves de competitividad del negocio y representarlos por medio de histogramas, gráficas de control y análisis de tendencia histórica. Una vez analizados los problemas es necesario optar por el mejor proyecto a utilizar para su solución.
- Proveer recursos, motivación y capacitación necesaria para los equipos de los proyectos de mejora.
- Tomar acción: Se analizan las posibles causas de los problemas y se proponen soluciones, que una vez aprobadas por los directivos del área son llevadas a cabo.
- Verificar: Mediante métodos estadísticos se debe verificar el grado de mejoramiento alcanzado con la implantación de las soluciones aprobadas y puestas en marcha.



- Volver a comenzar proyectos de mejora de la calidad contemplando las soluciones y mejoría obtenidas en el anterior, dado que mejorar la calidad implica resolver un problema tras otro sin interrupción.

10.2. Control de calidad de materias primas e insumos

Previo a la aceptación y descarga de las materias primas e insumos por parte de los proveedores, se realizan una serie de controles a fin de asegurar que se presenten en las condiciones acordadas.

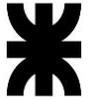
Estos controles se realizan cada siete días, dado que se almacenan por ese tiempo para garantizar la autonomía del proceso ante cualquier eventualidad. Los mismos son realizados por analistas de laboratorio y en caso de no cumplir con los requerimientos se rechazan los lotes y se exigen nuevos.

En la siguiente tabla (Tabla 10-1) se detallan las materias primas e insumos necesarios para el desarrollo del proceso productivo junto con las variables que se controlan y los rangos máximos y mínimos que deben presentar:

Tabla 10-1: Especificaciones de calidad de materias primas e insumos.

Materia prima/insumo	Variable de control	Rango	Técnica/Método
Cáscara de maní	Humedad	10 ± 1% p/p	T-001
	Aspecto visual	Ausencia de suciedad, putrefacción, hongos, sustancias extrañas	Visual
Almidón modificado	Humedad	12 ± 2% p/p	T-001
Glicerol	Humedad	12 ± 2% p/p	T-001
	Impurezas	8 ± 5% p/p	
Etanol	Grado alcohólico	94 ± 1% p/p	T-002
Ácido sulfúrico	Pureza	98 ± 0,5% p/p	Titulación en laboratorio
Nitrógeno	Presión	8 ± 0,5 atm	Visual/Manómetro
	Temperatura	-172 ± 2°C	Visual/Termómetro
	Pureza	99 ± 0,1% p/p	Visual/Etiqueta
Amoníaco	Pureza	20,68 – 21,46 °Baumé	Titulación en laboratorio
Hidróxido de sodio (CIP)	Pureza	50 ± 2%	Titulación en laboratorio

Fuente: Elaboración propia.



10.3. Control de calidad del proceso

Para garantizar la calidad deseada en el producto final, en este punto se establecen los parámetros a controlar a lo largo del proceso productivo y el rango de valores que deben cumplir (Tabla 10-2).

La mayoría de los controles se realizan de manera automática por medio de instrumentos y sensores en los equipos de interés. Estos envían señales al Departamento de Producción, donde los panelistas encargados son los responsables de analizar las desviaciones y actuar para corregirlas.

También se realizan controles manuales de laboratorio para rectificar que los instrumentos de control automático se encuentren operando correctamente y para conseguir datos más precisos que sólo pueden obtenerse por estos medios.

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA

Tabla 10-2: Especificaciones de calidad del proceso.



Equipo	Corriente	Variable de control	Rango	Técnica/ Método	Frecuencia	Responsable
RT-101 RT-102 RT-103	R2	Presión	5 ± 0,5 atm	Transmisor de presión (PT)	Después de cada batch	Panelista
		Temperatura	129 ± 2°C	Transmisor de temperatura (TT)		Panelista y operario de campo
		pH	2 - 3	pHmetro (pHT)		Analista de laboratorio
		Contenido de lignina	Mínimo 65% del contenido inicial en la cáscara	T-001		
	R3	Temperatura	129 ± 5°C	TT	Continuo a la salida del reactor	Panelista
		Caudal	2.431 ± 10 kg/h	Caudalímetro (FT)		
	Reacción	Temperatura	170 ± 0,5°C	TT	Durante la reacción	Panelista
		Presión	16 ± 0,5atm	PT		
		Caudal de vapor	2.061 ± 10 kg/h	FT	Durante el acondicionamiento del reactor	
TN-401	AN	pH	7 ± 1	pHT	Continuo a la salida del reactor	Panelista y analista de laboratorio
		Caudal	46.677 ± 10 kg/h	FT		Panelista
		Temperatura	65 ± 5°C	TT		
Silos	Equipo	Nivel de llenado	50 ± 10%	Transmisor de nivel (LT)	Durante carga y descarga	Panelista

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



(SL-001 y SL-002)						
TK-001	Equipo	Nivel de llenado	50 ± 10%	LT	Continuo	Panelista
	SOLV	Densidad	810,46 ± 1 kg/m ³	Densímetro (DT)	Continuo a la salida del tanque	
		Concentración de etanol	72 ± 0,5%	T-002	Cada 8 horas	Analista de laboratorio
E-001	SOLV	Temperatura	80 ± 2°C	TT	Continuo a la salida	Panelista
	Vapor	Caudal	756 ± 10 kg/h	FT	Continuo a la entrada	
TP-101	R1	Concentración de etanol	72 ± 0,5%	T-002	3 horas	Analista de laboratorio
		Sólidos:humedad	6:1	T-008		
		Caudal	14.998 ± 10 kg/h	FT	Continuo a la salida del tanque	Panelista
	AS	Caudal (totalizador)	43 ± 2 kg/h	FT e Indicador de caudal en campo (FI)	1 hora	Panelista y operario de campo
	Equipo	Nivel de llenado	50 ± 10%	LT	Continuo	Panelista
TP-102	R2	Caudal	14.668 ± 10 kg/h	FT	Continuo a la salida del tanque	Panelista
		Presión	5 ± 0,5 atm	PT	Continuo dentro del tanque	
	Equipo	Nivel de llenado	50 ± 10%	LT	Continuo	
TP-601	Equipo	Nivel de llenado	50 ± 10%	LT	Continuo	Panelista

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



	Salida	Composición de la corriente	40 ± 1% almidón 20 ± 1% glicerol 25 ± 1% agua 15 ± 1% lignina	T-001 T-003	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
E-201	SR2	Temperatura	81 ± 2°C	TT	Continuo a la salida	Panelista
E-301	W3	Temperatura	60 ± 2°C	TT	Continuo a salida	Panelista
		Caudal	31.614 ± 10 kg/h	FT		
	R-134a	Caudal	14.122 ± 10 kg/h	FT	Continuo a la entrada	
E-501	I2	Caudal	157 ± 10 kg/h	FT	Continuo a la salida	Panelista
		Temperatura	70 ± 5°C	TT		
	SR1	Caudal	2.274 ± 10 kg/h	FT	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
		Concentración de etanol	77 ± 2%	T-002		
	R-134a	Caudal	14.437 ± 10 kg/h	FT	Continuo a la entrada	Panelista
E-506	R-134a	Caudal	9.231 ± 10 kg/h	FT	Continuo a la entrada	Panelista
V-401	V2	Caudal	20.000 ± 100 kg/h	FT	Continuo a la entrada	Panelista
		Pureza	99,99 ± 0,1%	T-002	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
	RV1	Presión	0,9 ± 0,05 atm	PT	Continuo a la salida	Panelista
		Caudal	22.196 ± 10 kg/h	FT		
		Concentración etanol	72 ± 2%	T-002		
	EC1	Temperatura	87 ± 2°C	TT	Continuo a la salida	Panelista
Sólidos		3,20 ± 1%	T-008	Cada 4 horas	Analista de laboratorio	
V-402	RV2	Presión	0,6 ± 0,05 atm	PT	Continuo a la salida	Panelista

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



	EC2	Caudal	13.348 ± 10 kg/h	FT		
		Temperatura	81,3 ± 2°C	TT		
		Sólidos		T-008	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
	RV1	Temperatura	88 ± 2°C	TT	Continuo a la salida	Panelista
V-403	AZS	Sólidos	24 ± 2%	T-008	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
		Densidad	1.195 + 10 kg/m ³	T-015	Continuo a la salida	Panelista
		Temperatura	80 ± 2°C	TT	Continuo a la salida	Panelista
	RV3	Temperatura	80 ± 2°C	TT		
		Presión	0,45 ± 0,05 atm	PT		
		Caudal	7.870 ± 10 kg/h	FT		
	RV2	Temperatura	85 ± 2°C	TT		
FL-501	RV4	Temperatura	78 ± 2°C	TT	Continuo a la salida	Panelista
		Presión	0,45 ± 0,05 atm	PT		
		Caudal	5.567 ± 100 kg/h	FT		
	EC3	Concentración de etanol	< 1%	T-002	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
TW-502	Equipo	Temperatura cabeza	73,7 ± 2°C	TT	Continuo	Panelista
		Temperatura plato 3	75,8 ± 2°C			
		Temperatura plato 6	79,8 ± 2°C			
		Temperatura fondo	81,1 ± 2°C			
		Nivel de fondo	40 ± 5%	LT		
		Presión cabeza	0,45 ± 0,05 atm	PT		

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



	DF1	Concentración de etanol	< 1%	T-002	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
		Concentración Furfural	< 1%	T-015		
		Caudal	18.686 ± 10 kg/h	FT	Continuo a la salida	Panelista
	TW1	Temperatura	73,7 ± 2°C	TT		
		Caudal	16.948 ± 10 kg/h	FT		
TW-503	Equipo	Temperatura cabeza	54 ± 2°C	TT	Continuo	Panelista
		Temperatura plato 5	60 ± 2°C			
		Temperatura plato 10	61,7 ± 2°C			
		Temperatura fondo	76,2 ± 2°C			
		Nivel de fondo	40 ± 5%	LT		
		Presión cabeza	0,45 ± 0,05 atm	PT		
	DP	Temperatura	65 ± 2°C	TT	Continuo a la salida	Panelista
		Caudal	1.509 ± 10 kg/h	FT		
		Concentración etanol	< 35%	T-002	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
		Concentración Furfural	> 0,35%	T-015		
	TW2	Caudal	9.240 ± 10 kg/h	FT	Continuo a la salida	Panelista
		Concentración etanol	6 ± 1%	T-002	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
	SR3	Caudal	6.198 ± 10 kg/h	FT	Continuo a la salida	Panelista
		Densidad	772 ± 5 kg/m ³	DT		
		Concentración etanol	93 ± 1%	T-002	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
		Concentración Furfural	<1%	T-015		

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



TW-504	Equipo	Temperatura cabeza	$74,2 \pm 2^{\circ}\text{C}$	TT	Continuo	Panelista
		Temperatura plato 5	$78,2 \pm 2^{\circ}\text{C}$			
		Temperatura fondo	$81,5 \pm 2^{\circ}\text{C}$			
		Nivel de fondo	$40 \pm 5\%$	LT		
		Presión cabeza	$0,45 \pm 0,05 \text{ atm}$	PT		
	DF3	Caudal	$7.869 \pm 10 \text{ kg/h}$	FT	Continuo a la salida	Panelista
		Concentración etanol	<1%	T-002	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
		Concentración Furfural	<1%	T-015		
	SR5	Caudal	$1.372 \pm 10 \text{ kg/h}$	FT	Continuo a la salida	Panelista
		Densidad	$878 \pm 5 \text{ kg/m}^3$	DT		
		Concentración etanol	$38 \pm 2\%$	T-002	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
		Concentración Furfural	<1%	T-015		
E-502	Reflujo	Caudal	$8.474 \pm 10 \text{ kg/h}$	FT	Continuo a la salida	Panelista
		Temperatura	$73,7 \pm 2^{\circ}\text{C}$	TT		
	Agua enfriamiento	Caudal	$323,4 \pm 10 \text{ m}^3/\text{h}$	FT	Continuo a la salida	Panelista
		Temperatura	< 40°C	TT		
E-503	Reflujo	Caudal	$23.552 \pm 10 \text{ kg/h}$	FT	Continuo a la salida	Panelista
		Temperatura	$54 \pm 2^{\circ}\text{C}$	TT		
	Agua enfriamiento	Caudal	$589,1 \pm 10 \text{ m}^3/\text{h}$	FT		
		Temperatura	< 40°C	TT		
E-504	Reflujo	Caudal	$2.058 \pm 10 \text{ kg/h}$	FT	Continuo a la salida	Panelista
		Temperatura	$74,2 \pm 2^{\circ}\text{C}$	TT		

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



	Agua enfriamiento	Caudal	134,4 ± 10 m ³ /h	FT			
		Temperatura	< 40°C	TT			
E-505	Fondo	Temperatura	81,5 ± 2°C	TT	Continuo a la salida	Panelista	
	Vapor	Caudal	2.829 ± 10 kg/h	FT			
	Vapor condensado	Pureza	99,99 ± 0,1%	T-002	Cada 4 horas	Analista de laboratorio	
PD-301 PD-302	Equipo	Caudal	25-40 tn/h	FT	Continuo a la entrada	Panelista	
		LIG	Caudal	793 ± 10 kg/h	FT		Continuo a la salida
	Humedad		30 ± 5%	T-008	Cada 4 horas	Analista de laboratorio	
	Concentración lignina		> 65%	T-001			
	WL	Caudal	45.543 ± 10 kg/h	FT	Continuo a la salida	Panelista	
		Concentración impurezas	< 1%	T-015	Cada 4 horas		Analista de laboratorio
		Concentración etanol	15 ± 2%	T-002			
Concentración lignina		< 1%	T-015				
CS-201 CS-202 CS-203	Equipo	Caudal	< 8 m ³ /h	FT	Continuo a la entrada	Panelista	
	BL	Concentración lignina soluble	5 ± 0,5%	T-015	Cada 4 horas	Analista de laboratorio	
		Concentración etanol	51 ± 5%	T-002			
	C1	Caudal	1.462 ± 10 kg/h	FT			
		Humedad	20 ± 2%	T-008	Cada 4 horas	Analista de laboratorio	
WS-201	Equipos	Caudal	4 – 22 m ³ /h	FT	Continuo a la entrada	Panelista	
	Solv2	Caudal	Relación 2:1 sólidos C1	FT			

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



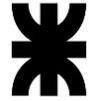
	C2	Caudal	1.450 ± 10 kg/h	FT	Continuo a la salida	Analista de laboratorio
		Humedad	25 ± 2%	T-008	Cada 4 horas	
		Concentración etanol	15 ± 2%	T-002		
	L1	Concentración lignina soluble	1 ± 0,5%	T-015		
WS-202	Equipos	Caudal	4 – 22 m ³ /h	FT	Continuo a la entrada	Panelista
	W2	Caudal	Relación 2:1 sólidos C2	FT	Continuo a la salida	
	CEL	Caudal	1.508 ± 10 kg/h	FT	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
		Humedad	30 ± 2%	T-008		
		Concentración etanol	< 2%	T-002		
	L2	Concentración etanol	> 8%	T-002		
TW-501	I3	Venteo de etanol	> 1% (imperceptible al olfato)	Propiedades organolépticas	Cada 30 min	Operario de campo
	W4	Caudal	500 ± 50 m ³ /h	FT	Cada 30 min a la entrada del equipo	Panelista
	SR4	Caudal	616 ± 10 kg/h	FT	Cada 30 min a la salida del equipo	
		Concentración etanol	16 ± 2%	T-002	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
ML-001	CM	Caudal	2.700 ± 10 kg/h	FT	Continuo a la salida	Panelista
		Tamaño	< 0,5 mm	T-016	Cada 4 horas	Analista de laboratorio
	Equipo	Potencia	27,6 kW ± 2	Amperímetro	Continuo	Panelista
EX-601	Equipo	Caudal	800 – 1200 kg/h	FT	Continuo	Panelista
		Potencia	160 ± 10 kW	Amperímetro		

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO
FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



		Torque	20 - 40 Nm	Sensor diferencial de velocidad		
--	--	--------	------------	---------------------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia.



A su vez, se realizan otros controles para garantizar el correcto funcionamiento de la planta, estos son:

Tanques (TK-002, TK-003, TK-004, TK-005, TK-006, TK-007, TK-008, TK-009, TK-010, TK-011 y TK-012).

Para todos los tanques de almacenamiento, ya sea de materias primas o subproductos, se dispone de sensores de nivel continuos que garantizan un llenado de los mismos del $50 \pm 10\%$ de su capacidad. A su vez, se presentan dos sensores más: uno de alto nivel de líquido y uno de bajo nivel de líquido. El primero activa una alarma cuando el contenido dentro del tanque llega al 80% y el segundo cuando el contenido se encuentra al 5% del llenado. Estos sensores de volumen se encuentran entrelazados con las bombas o elementos de transporte a la salida/entrada de los equipos y son los responsables de regular el caudal que manejan.

A su vez, el tanque *TK-003* que contiene nitrógeno presurizado, presenta un sensor de presión que activa alarmas cuando la presión se encuentra en $7 \pm 0,5$ atm. Una presión mayor conlleva un riesgo debido a que la presión de diseño del tanque es de ocho atmósferas y una presión menor implica una disminución grande de la temperatura del tanque para mantener el nitrógeno en estado líquido. Estas presiones se regulan mediante el uso de válvulas conectadas al sensor.

Bombas y transportes

Todos los sistemas de transportes, ya sea de líquidos o sólidos, presentan elementos de control para garantizar que las cantidades transportadas sean las correctas.

Las bombas presentan caudalímetros en la sección de impulsión que se encargan de medir esta variable y enviar una señal cuando no se encuentre en el valor correspondiente. Este sensor se encuentra conectado con dos equipos de control: una válvula, que se abre o cierra para permitir el pasaje de mayor o menor caudal; y un variador de potencia sobre el motor de la bomba, que permite, mediante la regulación de la velocidad de la bomba, ajustar el caudal que pasa a través de la misma. Estos equipos funcionan a modo de un doble control, siendo las válvulas un control continuo y los variadores un elemento de control que se utiliza cuando fallan las válvulas.

En cuanto a los transportes de sólidos, los mismos cuentan con caudalímetros que se encargan del análisis del caudal másico que se transporta. Si el caudal no se encuentra en el valor correspondiente, se acciona un variador de potencia que se encuentra en el motor del equipo, que regula la velocidad del transporte, y, por tanto, la cantidad transportada.

10.4. Control de calidad productos y subproductos

El polímero biodegradable obtenido mediante este proceso requiere que sus características mecánicas finales se asemejen a las que presentan los plásticos hechos a



partir de polietileno de baja densidad. Una valoración detallada de sus propiedades es importante para la competencia de esta nueva alternativa de plástico en el mercado de los plásticos convencionales. Además, requiere del cumplimiento de ciertos parámetros para luego poder ser utilizado como materia prima para la fabricación de otros productos.

La pulpa de celulosa y el concentrado de azúcares degradados y sales, ambos subproductos generados en el proyecto, requieren ser analizados y caracterizados para la definición de su valor en el mercado. Los distintos porcentajes de agua, sales, azúcares y sólidos influyen en el precio final del subproducto. No existe requerimiento o parámetro alguno para la venta, sin embargo, se definen valores mínimos y máximos que permiten la mejora y optimización del proceso.

En la Tabla 10-3 se especifican las propiedades y características a analizar y determinar por los analistas de laboratorio del producto y los dos subproductos. Se detallan, además, el rango de valores buscados o requeridos y la técnica empleada para su determinación.

Tabla 10-3: Especificaciones de calidad del producto y subproductos

Materia prima/insumo	Variable de control	Rango	Técnica
Polímero biodegradable	Densidad	0,93 - 0,97 g/cm ³	T-003: ISO 1183 – método A
	Calor específico	1.840 – 1.920 J/K.kg	T-004: ISO 11357
	Temperatura de fusión	98 – 115 °C	
	Temperatura de transición vítrea	-125 – -90 °C	
	Resistencia mecánica a la compresión	10,8 – 17,4 MPa	T-005: UNE-EN ISO 604
	Resistencia mecánica a la tracción	13,3 – 26,4 MPa	T-005: UNE-EN ISO 527
	Constante dieléctrica	2,2 – 2,4	T-006
	Resistencia a los ácidos	Muy buena para ácido débiles. Buena para ácidos fuertes	T-007: ASTM D543
	Resistencia a los álcalis	Muy buena tanto para fuertes y débiles	



	Resistencia disolventes orgánicos	Media	
	Resistencia al oxígeno	Muy pobre	
Pasta de celulosa	Humedad	30% ± 2%	T-008
	Volumen específico	A caracterizar*	T-012: SCAN-C 33
	Retención de agua	A caracterizar*	T-010
	Número Kappa	45-50	T-014: TAPPI 236 OM-99
	Cenizas	< 8%	T-009: TAPPI T211 OM-02
	Largo de fibra	A caracterizar*	T-011: SCAN M6:69
	Drenabilidad	A caracterizar*	T-013: SCAN C21:65
Azúcares y sales	Composición	A caracterizar*	T-015

**Estos rangos dependen de la concentración final del subproducto y si bien no son un parámetro necesario para el proceso influyen a la hora de la comercialización.*

Fuente: Elaboración propia.

10.5. Registros

Es necesario el registro de los resultados obtenidos en cada análisis o control para garantizar la efectividad del sistema de gestión de calidad. Estos registros se realizan para la materia prima, los insumos, el producto terminado, los subproductos y el control a lo largo del proceso. Una vez realizados, se utilizan para llevar a cabo los análisis estadísticos que permiten observar la tendencia de la calidad del proceso.

El código utilizado para la identificación de cada registro está conformado por las siguientes partes:

- Letra/s que indica sobre qué se realiza el control (materia prima, insumo, equipo, producto final), en caso de ser necesario se agrega otra letra identificando qué materia prima o insumo se está controlando.
- Área de producción o equipo donde se lleva a cabo el control.
- Número de la técnica utilizada para el análisis correspondiente.

En las siguientes tablas (Tabla 10-4, Tabla 10-5, Tabla 10-6, Tabla 10-7 y Tabla 10-8), se observan las planillas que se utilizan como base para la realización de estos registros:

**OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y
ALMIDÓN MODIFICADO**

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



Tabla 10-4: Registro de control de materia prima.

Tipo de registro	MATERIA PRIMA			
Materia prima				
Técnica – Código				
Proveedor				
Valor límite de aceptación				
Lote	Fecha	Resultado	Analista	Firma

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10-5: Registro de control de insumos.

Tipo de registro	INSUMO			
Insumo				
Técnica – Código				
Proveedor				
Valor límite de aceptación				
Lote	Fecha	Resultado	Analista	Firma

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10-6: Registro de control de producto.

Tipo de registro	PRODUCTO			
Producto				
Técnica – Código				
Descripción				
Valor límite de aceptación				
Condiciones de almacenamiento				
Lote	Fecha	Resultado	Analista	Firma

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 10-7: Registro de control de subproducto.

Tipo de registro	SUBPRODUCTO			
Subproducto				
Técnica – Código				
Descripción				
Valor límite de aceptación				
Condiciones de almacenamiento				
Lote	Fecha	Resultado	Analista	Firma

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10-8: Registro de control de proceso.

Tipo de registro	CONTROL DE PROCESO			
Equipo				
Técnica – Código				
Descripción				
Horario de inicio de etapa				
Horario final de etapa				
Operario a cargo				
Valor límite de aceptación				
Lote	Fecha	Resultado	Analista	Firma

Fuente: Elaboración propia.

10.6. Técnicas

Las técnicas de análisis que se aplican para corroborar que el producto cumpla con los valores establecidos con anterioridad son detalladas a continuación.

T-001: Determinación de composición estructural

Para la determinación de los componentes que forman las distintas materias primas se emplea el equipo denominado *Espectrofotómetro de Infrarrojo Cercano* (NIR). La espectrofotometría consiste en una técnica analítica que mide la cantidad de energía que absorbe la matriz o muestra en función de la longitud de onda (780 a 2.500 nanómetros). Los



distintos enlaces (-CH, -NH, y -OH) que forman a los compuestos de la muestra absorben cierta cantidad específica. Esta diferenciación es la que permite cuantificar y cualificar el componente.

El espectrofotómetro permite la determinación de:

- Humedad.
- Contenido de celulosa.
- Contenido de lignina.
- Contenido de hemicelulosa.
- Impurezas.

T-002: Determinación de grado alcohólico.

Se emplea el equipo *Densímetro* de la empresa Anton Paar que permite medir la concentración y densidad de distintas soluciones. El mismo emplea como densidades patrón la densidad de agua desmineralizada y la del aire. La muestra es inyectada al equipo y devuelve como valor la concentración de alcohol en porcentaje v/v y la densidad específica de la solución, lo que permite su conversión a porcentaje p/p.

T-003: Determinación de la densidad del bioplástico.

Se emplea el método A de la Norma ISO 1183, denominada *Inmersión para plásticos sólidos sin huecos*. Implica el uso de una columna de gradiente de densidad o columna de densidad. El líquido está formado por la mezcla de dos componentes miscibles de distintas densidades compatibles con el polímero de tal forma que la densidad varía linealmente con la distancia desde la parte superior de la columna. Así, los cuerpos del polímero se humedecen y se dejan caer por la columna. La densidad del polímero queda determinada por la posición en que se detiene en la caída. Las columnas deben estar inmersas en un baño caliente para asegurar temperatura constante durante el ensayo.

T-004: Determinación propiedades térmicas de bioplástico.

Se emplea la técnica de calorimetría diferencial de barrido (DSC) bajo la norma ISO 11357. El equipo de la empresa TA Instruments, tecnología patentada *Tzero DSC*, permite realizar este método térmico en el cual se mide la diferencia de los flujos térmicos de la muestra de bioplástico y de una referencia. Dos hornos separados con soportes para las muestras tienen termómetros de resistencia de platino. La fuente de alimentación está regulada por un circuito para igualar sus temperaturas. Se mide la diferencia entre la muestra y los flujos de calor de referencia por los termopares colocados debajo de las muestras. El DSC mide el tiempo, la temperatura, el flujo de calor y al integrar el flujo de calor, la entalpía de las transiciones. Este método permite la determinación de la temperatura de transición vítrea, la temperatura de cristalización, la capacidad térmica, la estabilidad oxidativa, la temperatura de fusión, entre otras propiedades térmicas.



T-005: Determinación de propiedades mecánicas del bioplástico.

- Ensayo de tracción: Consiste en someter una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la probeta, midiendo así la resistencia del material a una fuerza estática o aplicada lentamente. La norma que reglamente este ensayo es la UNE-EN ISO 527.
- Ensayo de compresión: Implica un ensayo térmico para determinar el máximo esfuerzo que un material rígido puede resistir hasta que se quebranta cuando es sometido a un esfuerzo de compresión longitudinal. La norma general para materiales plásticos es la UNE-EN ISO 604.

T-006: Determinación de la constante dieléctrica.

Se emplea el instrumento de la empresa PHYWE para determinar la constante eléctrica de la muestra del bioplástico. El ensayo consiste en rellenar el espacio existente entre dos placas. La constante se determina midiendo la carga eléctrica que experimenta dicho condensador de placa cuando se le aplica una tensión.

T-007: Determinación de propiedades químicas.

Se utilizan técnicas bajo el estándar de compatibilidad química regido por ASTM D543. La norma está diseñada para determinar y evaluar la resistencia de la muestra de plástico frente a distintos reactivos químicos como ácidos, álcalis, disolventes orgánicos, entre otros. Durante los ensayos se lleva el registro del peso, tamaño, apariencia y durabilidad de la muestra del material y se lo somete a distintos tiempos de exposición, condiciones de tensión y diferentes rangos de temperatura.

T-008: Determinación de humedad.

Se emplean los equipos denominados *termobalanzas*, instrumento analítico que permite determinar la humedad de una muestra de producto (menor a 10 gramos generalmente) a partir de un calentador halógeno que seca la muestra. La humedad es tomada como la pérdida de peso en la balanza de torsión sensible.

T-009: Determinación de cenizas.

Se emplea la norma Tappi T211 OM-02. Una cantidad conocida de pulpa se coloca en un crisol previamente tarado y se calcina en mufla a 525°C por un período de una hora. Con otra fracción de la pulpa se determina el contenido de humedad. Se determina la masa de cenizas y se lo convierte en porcentaje peso en peso.

T-010: Determinación de retención de agua porcentual. Forma calcio.

El hinchamiento de las fibras se determina por el WRV (*water retention value*) porcentual. Esta propiedad es la capacidad de retención de agua de la pulpa luego de ser sometida a centrifugación durante un período de tiempo establecido.



Se define como WRV %:

$$\frac{\text{gramos pulpa centrifugada} - \text{gramos de pulpa seca}}{\text{gramos de pulpa seca}} * 100 = \% \text{ agua retenida}$$

La determinación del WRV se realiza con los grupos ácidos siempre en su forma calcio, es decir, con el ion calcio como contraión, y en un medio neutro de $\text{CaCl}_2 10^{-3} \text{ N}$.

T-011: Clasificación por longitud de fibra.

Se aplica la Técnica SCAN M6:69 utilizando el equipo *Bauer McNett*. El tiempo de clasificación es de 15 min. y se utilizan las mallas estándares americanas 30; 50; 100 y 200.

T-012: Determinación de volumen específico.

Se emplea la Norma SCAN-C 33 la cual utiliza el equipo de la empresa IDM Test. Se preparan probetas cilíndricas con una masa de 3 gr. y un diámetro de 50 mm. Se posiciona la probeta en posición vertical, sobre un plato con el fondo perforado, y se le aplica una masa de 500 g. En esta situación, se mide la altura de la probeta y se calcula el volumen específico.

T-013: Determinación de drenabilidad.

Se utiliza la Técnica SCAN C21:65. Este ensayo da una medida de la velocidad con que drena una suspensión diluida de pulpa al 0,3% de consistencia. Se informa como *mL CSF* (*Canadian Standard Freeness*).

T-014: Determinación del Número Kappa

El número kappa se determina según Norma TAPPI 236 OM-99. Corresponde al volumen (en mililitros) de una solución 0,1N de permanganato de potasio en medio ácido consumido por un gramo de pulpa seca bajo condiciones establecidas: 25°C; 10 min. A la pulpa se le agrega KMnO_4 de tal manera que quede un exceso entre 30%-70%, el cual se titula con tiosulfato de sodio 0,2N.

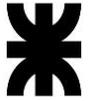
El número de Kappa se calcula de la siguiente manera:

$$K = \frac{p * f}{w} \text{ donde } p = \frac{(b - a). N}{0,1}$$

siendo K el número Kappa; f es el factor de corrección (50%); w, peso de la muestra seca (g); p, cantidad de permanganato 0,1N consumido (ml); b, cantidad de tiosulfato consumido en el blanco (ml); a, cantidad de tiosulfato consumido por la pulpa (ml); y, N, la normalidad de tiosulfato.

T-015: Determinación de azúcares y sales

Se emplea para la determinación de la concentración de sales y azúcares el equipo denominado *cromatógrafo líquido de alto rendimiento* (HPLC). La cromatografía líquida es una técnica analítica que permite la medición de distintos compuestos que forman la muestra, a partir de la separación de éstos al ser bombeados a alta presiones, con el uso de una fase móvil, a través de una columna empaquetada con fase estacionaria. Los distintos compuestos interaccionan en mayor o menor medida con la fase estacionaria, saliendo de la columna a



diferentes tiempos. Un detector al final del equipo mide los analitos que forman la muestra y traducen la señal en un cromatograma, donde cada pico representa un compuesto y el área bajo la curva la concentración del mismo.

T-016: Determinación de distribución de tamaño.

La técnica consiste en la colocación del material a tamizar encima del primer tamiz, el cual consta de una abertura nominal y, utilizando movimientos de vaivén y vibraciones, se procura que el material circule por la superficie del mismo, produciendo la separación del material en función de su granulometría.

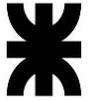
El material a analizar determina factores como el número de tamices a utilizar, la abertura de estos, si se realizará por vía húmeda o seca, entre otros. En cuanto al tiempo de tamizado, queda determinado según la carga inicial, las características del medio tamizante, las condiciones ambientales, entre otros.

Los parámetros quedan definidos como:

- Rango de medida: 20 μm - 25 mm.
- Dosificación muestra: 150 g.
- Tiempo de tamizado: 20 minutos.

CAPÍTULO 11

TRATAMIENTO DE EFLUENTES



11. TRATAMIENTO DE EFLUENTES

Se denomina efluente industrial a toda aquella corriente, ya sea líquida, gaseosa y/o sólida, que se descarta en forma de residuo de algún proceso productivo. Estas corrientes pueden contener componentes, orgánicos o inorgánicos, que presenten cierta toxicidad y, por lo tanto, deben de ser dispuestas correctamente a fin de evitar contaminaciones al medio ambiente y a los seres vivos.

Para evitar el daño sobre la calidad medioambiental y en la salud de las personas existen normativas nacionales, provinciales y municipales, que determinan el destino de los efluentes industriales según su composición, permitiendo el vertido de las mismas de manera directa sobre cuencas hídricas o indicando la necesidad de un tratamiento previo a su desecho.

En el presente capítulo, se detalla el tratamiento de los efluentes existentes en la producción del polímero biodegradable, evaluando sus características y seleccionando el proceso más apropiado para su disposición final.

11.1. Marco legal

Entre los parámetros que se utilizan para determinar la posibilidad de desechar un efluente se encuentran:

- Concentración de oxígeno disuelto (OD, mg/L): Es la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua y se considera como un indicador para mantener la vida acuática. Es el resultado del oxígeno que entra en el sistema y el que se consume por los organismos vivos.
- Demanda biológica de oxígeno (DBO): Se considera como la cantidad de oxígeno que se consume, por acción microbiana aerobia, para la descomposición de la materia orgánica presente en un efluente líquido.
- Demanda química de oxígeno (DQO): Se utiliza como una medida de contaminación que determina la cantidad de sustancias orgánicas susceptibles de ser oxidadas por medio químicos que existen en el efluente.
- Sólidos disueltos totales (STD, mg/L): Es una medida del contenido combinado de todas las sustancias orgánicas e inorgánicas contenidas en un líquido ya sea en forma molecular, ionizada o coloidal.
- Sólidos en suspensión (SS, mg/L): Es un índice de la cantidad de sólidos presentes en suspensión que pueden ser separados por medios mecánicos.
- Concentración de productos tóxicos (mg/L).
- Características como pH, color, turbidez, olor, temperatura, dureza.



Los parámetros a cumplir dependen de las normativas a las que se ajuste cada sector. A nivel nacional, la Ley Nacional 26.221 dispone una serie de límites máximos para el vertido de efluentes líquidos según el parámetro de control seleccionado, incluyendo también la presencia de metales, entre otros compuestos. En Villa María, la ordenanza municipal N°6.271 establece los límites máximos admisibles para las descargar a colectoras cloacales. En la Tabla 11-1 se muestran los estándares nacionales y en la Tabla 11-2 los municipales.

Tabla 11-1: Límites máximos establecidos para efluentes por la ley nacional.

Parámetro	Desagües a cuencas	Descarga a cuerpo receptor		
		Sin tratamiento	Con tratamiento primario	Con tratamiento secundario
pH	5,5-10	6,5-8	6,5-8	6,5-8
Sustancias solubles en éter (mg/l)	100	100	100	100
Sulfuros (mg/l)	1	-	-	1
Temperatura (°C)	45	45	45	45
DBO sobre muestra bruta (mg/l)	200	300	180	30
DQO	-	-	-	125
Oxígeno consumido en KMgO4 sobre muestra bruta (mg/l)	80	120	70	-
MES (mg/l)	-	-	-	35
Cianuros totales (mg/l)	1	1	1	1
Cianuros destructibles por cloración (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1
Hidrocarburos totales (mg/l)	50	100	100	50
Cromo III (mg/l)	2	2	2	2
Cromo VI (mg/l)	0,2	0,2	0,2	0,2
SRAO detergentes (mg/l)	5	5	5	3
Cadmio (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1
Plomo (mg/l)	0,5	0,5	0,5	0,5
Mercurio (mg/l)	0,005	0,005	0,005	0,005

**OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y
ALMIDÓN MODIFICADO**

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



Arsénico (mg/l)	0,5	0,5	0,5	0,5
Sustancias fenólicas (mg/l)	0,5	0,5	0,5	0,005

Tabla 11-2: Límites máximos permisibles para efluentes en Villa María.

Parámetro	Valor
Temperatura (°C)	40
pH	5,5-10
Sólidos sedim. 10 min (ml/l)	0,5
Sólidos sedim. 2 horas (ml/l)	-
Oxígeno consumido (mg/l)	80
DBO (mg/l)	200
Demanda de cloro (mg/l)	-
Sulfuros (mg/l)	2
Fósforo total (mg/l)	-
Nitrógeno total (mg/l)	-
Cromo hexavalente (mg/l)	0,2
Cromo total (mg/l)	2
Cadmio (mg/l)	0,5
Plomo (mg/l)	0,5
Mercurio (mg/l)	0,05
Arsénico (mg/l)	0,5
Compuestos fenólicos (mg/l)	5
Cianuro (mg/l)	0,02
Cobre (mg/l)	0,1
Estaño (mg/l)	4
Hierro (mg/l)	2
Níquel (mg/l)	0,1
Sustancias solubles en éter etílico (mg/l)	50
Zinc (mg/l)	0,1
Detergentes (mg/l)	1
Hidrocarburos (mg/l)	30
Bacterias coliformes totales	-
Bacterias coliformes fecales	-



11.2. Tipos de tratamientos de efluentes

Existen tres niveles de tratamiento de los desechos líquidos de una industria:

- Tratamiento primario: se subdivide a su vez en dos tipos:
 - Tratamiento físico: Consiste en la separación mecánica de partículas de mayor tamaño.
 - Tratamiento químico: Consiste en la neutralización del pH.
- Tratamiento secundario: Se trata de un tratamiento biológico que busca eliminar la materia orgánica presente por medio de la acción de microorganismos.
- Tratamiento terciario: Consiste en tratamientos fisicoquímicos para la remoción de compuestos específicos.

El nivel o grado de tratamiento que se requiera depende de los límites de vertido en la zona donde se ubica la planta y de la necesidad de remoción de contaminantes del efluente.

11.3. Caracterización de los efluentes de la planta

Los efluentes generados en la planta de producción del polímero biodegradable se detallan en la Tabla 11-3, donde se dispone su composición, caudal, temperatura y pH. Estas variables son las principales a tener en cuenta para la determinación del tipo de tratamiento que se debe realizar para cada uno.

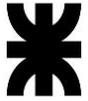
Se considera que las corrientes WW y DP se combinan y tratan como una sola denominada WP, debido a que presentan una composición similar. En la Tabla 11-3 se dispone la corriente obtenida de la unión de estas.

Tabla 11-3: Caracterización de efluentes de la planta.

Corriente	Descripción	Composición (fracción másica)	Caudal (t/día)	Temperatura (°C)	pH
WP	Resultante de la combinación de la corriente WW y DP	Etanol: 0,1640 Agua: 0,8347 Furfural: 0,0013	91,82	75,43	7
I3	Efluente gaseoso proveniente de TW-501	Nitrógeno: 0,99 Agua: 0,01	0,98	20,00	-
Limpieza CIP	Descarte CIP	Solución de NaOH neutralizada	0,016	60,00	7

Fuente: Elaboración propia.

La corriente WP presenta valores neutros de pH y contiene en su composición materia orgánica que debe ser tratada mediante un tratamiento secundario, donde se procede a la eliminación de ésta, que se lleva a cabo en un equipo compacto de oxidación avanzada.



La corriente proveniente de la limpieza CIP, al estar neutralizada y sin otros contaminantes, se desecha directamente en el desagüe del parque industrial PILT de Villa María.

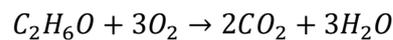
En cuanto a la corriente gaseosa I3, debido a que su temperatura es de 20°C y no presenta componentes volátiles en su composición, gracias a la acción de la torre lavadora de gases, se ventea directamente a la atmósfera.

11.4. Tratamiento de la corriente WP

A partir de los valores establecidos en la anterior tabla (Tabla 11-3), se estima la demanda química de oxígeno (DQO) que se precisa para la degradación del etanol y el furfural presentes en la corriente WP.

Teniendo en cuenta que el componente orgánico mayoritario es el etanol y que su reacción de oxidación es conocida, se realizan los cálculos de esta demanda por separado para tener una estimación aproximada.

La reacción de oxidación del etanol es la siguiente:



En base a la cantidad de etanol presente por hora en el efluente se tiene que:

$$627,19 \frac{kg \text{ etanol}}{h} * \frac{3 * 32 \frac{kg \text{ oxígeno}}{kmol}}{46,068 \frac{kg \text{ etanol}}{kmol}} = 1.307 \frac{kg \text{ oxígeno}}{h} = 1,307 \times 10^9 \frac{mg \text{ oxígeno}}{h}$$

Considerando la densidad de esta corriente como aproximadamente 926 kg/m³, se tiene que:

$$3.825,51 \frac{kg \text{ de WP}}{h} * \frac{1 \text{ m}^3}{926 \text{ kg}} = 4,13 \frac{\text{m}^3}{h} = 4.131,22 \frac{L}{h}$$

Por tanto:

$$DQO = \frac{1,307 \times 10^9 \frac{mg \text{ oxígeno}}{h}}{4.131,22 \frac{L}{h}} = 3,16 * 10^5 \frac{mgO_2}{L}$$

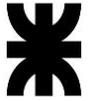
Debido a que la reacción de oxidación del furfural no es conocida, se considera que la DQO del efluente es como mínimo el valor obtenido para el etanol.

11.4.1. Adopción del módulo de tratamiento

Se opta por la instalación de un módulo compacto de tratamiento de efluentes que viene acondicionado y diseñado para efluentes de la industria alimentaria, los cuales presentan un gran contenido de materia orgánica, lo que permite asumir que el efluente de interés se puede tratar correctamente en esa unidad.

Estos módulos, están compuestos de las siguientes etapas:

- Oxidación por uso de luces ultravioletas.
- Oxidación por lámparas de ozono.



- Oxidación por dosificación de peróxido de hidrógeno.

El equipo a utilizar es fabricado por la empresa *Synertech Water Technologies*. El modelo seleccionado acorde a la necesidad del efluente es “*Oxidación avanzada 5*”, el cual permite tratar 6m³/h y presenta las siguientes dimensiones: 3 metros de largo x 2 metros de alto x 2,2 metros de ancho.

Esta tecnología se utiliza para tratar sustancias que son prácticamente imposibles de eliminar del agua sin oxidación. Los agentes oxidantes previamente nombrados, pueden descomponer sustancias orgánicas e inorgánicas tales como aceites, grasas, fenoles, hidrocarburos aromáticos, cianuros, sulfuros, amonio, cromo, y complejos metálicos. Estos sistemas de oxidación avanzada son de fácil manejo y bajo mantenimiento, optimizando la dosificación de químicos y garantizando el menor costo por metro cúbico de agua residual tratada.

CAPÍTULO 12

OBRAS CIVILES



12. OBRAS CIVILES

En el presente capítulo se determinan las características constructivas generales y la distribución física de las distintas áreas que conforman la planta productora de bioplástico a partir de cáscara de maní, glicerol y almidón modificado.

Una correcta disposición de los sectores asegura una organización efectiva y una máxima utilización de los espacios y equipos del asentamiento industrial, mejorando la eficiencia y rendimiento del proceso, y minimizando los posibles desperdicios y retrasos. A su vez, permite un adecuado flujo de materias primas y productos reduciendo tiempos, riegos y peligros para los trabajadores.

La obra industrial, como se menciona en el Capítulo 4, se localiza en el Parque Industrial, Logístico y Tecnológico (PILT) de la ciudad de Villa María, dispuesto sobre la ruta nacional N° 9 entre la ruta provincial N°2 y la autopista nacional Córdoba-Rosario.

12.1. Descripción general del establecimiento

El Parque Industrial, Logístico y Tecnológico de la ciudad de Villa María tiene una extensión de 90 hectáreas, dentro de las cuales se encuentran distribuidos 224 lotes de diferentes dimensiones, sólo 9 de ellos disponibles, y actualmente está en desarrollo un proyecto de ampliación del lugar para sumar 93 lotes más.

En cuanto a la infraestructura del PILT, éste presenta sus calles pavimentadas con cordón cuneta, alumbrado público y un cerco perimetral; cuenta con seguridad privada, casilla de control al ingreso del parque y video vigilancia; brinda servicios de alumbrado público, energía eléctrica, con distribución de media y baja tensión, red de distribución de gas natural y sistema de distribución interna de agua y cloacas; y, además, proporciona acceso a internet mediante fibra óptica y un centro de logística.

12.2. Descripción general del lote

El terreno seleccionado para el asentamiento industrial es el lote N°16 – C:03, S:03, Mz: 049. El terreno presenta 90 metros de frente y 166 metros de fondo, lo que corresponde a un área total de 14.940 metros cuadrados. Se encuentra dispuesto sobre la Avenida Brigadier Juan Ignacio San Martín (altura 678), principal acceso para personal y transporte al parque. En la Figura 12-1 se muestra su localización.

El perímetro del lote es de 512 metros lineales y queda delimitado por la instalación de un cerco perimetral que circunda por completo todas las dependencias de la planta productora. Este cerco está constituido por una pared de 50 cm de alto de hormigón premoldeados y una extensión por encima de alambre olímpico romboidal con terminación en tres filas de alambre de púas hasta alcanzar una altura total de 2 metros.

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA

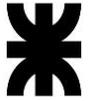


Figura 12-1: Ubicación PILT y localización Lote 16.
Fuente: Google Maps.

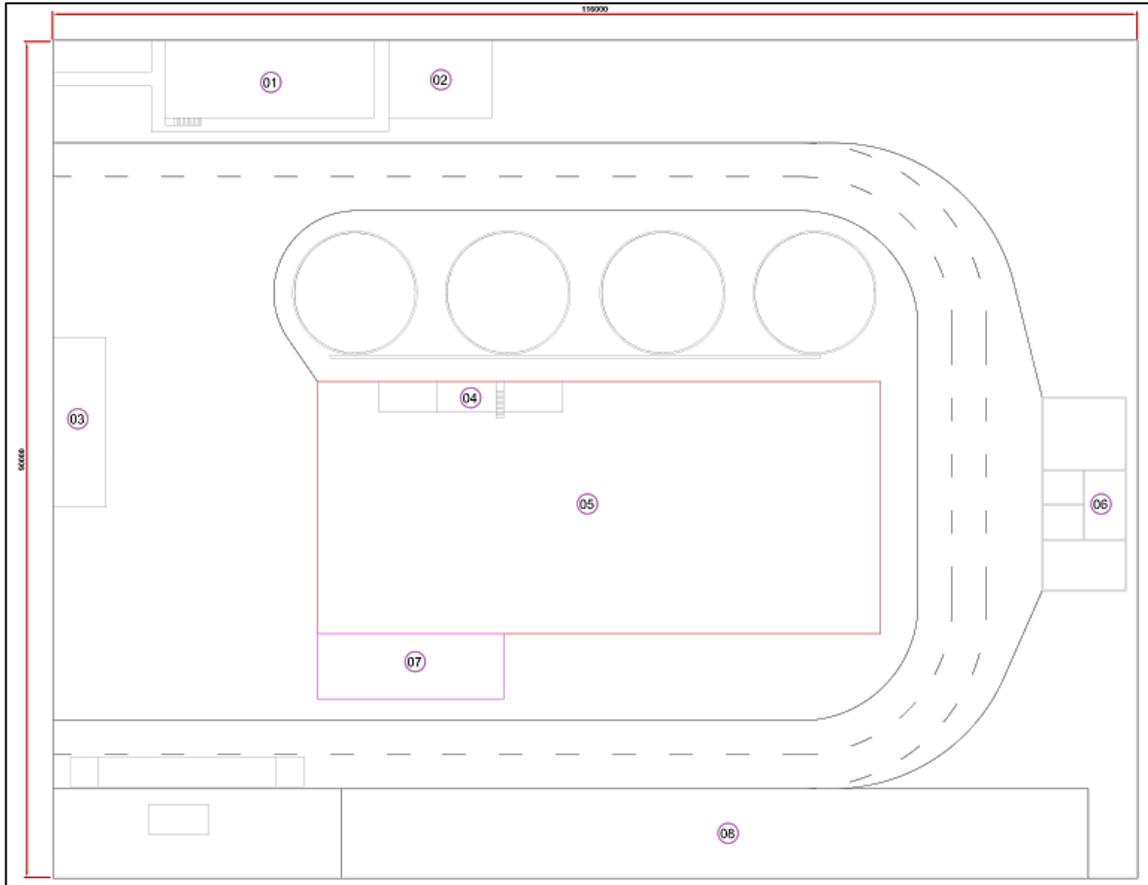
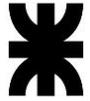
La Figura 12-2 muestra la distribución general de la planta. Los sectores indicados en la misma se enumeran a continuación:

1. Planta baja: Recepción, oficinas administrativas y sala de reuniones.
Primer piso: Laboratorio y oficinas de laboratorio.
2. Comedor, vestuarios y baños.
3. Estacionamiento.
4. Planta baja: Pañol, sala de muestreo, sala de tablero, baños.
Primer piso: Sala de control.
5. Nave industrial.
6. Recinto de tanques peligrosos.
7. Almacenamiento de producto terminado.
8. Servicios auxiliares y tratamiento de efluentes.

Como puede observarse, la planta industrial cuenta con una calle interna en forma de “U” para la circulación de los camiones la cual permite el ingreso, maniobras de giro y egreso de éstos para la carga y descarga de materia primas, productos y subproductos de manera adecuada. Esta calle se encuentra pavimentada, iluminada y correctamente señalizada.

Esta industria cuenta con tres edificios. El primero de ellos se encuentra ubicado en el sector 1, el cual corresponde al sector administrativo. Está localizado a la entrada del terreno y separado del área de producción. En el nivel superior del sector 1, se dispone del laboratorio de control y calidad, y de las oficinas correspondientes.

El segundo edificio pertenece al sector 2 y en él se localiza el comedor y los vestuarios para los operarios de producción. El tercer edificio se ubica dentro de la nave industrial y queda denominado como sector 4. En la planta baja se dispone de un pañol para mantenimiento, la sala de tableros eléctricos, una sala de muestreo y baños; y, en el primer piso, se localiza la sala de control.



*Figura 12-2: Distribución general de la planta
Fuente: Elaboración propia*

El sector 3 está parquizado y en él se halla el estacionamiento para los empleados.

El sector 5 es la nave industrial propiamente dicha. Este sector industrial, delimitado por los márgenes internos de la calle, tiene distribuido en él los equipos relacionados al almacenamiento de materias primas, productos y subproductos, entre ellos silos y tanques. Además, en el espacio remanente interior, se encuentran los equipos y maquinarias relacionados a la obtención de lignina y producción del bioplástico.

Los tanques peligrosos, en el sector 6, que corresponden al almacenamiento de etanol fresco, amoníaco, nitrógeno y refrigerante R-134a, se encuentran ubicados en un recinto de contención, con sus respectivas divisiones internas, separados a una distancia prudente del sector de producción por fuera de la calle interior. Los servicios auxiliares, también se encuentran dispuestos por fuera de la calle interna, pero en las cercanías del ala de producción, conformando el sector 8. El sector 7 es el galón de almacenamiento del producto final, dispuesto al margen del sector 5.

En la Tabla 12-1, se detallan los sectores nombrados anteriormente y la superficie ocupada por cada uno. En los anexos se encuentran el *Plano 1* y *Plano 2*, que especifican dimensiones, distancias, distribuciones y otras características de los sectores, salas y equipos de la planta industrial.

**OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y
ALMIDÓN MODIFICADO**

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



Tabla 12-1: Superficie ocupada por los distintos sectores.

Área	Sector	Superficie ocupada (m ²)	Superficie total (m ²)
Administración	Recepción	26,47	185,09
	Oficina administrativa 1	12,74	
	Oficina administrativa 2	12,74	
	Oficina administrativa 3	12,74	
	Oficina gerencial	20,78	
	Sala de reuniones	55,69	
	Baño 1	4,91	
	Baño 2	4,54	
	Cocina	7,67	
	Pasillo	26,78	
Dependencias	Comedor – Vestuario - Baños	92,55	123,74
	Baños en nave industrial	10,40	
	Pañol	20,79	
Producción	Nave industrial	1.633,50	1.993,69
	Tanques y almacenamiento	189,00	
	Sala de control	20,79	
	Sala de muestreo	10,40	
	Galpón G-001	140,00	
Servicios auxiliares	Tablero eléctrico	20,79	820,79
	Refrigeración, agua de enfriamiento, aire comprimido, etc.	800,00	
Control de calidad	Laboratorio	67,06	92,54
	Oficina de laboratorio	25,48	
Tránsito vehicular	Calle principal	1.800,00	1.903,2
	Estacionamiento	103,20	

Fuente: Elaboración propia.



12.3. Características constructivas

12.3.1. Área administrativa

El sector de administración tiene destinado un área cubierta total de 185,09 m², construido con ladrillo común de 30 centímetros de ancho, terminación exterior de revoque grueso y fino, y pintura látex para exteriores. Presenta una altura homogénea de 3 metros y techo plano de losa de hormigón armado, hormigón de pendiente con poliestireno expandido y carpeta niveladora, recubierta con pintura impermeabilizante.

El acceso principal a esta zona es mediante una puerta doble de aluminio de 2 m de ancho por 2 m de alto, que funciona también como salida de emergencia.

Además, tanto las oficinas como el laboratorio están delimitados por tabiques divisorios de ladrillo común de 15 centímetros y cuentan con ventanas hacia el exterior cuadradas, de aluminio, de 1 metro de lado, mientras que las aberturas internas son puertas de aluminio de 1 metro de ancho por 2 metros de alto.

Oficinas

Las distintas oficinas del sector administrativo son destinadas a recepción, administración, recursos humanos, jefes de las distintas áreas y gerencia general. La superficie total es de 141,16 m².

La terminación interior de las paredes consiste de revoque grueso y fino, y pintura látex para interiores. El piso es de mosaico altamente resistente, impermeable, durable, de buen aspecto y de fácil mantenimiento y limpieza.

Las oficinas disponen de todo el mobiliario y elementos necesarios para el desarrollo de las actividades, como escritorios, sillas, armarios, computadoras y artículos de librería, entre otros.

Baños

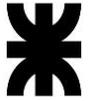
Los baños cuentan con inodoro, bidet y lavamanos, provistos de agua fría y caliente. Además, cuentan con un dispositivo con jabón líquido, toallas de papel de un solo uso y recipientes para arrojar el material de descarte.

La terminación de las paredes interiores es de revoque grueso y fino, revestidas con azulejos de 20 centímetros de lado de color claro hasta una altura de 2 m y pintura látex blanca en el resto de la superficie. El piso es de hormigón revestido con material cerámico.

Las aberturas consisten en una puerta de aluminio de 1 metro de ancho y 2 de alto.

Cocina

La cocina posee una mesada con agua fría y caliente, cocina, heladera, vajilla y demás utensilios para uso del personal administrativo, en una superficie total de 7,68 m².



La terminación de las paredes interiores es de revoque grueso y fino, revestidas con azulejos de 20 centímetros de lado de color claro sobre la pared de la mesada y pintura látex blanca en el resto de la superficie. El piso es de hormigón revestido con material cerámico.

12.3.2. Dependencia personal

El sector de dependencia del personal cuenta con un área total de 123,7 m². La infraestructura constructiva exterior e interior es igual a la correspondiente con el área administrativa.

Comedor

El área ocupada por el comedor es de 46,28 m² y el acceso se realiza desde el exterior por una puerta doble de aluminio de 2 metros de ancho por 2 metros de alto. La terminación de las paredes internas es de revoque grueso y fino y pintura de látex color blanco.

El sector posee mesas, sillas, heladera, cocina, mesada con agua fría y caliente, vajilla y demás utensilios para uso del personal.

Baños y vestuarios

El área ocupada por estas dependencias corresponde a 46,28 m².

Los baños para el personal de producción cuentan con las mismas características constructivas que los baños del sector administrativo. A diferencia de ellos, cuentan con duchas individuales con servicio de agua fría y caliente.

En cuanto a los vestuarios, las paredes interiores presentan revoque grueso y fino y recubierto con azulejos blancos de 20 centímetros de lado hasta una altura de 1,80 metros y pintura látex blanca en el resto de la superficie. Las aberturas consisten en una puerta de aluminio de 1 metro de ancho y 2 metros de alto.

Los vestuarios poseen bancos y percheros y están equipados con armarios individuales para guardar las pertenencias personales y la ropa de trabajo o de calle.

Pañol

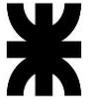
El pañol posee una superficie de 20,79 m². Las paredes de interior están provistas de revoque grueso y fino y pintura látex para interiores. El piso es de mosaico resistente e impermeable.

Esta sala cuenta con el mobiliario y elementos necesario (escritorio, computadora, artículos de librería) y esta provisto de estanterías y armarios suficientes para facilitar el almacenamiento de herramientas, equipos, repuestos, elementos de protección personal, entre otros.

12.3.3. Producción

Nave industrial

La nave industrial posee una superficie cubierta de 1.633,50 m². Ésta se encuentra resguardada bajo un tinglado de chapa a dos aguas soportada por columnas y vigas de hierro.



Esta estructura permite proteger los equipos de distintas condiciones climáticas como fuerte vientos, lluvias, granizo. La altura máxima en la parte central es de 15,5 m. El agua de lluvia es evacuada desde la cubierta hacia el exterior por medio de canaletas y caños de PVC reforzados embutidos en los muros exteriores. El piso es de hormigón revestido con pinturas epoxi para resistencia mecánica y química.

Este sector cuenta con las vías de circulación correspondiente para la operatoria de los distintos equipos dispuestos en su interior. Presenta el espacio necesario para el armado y desarmado de equipos para el mantenimiento correspondiente. Dispone de escaleras verticales metálicas con protección dorsal y escaleras con plataformas intermedias para acceder a distintos niveles y equipos que se encuentran en altura.

Tanques y almacenamiento

Esta sección de la planta industrial está referida a los tanques que se encuentran por fuera de la calle principal, ya que los mismos por cuestiones de seguridad, no pueden estar a la proximidad de la nave industrial.

El tamaño para su disposición es de 189 m². Éste se encuentra delimitado por un recinto de contención de derrames. Las paredes del mismo tienen una altura de 0,80 metros y circunden todo el perímetro. A su vez, tiene divisiones internas para separar los 4 tanques localizados allí.

El material de construcción de las paredes y el piso del recinto son de hormigón y se encuentran revestidos con pintura impermeable al producto.

Sala de control

La superficie destinada para la sala de control es de 20,79 m².

En cuanto a la terminación de pisos y paredes, la sala está fabricada de igual manera que las oficinas del sector administrativo.

La sala de control cuenta con el mobiliario y los elementos necesarios para el desarrollo de las actividades de la planta. Entre ella se encuentra escritorios, sillas, mesa de reunión, artículos de librería, radios, computadores, entre otros.

Sala de muestreo

El área disponible de la sala de muestreo es de 10,4 m². La caracterización de los pisos y paredes de esta sala son idénticos a las presentes en el laboratorio, la cual está detallada en el apartado 12.3.6 de este capítulo.

Este lugar se encuentra provisto de una mesada y una estantería, para el almacenamiento y disposición no sólo de las muestras, sino también de los elementos necesarios para el muestreo, como tarros, instrumentos, guantes, canastos, entre otros.



12.3.4. Galpón del bioplástico G-001

El galpón para el almacenamiento del producto terminado cuenta con un área de 140 m². Esta sala se encuentra a continuación del galpón de la nave industrial.

El piso está formado por un contrapiso de hormigón sobre el terreno natural compactado, malla sima y terminación con revestimiento epoxi. El galpón dispone de una entrada lateral del producto y cuenta con las aberturas necesarias para la descarga del producto a los camiones comerciales.

12.3.5. Servicios auxiliares

Tableros eléctricos

La sala de tableros dispone de una superficie de 20,79 m². Los pisos y paredes presentan las mismas características que las correspondientes al pañol.

En esta sala se encuentran los tableros eléctricos, responsables de controlar, concentrar y administrar el suministro de energía a los equipos de la planta y los PLC (Controlador Lógico Programable), que permite la automatización de la industria.

Servicios Auxiliares

El área correspondiente para la disposición de todos los equipos de servicios auxiliares (torres de enfriamiento, sistema de refrigeración, calderas de vapor de media y baja presión, sistema de limpieza CIP, compresor y el sistema de tratamiento de efluentes) es de 800 m².

El piso es un contrapiso de hormigón sobre el terreno natural compactado, malla sima y terminación con revestimiento epoxi. Este sector es a cielo abierto, no está limitado por paredes ni cuenta con techo protector.

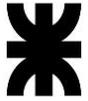
12.3.6. Gestión de calidad

Laboratorio

Este sector ocupa una superficie 67,06 m² y se encuentra en el nivel superior al sector administrativo. Su ingreso es por una escalera de hierro para exteriores localizada en el exterior.

La terminación de las paredes internas consiste en revoque grueso recubierto con azulejos de 20 centímetros de lado de color blanco hasta una altura de 1,80 metros y de revoque fino recubierto con pintura epoxi en el resto de la superficie. El piso de este sector es de resinas sintéticas sin juntas, ya que este tipo de material presenta alta estabilidad frente a agentes químicos, buenas propiedades térmicas y poca conductividad eléctrica, es resistente al desgaste, impermeable y de fácil mantenimiento y limpieza.

El laboratorio está provisto de mesadas de acero inoxidable con servicio de gas, piletas del mismo material con servicio de agua caliente y fría, estanterías con puertas que permiten guardar los distintos reactivos y los elementos necesarios para los ensayos.



Oficinas de laboratorio

Las oficinas de calidad abarcan una superficie de 25,48 m². Las características generales de las mismas son acordes a las descritas para las oficinas administrativas. Presentan el mobiliario necesario tal como escritorio, computadora, sillas, entre otros. Se encuentra separado del sector por una puerta de 1 metro de ancho y 2 metros de alto, y una ventana de vidrio para la inspección continua del sector.

12.3.7. Tránsito vehicular

Calle principal

El camino principal de la planta industrial está compuesto por un contrapiso de hormigón sobre terreno natural compactado, malla sima y terminación de pavimento alisado a rodillo. Dicho paquete es apto para resistir el tránsito de vehículos de gran porte. El área correspondiente a la calle principal es de 1.800 m².

Estacionamiento

El estacionamiento de vehículos cuenta con cocheras tipo tinglado, con techo de chapa acanalada y apoyada en columnas enrejadas de metal. El piso está conformado por pequeñas piedras de río lavadas, dispuestas sobre la tierra natural compactada. La playa de estacionamiento cuenta con 103,2 m².

CAPÍTULO 13

INSTALACIONES ELÉCTRICAS



13. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

El presente capítulo dispone de manera general las características de las instalaciones eléctricas necesarias para el desarrollo del proceso, desde el almacenamiento de las materias primas hasta el producto final. Además, se llevan a cabo los cálculos requeridos para la determinación de los requerimientos de consumo energético, tanto de la iluminación como de los equipos involucrados. Para la correcta realización de estos puntos se adopta la norma *IRAM-ISO 50001* de gestión de la energía, para garantizar el correcto uso y consumo de la misma y lograr un sistema eficiente.

13.1. Descripción de las instalaciones eléctricas

En este apartado, se detallan aquellos elementos que son necesarios para el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas de la empresa:

- Conductores eléctricos (cables): Están conformados por un material conductor (generalmente cobre, aluminio o sus aleaciones), recubierto por un aislante, tanto térmico como eléctrico; y son los encargados de la conducción de la energía eléctrica desde donde se produce hasta donde se va a utilizar. La sección transversal de estos elementos está influenciada por la corriente a conducir y por los límites de calentamiento y caída de tensión que la misma provoca.
- Bandejas portacables: Se emplean para contener y proteger a los conductores del deterioro, contaminación e incendios, permitiendo el óptimo funcionamiento y seguridad de estos elementos.
- Tableros: Son gabinetes que contienen los dispositivos que permiten que una instalación eléctrica funcione correctamente. Entre sus características destacan: la resistencia a la conductividad eléctrica, la facilidad de entrada y salida de cables, y la mejora en la distribución de corriente eléctrica a todos los sectores de la industria. Están formados por aparatos de maniobra, con llaves o conmutadores, aparatos de protección, como fusibles y llaves automáticas, aparatos de medición, como medidores de energía, amperímetros, voltímetros, entre otros; y se pueden clasificar en:
 - Tablero principal: Opera toda la instalación.
 - Tablero seccional: Opera circuitos.
 - Tablero subseccional: Opera solo una parte del circuito.
- Tomacorrientes: Son los elementos destinados a conectar eléctricamente un conductor o cable flexible a un aparato eléctrico. La potencia requerida por estos se calcula fijando los *Watts* (W) de salida, siendo generalmente 150 y 300 W para usos generales y oficinas, y 2.000 W para la zona de producción.



- Transformadores: Se encuentran ubicados en la subestación eléctrica y se emplean para distribuir la electricidad hacia toda la planta. Son los encargados de soportar los esfuerzos de cortocircuito externo y sobretensiones de impulso, y para lograr una disipación óptima del calor.
- Dispositivos de protección: Los circuitos eléctricos pueden presentar fallas que representan un riesgo para la integridad de las personas, bienes y componentes. Es por ello que se deben tomar en consideración la utilización de elementos que garanticen la seguridad de la instalación. Estos elementos son:
 - Puesta a tierra: Los circuitos eléctricos se encuentran conectados a tierra, derivando la corriente al suelo en caso de fallas, que permiten la protección de la persona que se encuentra en contacto con la instalación.
 - Interruptores o relés: La mayoría de ellos persiguen el objetivo de evitar electrocuciones, pero también sirven para impedir que se produzcan cortocircuitos, sobrecargas, y daños en el circuito eléctrico y/o en sus componentes.
 - Otros protectores y aislantes.
- Iluminación: El objetivo de una correcta iluminación en la industria es proporcionar una visibilidad eficiente y cómoda en el trabajo, que permite el aumento de la productividad y la disminución de errores y accidentes, así como la correcta limpieza y mantenimiento del espacio. Algunos de los factores que entran en juego a la hora de seleccionar la iluminación son: el tipo de trabajo a desarrollar, los requerimientos de seguridad y comodidad, las luminarias que proporcionen la luz requerida, entre otros.
- Iluminación de emergencia: Además de contar con una buena iluminación para llevar a cabo las tareas del proyecto, es necesario garantizar un suministro de luz con conexión independiente que permita la correcta visualización de vías de evacuación en caso de interrupción del servicio normal.
- Pararrayos: Es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo ionizando el aire para excitar, llamar y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a las personas o construcciones.



13.2. Requerimiento de iluminación

El nivel de iluminación correcto, que se mide en *lux* (lm/m^2), para cada sector depende de dos variables: las dimensiones que poseen estos en m^2 y el flujo luminoso necesario de acuerdo al trabajo que se realice en él, medido en *lumen* (lm).

El nivel mínimo de iluminación requerida por los diversos espacios físicos de la planta está calculado en base a los requisitos de las normas IRAM, los cuales se muestran en la Tabla 13-1.

Tabla 13-1: Requisitos mínimos de iluminación según norma IRAM.

Clase de actividad visual	Iluminación sobre el plano de trabajo (lux)
Visión ocasional solamente	100
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes	100 a 300
Tareas moderadamente críticas y prolongadas, con detalles medianos	300 a 750
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste	750 a 1.500
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	1.500 a 3.000
Tareas excepcionales, difíciles o importantes	5.000 a 10.000
Tipo de edificio, local y tarea visual	
Circulación general	100
Iluminación general sobre escaleras y pasarelas	200
Sobre equipos	400
Laboratorio de ensayo y control	600
Iluminación sobre el plano de lectura de aparatos	600
Panel de control	600
Sala de calderas	600
Baños	150
Comedor	200
Oficinas	600

Fuente: Norma IRAM-AADL J 20-06.



13.3. Adopción de tipos de luminarias para iluminación

La iluminación de calidad es un factor de rendimiento y productividad en el espacio de trabajo. A la hora de adoptar las lámparas a utilizar, se tienen en cuenta los siguientes factores:

- Las dimensiones del espacio.
- La tarea a realizar en dicho espacio y la cantidad de electricidad que precisa dicha tarea.
- La exposición al medio ambiente y a la luz natural.
- El consumo, costo y mantenimiento de la instalación eléctrica.

Se establecen tres sectores dentro de la empresa a fin de agrupar en ellos zonas con requerimientos similares que precisen el mismo tipo de luminaria:

- Sector 1: Zonas cubiertas, que incluyen espacios tales como baños, vestuarios, comedor, oficinas, pasillos y laboratorio.
- Sector 2: Zonas cubiertas de producción y de almacenamiento (materias primas, insumos y producto).
- Sector 3: Zonas a la intemperie.

Se considera la marca Philips como proveedor de la luminaria necesaria y se detallan las características de las lámparas a utilizar en cada sector en la siguiente tabla (Tabla 13-2):

Tabla 13-2: Lámparas adoptadas para el proceso.

Sector	Modelo	Serie	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)
Sector 1	MasterConect LED tube	1.200 mm UO 16,5W840 T8	16,50	2.500
Sector 2	GreenPerform Highbay G5	BY698P G5 LED105/CW PSD	72,00	10.500
Sector 3	RoadFlair Gen2	BRP491 LED142/NW	100,00	14.200

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por Philips.

Para determinar el número de lámparas necesarias para cada sector de la planta de acuerdo al nivel de iluminación requerido en cada uno, seleccionado según las recomendaciones de la ley 19.587 “Higiene y Seguridad en el trabajo” decreto 4160, se utiliza la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{E * S}{F_m * F_u * I_L}$$

Donde:

- E: Nivel de iluminación requerido en el sector dependiendo del tipo de actividad realizada (lux).



- S: Superficie del sector (m²).
- Fm: Factor de mantenimiento.
- Fu: Factor de utilización.
- IL: Flujo luminoso de la lámpara utilizada (lm).

El factor de mantenimiento (Fm) es un coeficiente adimensional que depende del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Se recomienda utilizar los siguientes valores dependiendo del sector donde se ubique la luminaria:

- 90% para alumbrados interiores que presentan una polución del ambiente reducida.
- 70% para luminarias de exterior.

El factor de utilización (Fu) indica el rendimiento de las luminarias ubicadas en los distintos sectores analizados. Para su obtención, se debe calcular primeramente el índice del local (K) mediante la siguiente ecuación:

$$K = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

Dónde:

- K: índice del local.
- a: largo de la superficie.
- b: ancho de la superficie.
- h: altura de las lámparas.

A su vez, se debe conocer el nivel de reflectancia de las paredes y el techo, adoptándose un factor de reflexión de 0,5 en cada caso, considerando que dichas superficies presentan un color claro.

A continuación, se detallan las características de las luminarias elegidas para cada sector (Tabla 13-3), el número de lámparas en cada uno y el consumo eléctrico de las mismas.

Tabla 13-3: Luminarias interiores.

Sector	E (lux)	S (m ²)	F _u	F _m	I _l (lm)	Nº de lámparas calculadas	Nº de lámparas adoptadas
Oficinas y otros	600	185,09	1	0,7	2.500	63,46	64
Laboratorio	600	92,55	1	0,7	2.500	31,73	32
Zona de muestreo	600	10,40	1	0,7	2.500	3,57	4
Sala de control/panel	600	20,79	1	0,7	2.500	7,13	8



Sala de tableros	600	20,79	1	0,7	2.500	7,13	8
Nave de la planta	600	1.633,50	1	0,7	10.500	133,35	134
Depósito/pañol	600	20,79	1	0,7	10.500	1,70	2
Comedor, baños y vestuarios	200	92,55	1	0,7	2.500	10,60	11
Baños nave industrial	200	10,40	1	0,7	2.500	1,19	2
Galpón G-001	600	140,00	1	0,7	10.500	11,43	12
TOTAL LUMINARIA INTERIOR							277

Fuente: Elaboración propia.

13.4. Luminaria exterior

La iluminación de áreas exteriores, tales como playa de estacionamiento, vías de circulación, zona de tanques peligrosos y zona de servicios auxiliares; requieren de reflectores para resistir las condiciones ambientales exteriores.

Para determinar el número de reflectores, primero se calcula el flujo luminoso total (φ) mediante la siguiente ecuación:

$$\varphi = \frac{N_i * S}{K}$$

Dónde:

- N_i : nivel de iluminación deseado.
- S : superficie a iluminar.
- K : coeficiente de utilización.

Se adopta un valor de K entre 0,20 y 0,35, considerando la existencia de pérdidas de flujo luminoso por condiciones ambientales.

Una vez obtenido el flujo luminoso total, se calcula el número de reflectores necesarios mediante la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{ de reflectores} = \frac{\varphi}{\varphi_i}$$

Dónde:

- φ_i : flujo de cada luminaria.

En la siguiente tabla (Tabla 13-4) se resumen los datos obtenidos mediante estos cálculos:



Tabla 13-4: Luminarias exteriores.

Sector	Nivel de iluminación	S (m ²)	φ _i (lm)	Número de lámparas
Playa de estacionamiento	100	103,20	14.200	3
Vías de circulación	100	1.800,00	14.200	51
Zona de servicios auxiliares	200	800,00	14.200	45
Zona de tanques peligrosos	200	189,00	14.200	11
TOTAL LUMINARIA EXTERIOR				110

Fuente: Elaboración propia.

13.5. Consumo total de energía eléctrica

13.5.1. Consumo de iluminación

En la Tabla 13-5 se pueden observar los consumos diarios y anuales de las luminarias en cada uno de los sectores.

Tabla 13-5: Consumo de iluminación.

Tipo de iluminación	Nº de lámparas	Potencia (kW)	Frecuencia (h/día)	Consumo diario (kWh/día)	Consumo anual (kWh/año)
Interior	129	0,0165	24	51,10	17.368,60
	148	0,072	24	255,75	86.953,00
Exterior	110	0,100	14	154,00	52.360,00
CONSUMO TOTAL				460,85	156.681,60

Fuente: Elaboración propia.

13.5.2. Consumo de los equipos

En la siguiente tabla (Tabla 13-6) se detallan los consumos de potencia de cada equipo por día, considerando las horas de funcionamiento en un ciclo de producción de 340 días/año.

Las bombas se subdividen en dos grandes grupos: aquellas que se encuentran funcionando 24 horas por día, denominadas *bombas 1*, y aquellas que funcionan 12 horas por día, denominadas *bombas 2*. A su vez, a los equipos destinados al transporte físico de sólidos, tales como cintas transportadoras, tornillos sinfín y elevadores de cangilones, se los agrupa bajo la denominación de *transportadores*. Aquellos equipos destinados a la agitación de los tanques *RT-101*, *RT-102*, *RT-103*, *TN-401*, *TK-001*, *TK-006*, *TP-101*, *TP-102* y *TP-601*, son considerados bajo el nombre de *agitadores*. Los demás equipos involucrados en el proceso se enlistan según la codificación dispuesta en los capítulos anteriores.



Tabla 13-6: Consumo de potencia de los equipos de proceso.

Equipos	Potencia (kW)	Consumo eléctrico (kW/h)	
		Consumo diario	Consumo anual
Bombas 1	22,74	545,76	185.558,40
Bombas 2	0,47	5,64	1.917,60
Transportadores	45,09	1.082,16	367.934,40
Agitadores	261,25	6.270,00	2.131.800,00
PD-301/302	237,00	5.688,00	1.933.920,00
CS-201/202/203	33,00	792,00	269.280,00
WS-201/202	22,00	528,00	179.520,00
ML-001	30,00	720,00	244.800,00
EX-601A/B/C/D	640,00	15.360,00	5.222.400,00
CT-001/002/003	57,00	1.368,00	465.120,00
Módulo de refrigeración	597,00	14.328,00	4.871.520,00
Bomba de vacío	0,75	18,00	6.120,00
Aire comprimido	22,00	528,00	179.520,00
Módulo de efluentes	22,00	528,00	179.520,00
TOTAL	1.990,30	47.761,50	16.238.906,00

Fuente: Elaboración propia.

13.5.3. Consumo total

El consumo total de energía eléctrica de la planta, que contempla el consumo de los equipos involucrados en la producción y servicios auxiliares como así las luminarias, se detalla en la siguiente tabla (Tabla 13-7):

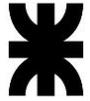
Tabla 13-7: Consumo total de energía eléctrica.

Tipo de consumo	Consumo diario (MW/h)	Consumo anual (MW/h)
Equipos	47,76	16.239,00
Iluminación	0,46	156,68
TOTAL	48,22	16.395,68

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 14

HIGIENE Y SEGURIDAD



14. HIGIENE Y SEGURIDAD

La higiene y seguridad industrial hacen referencia al conjunto de medidas que se toman en los lugares de trabajo con el fin de reducir peligros y riesgos, evitando así accidentes laborales y minimizando sus consecuencias. Con la implementación de estas medidas se busca tanto proteger la vida y la salud de los trabajadores, como disminuir los impactos medioambientales que se puedan llegar a generar.

En el presente capítulo se detallan las normativas legales que deben implementarse en todas las empresas, ya sea durante el diseño de un proceso como en el desarrollo diario del mismo. Además, se presentan las propiedades de las sustancias involucradas en el proceso de obtención del polímero biodegradable y las medidas de seguridad que se deben tomar para su correcta manipulación.

14.1. Legislación industrial

Es necesario conocer y consultar la legislación industrial a la hora de diseñar una planta de producción para lograr el correcto enfoque en la seguridad de personas, tanto internas como externas a la empresa, bienes y medio ambiente.

Se tiene en cuenta la legislación vigente en el país, en lo que respecta a seguridad industrial, en el desarrollo del diseño de la planta de producción del polímero biodegradable. Estas leyes son:

- Ley de seguridad e higiene en el trabajo N°19.587/72 y su decreto 351/79.
- Ley de riesgos de trabajo N°24.557/95.

Se consideran, también, las recomendaciones y exigencias establecidas por organizaciones internacionales que se ocupan de la seguridad industrial.

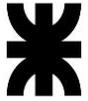
14.2. Gestión de higiene y seguridad

Las responsabilidades y toma de decisiones en cuestiones relacionadas a la seguridad e higiene industrial recaen sobre los miembros del Departamento de Higiene, Seguridad y Medioambiente de la empresa.

Este departamento debe encargarse de identificar, prevenir y controlar los riesgos que se presenten en el ámbito de trabajo, y tomar acciones para preservar y mantener la integridad de los trabajadores y de las personas vinculadas con el desarrollo del proyecto. Además, deben garantizar el cumplimiento de las prácticas relacionadas con la protección del medio ambiente. Por lo tanto, los responsables de este departamento deben involucrarse íntimamente con el proceso productivo.

14.3. Seguridad en el diseño

Todas las áreas de la ingeniería de diseño deben satisfacer las reglamentaciones específicas de seguridad, así como códigos y recomendaciones.



14.3.1. Proceso

Existen áreas donde los riesgos potenciales exceden a las expectativas normales de riesgo en la planta, y es trabajo de los diseñadores remarcar esas áreas. Algunos riesgos potenciales son:

- Temperaturas máximas y mínimas.
- Presiones máximas y mínimas.
- Reacciones peligrosas.
- Materias tóxicas y peligrosas.
- Materias corrosivas.

En el Capítulo 6, se detalla el proceso productivo de la obtención del polímero biodegradable y se describen las condiciones de proceso pudiendo establecer aquellas que significan mayores riesgos.

14.3.2. Diseño de equipos

Las recomendaciones para el diseño detallado de los equipos deben ser semejantes a las hechas para el diseño del proceso. Se enlistan a continuación, las consideraciones a tener en cuenta a la hora de diseñar los equipos:

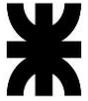
- Temperaturas máximas de diseño.
- Presiones máximas de diseño.
- Protecciones frente a partes móviles del equipo.
- Aislamiento acústico.
- Aislamiento térmico.
- Aislamiento para protección personal.
- Soportes a prueba de fuego.

En el Capítulo 8 del presente proyecto, se detallan los equipos principales utilizados en el proceso de producción del polímero biobasado, junto con su diseño o adopción según corresponda.

14.3.3. Obras civiles y estructurales

Las obras e instalaciones deben construirse satisfaciendo los códigos de seguridad y construcción locales y nacionales, incluyendo aquellas normas específicas para instalaciones especiales. Se deben tener en cuenta los siguientes puntos que se contemplan con mayor detalle en el Capítulo de Obras Civiles:

- Seguridad en espacios interiores.
- Materiales de construcción.
- Seguridad en materiales de construcción.
- Sectorización de la planta.
- Emplazamiento de edificios.



- Diseño frente a terremotos.
- Diseño considerando la carga máxima de viento.
- Cargas de diseño para equipos y tuberías.
- Cargas máximas combinadas.
- Equipo para elevación de piezas.
- Protección contra el fuego de las estructuras.
- Caminos interiores.

Además, deben contemplarse los aspectos eléctricos de seguridad en la instalación u el diseño. Algunas consideraciones son:

- Dimensionado de cables.
- Protección frente a fallos.
- Puesta a tierra.
- Protección de los cables contra el fuego.
- Generación de energía de emergencia.

En el Capítulo 13 se abarcan con mayor detalle las instalaciones eléctricas y conexiones de la planta de producción del polímero biodegradable.

14.3.4. Protección contra incendios

Es necesario garantizar un sistema adecuado de protección contra incendios en toda la planta de procesamiento, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Sistemas de agua contra incendios.
- Sistemas de agua de reserva.
- Mangueras, hidrantes y monitores contra incendios.
- Extintores contra incendios.
- Alarmas de incendio.

Para lograr una correcta protección es necesario contemplar todas las áreas de diseño del proyecto, incluyendo tanto factores técnicos como humanos.

14.4. Seguridad en la construcción de la planta

En la construcción de las instalaciones, interviene personal ajeno a la propia empresa industrial contratado para dicho fin. Esta situación implica consideraciones particulares a la hora de garantizar la seguridad, las cuales se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Seguridad en los propios trabajos de construcción: Debe existir una correcta coordinación de la información entre la empresa propietaria y la empresa constructora, garantizando así la notificación y el cumplimiento de los procedimientos de seguridad en la construcción.
- Seguridad y control de calidad de la construcción: Debido a que la calidad de la obra y de las instalaciones influyen ampliamente en la seguridad y el



mantenimiento de las mismas, es importante realizar un control cuidadoso de dicha calidad para garantizar el éxito del proyecto.

14.5. Seguridad en la puesta en marcha

La primera puesta en marcha de la planta constituye uno de los procesos más peligrosos debido a que pueden haberse realizados errores en el diseño o en los materiales adoptados que no se hayan descubierto previamente, lo que implica un riesgo para los equipos y operarios. Es por este motivo, que se realizan pruebas previas a la puesta en marcha definitiva utilizando fluidos no peligrosos y, una vez garantizada la no peligrosidad del proceso, se introducen los materiales peligrosos lentamente y de forma secuencial para lograr la puesta en marcha definitiva de la planta. El departamento de higiene y seguridad es el encargado de realizar el chequeo general de todos los sectores de la empresa y dar el visto bueno para la continuación del proyecto.

14.6. Seguridad en la operación

Para asegurar una operación no peligrosa en el tiempo, no basta con considerar únicamente las características técnicas del proceso y de los controles de seguridad, sino que también se deben contemplar los aspectos operativos y organizativos, tales como errores humanos, mantenimiento inadecuado, conocimiento y comprensión escasos por los operarios, entre otros.

14.7. Seguridad en el mantenimiento

Las instalaciones pueden sufrir averías o desgastes por su uso y por la acción de factores tanto internos como externos, como ser corrosiones y envejecimientos, entre otros. Es por este motivo, que es importante garantizar un mantenimiento eficaz que contribuya a la seguridad de instalaciones y operaciones.

Se implementan dos tipos de mantenimientos, complementarios entre sí:

- **Mantenimiento correctivo:** Hace referencia a la intervención correctora de las averías con rapidez, eficiencia y seguridad en la propia acción correctora, disponiendo de los repuestos necesarios para lograr este objetivo.
- **Mantenimiento preventivo:** Involucra inspecciones periódicas de todos los elementos de las instalaciones a fin de lograr la reparación o sustitución de los mismos antes de que se materialice la avería.

El mantenimiento de la planta se encuentra a cargo del personal especializado en el tema según lo estipulado en el Capítulo de Organización de la Empresa.



14.8. Seguridad de prevención, defensa y actuación

Aún garantizado la prevención y el mantenimiento periódico, pueden suceder incidentes, accidentes o siniestros por causas imprevisibles o de fuerza mayor. Es por ello que se deben considerar acciones de prevención, defensa y actuación frente a siniestros, como complemento a las acciones antes nombradas.

14.8.1. Orden y limpieza

Tanto el personal a cargo de la limpieza como cada empleado y operario deben asumir la responsabilidad de mantener el orden y la limpieza de sus puestos de trabajos y de la planta en general. Los empleados se instruyen sobre el asunto en la capacitación sobre seguridad e higiene que se detalla más adelante.

14.8.2. Señalización

Existen diversas señales que deben estar presentes en la industria según lo dispuesto por la legislación vigente. La señalización no elimina riesgos, sino que es un complemento que tiende a evitar o reducir la cantidad de accidentes al indicar como actuar de manera rápida, organizada y eficaz frente a una situación de riesgo.

Estas señales pueden presentarse de varias maneras siendo las más empleadas las ópticas y acústicas.

Las señales ópticas son el resultado de la combinación de formas geométricas, colores y simbologías a las cuales se les atribuye un significado determinado. A continuación, se muestran algunas señales que pueden encontrarse en la planta industrial (Figura 14-1) y su significación:



Figura 14-1: Señalización de una planta industrial.
Fuente: Google Imágenes.



- Señales de prohibición: Son aquellas que indican comportamientos que no se deben realizar porque implican riesgo o peligro. Estas señales destacan por ser circulares, con un borde y banda transversal de color rojo y con un pictograma negro sobre fondo blanco.
- Señales de advertencia: Indican la necesidad de atención, precaución y verificación porque puede existir un riesgo. Presentan una forma triangular, con bordes y pictograma negros sobre un fondo color amarillo.
- Señales de obligación: Establecen la obligatoriedad de realizar algún comportamiento o acción específica. Presentan una forma circular en donde se aprecia un pictograma blanco sobre fondo azul.
- Señales de salvamento o auxilio: Son aquellas que indican vías de salvamento o auxilio, como ser salidas de emergencia, puestos de socorro, puertas de salida, entre otros. Se caracterizan por presentar una forma rectangular o cuadrada donde se presenta un pictograma blanco sobre un fondo verde.

Señalización de cañerías

La norma IRAM 2507 establece un código para identificar los materiales que se transportan a través de cañerías, mediante una identificación de color. En la siguiente tabla (Tabla 14-1) se puede observar el significado de cada color:

Tabla 14-1: Señalización de cañerías según la norma IRAM 2507.

Producto	Color fundamental
Elementos para la lucha contra el fuego	Rojo
Vapor de agua	Naranja
Combustibles (líquidos y gaseosos)	Amarillo
Aire comprimido	Azul
Electricidad	Negro
Vacío	Castaño
Agua fría	Verde
Agua caliente	Verde con franjas naranja

Tarjetas de seguridad

Esta es una señalización de carácter temporal que sirve para indicar cuando un equipo se encuentra en reparación y, por lo tanto, establece la presencia de peligro. Al colocar esta indicación se establece que el equipo o mecanismo circundante (válvulas, interruptores, etc), no debe ser operado bajo ningún concepto.

Algunos ejemplos de estas tarjetas se pueden apreciar en la siguiente figura (Figura 14-2):

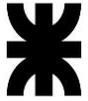


Figura 14-2: Tarjetas de seguridad.
Fuente: Google Imágenes.

14.8.3. Protección colectiva

Se denomina como protección colectiva a todas las medidas de protección pasiva que se tienen en cuenta en las diversas áreas. A continuación, se observan aquellos equipos y agentes extintores de fuego que existen en la planta (Figura 14-3), a modo de resumen.



Figura 14-3: Equipos extintores de fuego.
Fuente: Matafuegos del Parque.

Cabe destacar que el equipo a utilizar depende del tipo de fuego que generen las diversas sustancias manipuladas. Estos equipos deben encontrarse dispuestos, acorde a las



normativas vigentes, en lugares visibles y de fácil acceso de forma que se puedan tomar rápidamente en caso de incendio.

14.8.4. Procedimiento de extinción

El departamento de Higiene, Seguridad y Medioambiente, debe garantizar que la protección contra incendios sea plasmada en el diseño de la planta, comprendiendo factores tanto técnicos como humanos, y, a su vez, debe asegurar que se cumpla lo dispuesto posteriormente en la práctica.

Si se descubre un incendio se deben tomar las siguientes acciones en el orden que se establece:

1. Ubicar el foco de incendio.
2. Alejar materiales explosivos, inflamables o combustibles del lugar del incendio.
3. Determinar qué material se quema para proceder a apagar el fuego con los elementos apropiados.
4. Establecer la proporción del incendio para disponer la cantidad de elementos necesarios.
5. Pedir colaboración si ello fuera necesario.

Al atacar el fuego se debe:

- Cortar la corriente eléctrica en el sector.
- Cortar toda corriente de aire en caso de ser posible.
- Atacar el fuego lo más cerca posible, con viento a favor de modo de aprovechar al máximo la capacidad del elemento extintor.
- Desde la menor distancia posible, dirigir el chorro sobre la base del fuego y no al centro, barriendo en zigzag y en lo posible alrededor del incendio para atacarlo por todos los costados.
- Circunscribir el fuego para evitar su propagación.
- Utilizar el material indispensable con el máximo rendimiento, teniendo en cuenta que cada extintor o boca de incendio abastece a una zona que no debe quedar desprotegida en ningún momento, salvo que sea por una razón bien justificada.
- Actuar siempre con celeridad y serenidad.

El personal de la empresa debe estar capacitado para reaccionar ante casos de incendio, mediante el aprendizaje de maniobras y la realización de simulacros.

14.8.5. Plan de emergencia y evacuación

En caso de que ocurra una emergencia, se debe poner en acción el plan de emergencia y evacuación, el cual es de conocimiento general por la totalidad del personal.



De ocurrir un siniestro, las personas deben comunicarse con el departamento de Higiene, Seguridad y Medioambiente, citando la emergencia observada y el lugar dónde se desarrolla, a fin de recibir instrucciones acerca de cómo accionar. A su vez, las líneas telefónicas usadas para la comunicación interdepartamental también cuentan con la posibilidad de realizar llamadas al exterior, en caso de ser necesaria ayuda externa.

Si la eventualidad requiere una evacuación total, las personas presentes en el predio deben ser informadas mediante tres toques prolongados de sirena. Esta alarma da la pauta de dirigirse a la salida de emergencia más alejada del sector del siniestro. El plan de evacuación debe incluir los siguientes puntos:

1. Reconocimiento del sonido de la alarma.
2. Plano indicativo de salidas de principales y secundarias.
3. Designio de las personas encargadas de dar aviso a los bomberos.
4. Abandono total de las actividades y salida del recinto en forma segura, rápida y en silencio.
5. Punto establecido de reunión fuera del edificio.
6. Método para verificar si quedan personas en el interior del edificio.

Se debe disponer de un plan alternativo, que se pone en marcha en caso de que no sea posible cumplir con el plan original.

Para garantizar una buena evacuación cuando las circunstancias lo requieran, el personal debe efectuar una capacitación donde se realicen simulacros tanto del plan original como el alternativo.

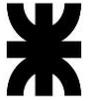
14.8.6. Sistema de alarma

La planta estará equipada con un sistema de alarma contra incendio compuesto de los elementos que se muestran a continuación:

- Una alarma contra incendios conectada a un grupo electrógeno que garantice su funcionamiento.
- Sistemas de aspersión automática de agua.
- Detectores de humo dispuestos en los sectores cerrados de la planta que se encargan de activar la alarma contra incendios.

14.8.7. Protección individual

Dependiendo de la tarea que realice, cada trabajador debe contar con una protección individual que brinde la mejor protección y comodidad para el desempeño de la misma. Estas protecciones sirven para minimizar los riesgos a los que están expuestos los trabajadores y, por tanto, deben ser inspeccionados y almacenados correctamente. Además, es necesaria su limpieza y desinfección.



La protección personal de los trabajadores se encuentra legislada bajo las normas IRAM, las cuales establecen que la selección del elemento de protección está determinada por la peligrosidad del agente, el tiempo de exposición y el nivel de contacto frente al producto agresivo.

A continuación, se detallan los equipos de protección que se utilizan según la zona del cuerpo a proteger:

- Protección corporal: La ropa de trabajo debe presentar las siguientes características:
 - Ser de tela flexible que permita una fácil y rápida limpieza y desinfección.
 - Ajustar bien al cuerpo del trabajador sin dificultar sus movimientos ni comodidad.
 - Presentar mangas largas que ajusten correctamente siempre que sea posible.
 - Por razones higiénicas y de seguridad, se deben evitar o reducir elementos adicionales como bolsillos, botones, cordones, entre otros.
 - De ser necesario, utilizar tela impermeable, incombustible y resistente a sustancias agresivas.

Los trabajadores deben ser dotados de delantales, mandiles, chalecos, fajas o de otros elementos que puedan resultar necesarios para el desarrollo de su tarea. A su vez, se encuentra prohibido el uso de elementos que puedan originar riesgos adicionales, tales como corbatas, pulseras, colgantes, bufandas, entre otros.

- Protección craneana: Los trabajadores deben utilizar casco de seguridad siempre que exista riesgo de caída del operario o de materiales sobre él, o bien contacto eléctrico. Su uso es personal y obligatorio, y debe ser cambiado al sufrir algún impacto violento.
- Protección ocular y/o facial: Si existe riesgo de proyecciones o salpicaduras, o si se presenta exposición a radiaciones o atmósferas contaminadas, los operarios deben utilizar gafas o pantallas de seguridad adecuadas.
- Protección respiratoria: Este elemento debe utilizarse cuando la concentración de polvo, de diferentes gases y/o vapores presentes en el aire supere los valores estipulados en la legislación vigente. Su elección dependerá del tipo de contaminante, el tiempo de exposición y las características del trabajo a realizar, pudiendo optarse entre barbijos, respiradores, máscaras faciales o equipos autónomos.



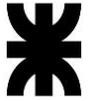
- Protección de pies: Este tipo de protección es obligatoria en todos los campos de acción ya que protegen de:
 - Caída de elementos pesados y objetos punzantes.
 - Pinchaduras.
 - Cables o conexiones eléctricas expuestas.
 - Manipulación de elementos químicos o hidrocarburos.

Se pueden emplear zapatos, botines o botas de seguridad (con puntera y/o suela de acero) según corresponda. Si se utilizan herramientas o equipos que puedan dañar los miembros inferiores, es obligatorio el uso de polainas de cuero.

- Protección de manos y brazos: Se requiere el uso de guantes de seguridad siempre que exista exposición a los siguientes peligros:
 - Contacto con sustancias peligrosas.
 - Cortes y raspaduras severas.
 - Quemaduras químicas o térmicas.
 - Trabajar con circuitos eléctricos o cerca de ellos (en este caso los guantes deben ser dieléctricos).
- Protección auditiva: Esta protección es obligatoria si el operario se encuentra expuesto a un nivel sonoro mayor a 85 db o bien cuando el ruido existente sea tal que no se pueda escuchar a una persona a menos de un metro de distancia. Para que estos elementos sean eficaces deben ser empleados en todo el momento que dure la exposición. Los tipos más comunes son:
 - Insertores: Se insertan dentro del conducto auditivo externo. Su nivel de atenuación oscila en el rango de los 25 db.
 - Cobertores o de Copa: Cubren todo el pabellón de oído y la zona ósea. El nivel de atenuación es de hasta 45 db.
 - Desechables: Son aquellos que duran solo una jornada de trabajo y luego de usarlo se tiran.
- Protección en altura: Siempre que se realicen trabajos en techos, azoteas, andamios o toda superficie por encima de los 1,80 metros que no presente baranda de protección, es obligatorio el uso de cinturón o arnés de seguridad. Este elemento de protección debe encontrarse amarrado a un elemento resistente, el cual precisa ser revisado frecuentemente.

14.8.8. Selección y capacitación

A la hora de seleccionar a los empleados, la empresa debe tener en cuenta los riesgos de las respectivas tareas y operaciones de cada puesto y así elegir a los operarios, de acuerdo



con sus aptitudes físicas y psíquicas, de tal manera que se garantice la seguridad de todo el personal. Es por ello que la tarea de selección del personal se debe efectuar de manera conjunta y coordinada entre el Departamento de Higiene, Seguridad y Medioambiente, los servicios de medicina y otras dependencias relacionadas.

A su vez, la empresa tiene la obligación de desarrollar programas de capacitación para adiestrar a todo el personal sobre lo concerniente a la higiene y seguridad industrial de la planta. Estas capacitaciones deben realizarse en todos los niveles jerárquicos de la empresa y deben constar de:

- Cursillos teóricos que contengan información sobre operaciones, seguridad general, defensa contra incendios (prevención y extinción), primeros auxilios, planes de emergencia y mantenimiento.
- Entrenamiento práctico:
 - Ejercicios de extinción contra el fuego.
 - Simulacros de emergencia.
 - Simulacros de primeros auxilios.

La empresa hará acuerdos con la compañía de seguros para que sea esta quien, a través de medios y personas puestos a tal disposición, se encargue de impartir los cursillos y el entrenamiento relativos a la seguridad.

14.8.9. Servicio de medicina laboral

Con el fin de cumplir con la normativa vigente, presente en la Ley N°19.587, la empresa debe contar con un servicio de medicina que contemple los siguientes puntos:

- Servicio de medicina desarrollado por profesionales médicos que se encarguen de brindar las prestaciones mínimas y la acción inmediata en caso de emergencias y accidentes.
- Exámenes médicos.
- Responsabilidad de asesoramiento (higiene y seguridad en los ambientes laborales).
- Sala con botiquín de primeros auxilios y capacitación a los trabajadores sobre el manejo del mismo.
- Botiquines en cada sector de la planta y capacitaciones específicas al personal sobre cómo reaccionar frente a un accidente relacionado con las sustancias que se manejan en cada área.
- Servicio de medicina externa para el caso de emergencias de mayor envergadura.



14.8.10. Parada de planta

Pueden ocurrir emergencias o accidentes tales que requieran la necesidad de parar la planta. Para desarrollar este propósito, todos los equipos deben poseer dispositivos automáticos que aseguren la interrupción de su accionar cuando se produzca alguna anomalía. En caso de originarse un incendio, la planta completa debe someterse a un cese de actividad.

14.9. Seguridad medioambiental

La legislación vigente establece una serie de normativas que tienen como objetivo preservar el medioambiente y el bienestar humano mediante la disminución de los impactos sobre el ambiente externo a la planta.

Estos objetivos deben estar previstos en el diseño de la planta, tomando las acciones necesarias para evitar los impactos o bien para actuar de forma rápida si se produjese alguna eventualidad.

14.9.1. Política medioambiental

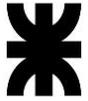
Todos los procesos productivos generan residuos, los cuales pueden ser tóxicos o dañinos para el medioambiente y la salud de las personas. Es por eso que la generación, manipulación y almacenamiento de estos es considerada una responsabilidad de todo el personal de la empresa. Además, la disposición final de los mismos se encuentra regulada en las normativas vigentes y, por tanto, en el diseño de la planta se deben contemplar las medidas necesarias para su correcto vertido al ambiente exterior.

A continuación, se detallan los tres tipos de residuos que pueden presentarse en una empresa.

Residuos sólidos

Estos residuos se pueden clasificar en:

- Recuperables: Aquellos materiales que pueden ser reciclados o reutilizados, tales como cartones, papeles, metal, vidrios, entre otros.
- Residuos asimilables a urbanos: Son los generados por la actividad diaria del personal, entre los cuales se pueden encontrar restos de comida, cartones sucios, cintas de embalaje, entre otros. Estos deben ser dispuestos en contenedores destinados para ese fin.
- Chatarra: Si se presenta la generación de chatarra, se debe llevar a un sector separado de las actividades de la planta donde puedan ser recogidos por empresas especializadas.
- Residuos especiales o peligrosos: Este tipo de residuo debe mantenerse alejado y con una identificación que establezca que se trata de un residuo



peligroso. La disposición final dependerá del tipo de residuo y debe tercerizarse de no contar con los medios para su tratamiento.

El objetivo de la empresa es minimizar la generación de este tipo de residuos y, en los casos en que no se puedan evitar, disponerlos correctamente según su clasificación.

Efluentes líquidos y gaseosos

En las plantas productivas se generan dos tipos de efluentes líquidos, los cuales se clasifican en:

- Efluentes domésticos y cloacales: Son aquellos generados por el uso de instalaciones para el personal, tales como las instalaciones sanitarias, y son enviados directamente a la colectora cloacal del propio parque industrial para su tratamiento.
- Efluentes pluviales: Son los generados por la precipitación de agua de lluvia y no presentan necesidad de ser tratados, sino que deben ser conducidos por canales o desagües hasta terreno absorbente.

Aquellos efluentes fluidos que sean generados por el proceso productivo, se encuentran considerados en el Capítulo 14 de tratamiento de efluentes.

14.10. Hojas de seguridad

Las hojas de seguridad o *data sheet* son planillas donde se encuentra la información pertinente a un compuesto determinado, indicando sus características y la correcta manipulación del mismo a fin de cumplir con las condiciones de higiene y seguridad adecuadas.

En el Anexo se encuentran las planillas de aquellas sustancias manipuladas en la producción del polímero biodegradable, las cuales son:

- Ácido sulfúrico
- Agua amoniacal
- Etanol
- Furfural
- Glicerol
- Nitrógeno
- Refrigerante R-134a

CAPÍTULO 15

ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA



15. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

Se puede definir como empresa a un sistema social integrado por un conjunto de personas y medios, con la finalidad de conseguir objetivos en común. El logro eficaz de estos objetivos necesita de una organización que garantice la coordinación coherente de todos los medios y personas que forman parte de esta. A su vez, la empresa es un lugar en donde se desarrolla una parte importante de la vida de los trabajadores, por lo que la integración de estos no se limita a asumir el puesto de trabajo, sino que implica también las relaciones interpersonales entre los miembros, así como la adaptación a la cultura y valores de la empresa.

En el siguiente capítulo se describe la organización de la empresa, los miembros que la conforman y el tipo de sociedad comercial establecido. Además, se presenta un organigrama que refleja el orden jerárquico dentro de la misma, y se definen los puestos de trabajo, junto con sus actividades y turnos correspondientes.

15.1. Tipo de sociedad

Cuando una o más personas realizan, de forma conjunta, una actividad económica ligada a bienes o servicios, estamos en presencia de una sociedad comercial. En el país, para conformar una sociedad comercial es obligatoria la constitución de la misma a través de un contrato, el cual deberá ser inscripto en el Registro Público de Comercio en la jurisdicción que corresponda. En éste deberán explicitarse datos personales de los integrantes, el capital en pesos argentinos y el porcentaje correspondiente a cada socio, así como la duración del acuerdo societario.

En Argentina, la Ley Nacional de Sociedades Comerciales N°19.550 establece una variedad de clasificaciones, dependiendo del alcance, los derechos y las obligaciones establecidas. Generalmente, se utilizan alguna de las siguientes:

- Sociedad de Responsabilidad Limitada (S.R.L)
- Sociedad Anónima (S.A)
- Sociedad por Acciones Simplificada (S.A.S)

La forma jurídica adoptada para la empresa es la *sociedad anónima*, en la cual el capital se encuentra dividido en acciones que pueden tener distinto valor nominal o tener vinculados diferentes privilegios y, a su vez, pueden transmitirse libremente. En este tipo de asociación, los accionistas no responden con su patrimonio personal a las deudas de la sociedad, sino con el capital que hayan aportado. Otras características de este tipo de forma jurídica se detallan a continuación:

- No existe un límite máximo de socios.



- Presentan gran dinamismo: simplicidad al momento de vender o transferir acciones.
- La organización debe estar compuesta por un directorio, un gobierno y un presidente.
- El capital mínimo exigido suele ser elevado.

15.2. Organización de la empresa

En toda empresa es indispensable contar con una estructura que indique la posición y función de cada empleado, las agrupaciones en departamentos y las autoridades designadas para los mismos. Una adecuada estructura proporciona orden, estabilidad y una correcta coordinación a lo largo de la empresa.

Para la producción del polímero biodegradable se opta por implementar una estructura organizativa jerárquica, en la cual se distinguen niveles con un grado de autoridad específico, subordinadas al nivel superior. En este caso, se decide trabajar con departamentos agrupados según la tarea a desempeñar. Cada departamento se encuentra dirigido por un jefe, el cual responde a la gerencia general y es responsable del personal correspondiente a su área. En la Figura 15-1 puede observarse un organigrama de la empresa.

15.3. Puestos de trabajo de cada área

En la siguiente tabla (Tabla 15-1), se detallan los diferentes puestos de trabajo, la cantidad necesaria de personal, la formación mínima requerida para el puesto y el horario en el que se desarrolla la actividad.

Tabla 15-1: Puestos de trabajo de cada área.

Departamento	Puesto de trabajo	Cantidad	Total	Formación mínima requerida	Turno
Gerencia	Gerente general	1	1	Ing. Químico	Central
Administración	Jefe de departamento	1	1	Lic. en administración de empresas	Central
	Asistente administrativo	1	1	Secundario completo	
Logística	Jefe de departamento	1	1	Lic. en Logística	Central
	Asistente administrativo	2	2	Secundario completo	
Recursos Humanos	Jefe de departamento	1	1	Lic. en Recursos Humanos	Central
Producción	Jefe de departamento	1	1	Ing. Químico	Central

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



	Supervisor	1/turno	4	Ing. Químico/Tec. Químico	Rotativo
	Panelista	1/turno	4	Ing. Químico/Tec. Químico	Rotativo
	Operario	3/turno	12	Técnico químico	Rotativo
	Calderista	1/turno	4	Calderista matriculado	Rotativo
	Auxiliar de caldera	1/turno	4	Estudios relacionados con el manejo de calderas	Rotativo
Calidad	Jefe de departamento	1	1	Ing. Químico	Central
	Analista de laboratorio	1/turno	4	Tec. Químico	Rotativo
Higiene, seguridad y medioambiente	Jefe de departamento	1	1	Ing. Químico con experiencia en el campo	Central
	Responsable de área	2	2	Ing. Químico	
Mantenimiento	Jefe de departamento	2	2	Ing. Mecánico Ing. Electrónico Ing. Electromecánico	Central
	Operarios	2/turno	8	Tec. Mecánico/ Tec. Electrónico/ Tec. Electromecánico	Rotativo
Total de empleados: 54					

*Los sectores correspondientes a la seguridad y la limpieza son tercerizados, por lo que no se incluyen en la tabla.

Fuente: Elaboración propia.

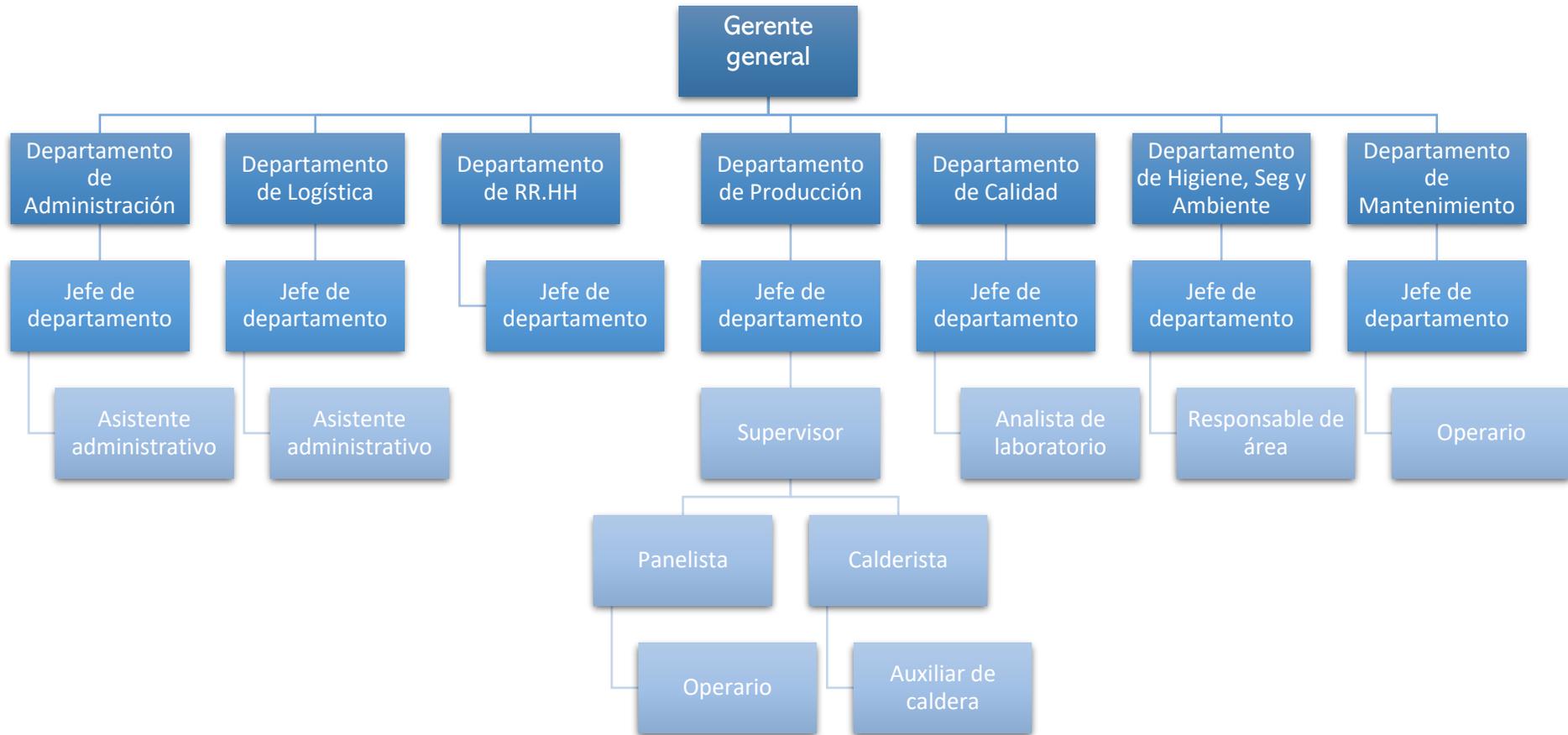
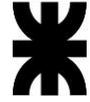
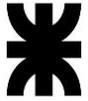


Figura 15-1: Organigrama de la empresa.
Fuente: Elaboración propia.



15.4. Descripción de los puestos de trabajo

A continuación, se describen los diferentes puestos de trabajos correspondientes a cada departamento en la empresa:

15.4.1. Gerencia

- Gerente general: Es la máxima autoridad de la empresa, y se encuentra encargado de tomar las decisiones que permiten cumplir con los objetivos establecidos. Algunas de sus funciones son:
 - Elaborar y aprobar planes de trabajo.
 - Controlar los costos y rentabilidad de la empresa.
 - Garantizar el cumplimiento de las normas y políticas establecidas por la empresa.
 - Representar a la entidad ante instituciones públicas y privadas.
 - Evaluar los resultados de los departamentos y actuar en consecuencia para mejorar o modificar las decisiones llevadas a cabo por los mismos.
 - Presentar los rendimientos a los accionistas.
 - Promover un ambiente laboral agradable.

15.4.2. Administración

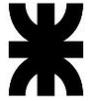
- Jefe de departamento: Es el encargado de la organización dinámica de la empresa, de optimizar las relaciones entre clientes y proveedores, de dirigir el área administrativa y llevar la parte contable de la empresa.
- Asistente administrativo: Algunas de sus tareas contemplan la atención a clientes, pedidos de cotización, liquidaciones de sueldos, pagos y cobranzas, compra de insumos, entre otros.

15.4.3. Logística

- Jefe de departamento: Se encarga de planificar, desarrollar, coordinar y llevar a cabo planes para la obtención de todos aquellos materiales, servicios y herramientas necesarios para la producción, almacenamiento y distribución de las materias primas y productos.
- Administrativo: Tienen como prioridad brindar apoyo al jefe del departamento, llevando a cabo tareas como la organización del stock, control de las materias primas y productos que ingresan y egresan de la planta, entre otros.

15.4.4. Recursos Humanos

- Jefe de departamento: Es el encargado del reclutamiento y la selección del personal, la evaluación de su desempeño, así como la organización y planificación de los puestos de trabajo, las responsabilidades, etc. Además, es



el encargado de prever las necesidades del personal a largo plazo, analizar los sistemas retributivos y de promoción interna.

15.4.5. Producción

- Jefe de departamento: Es la máxima autoridad dentro del área de producción. Es el encargado de la elaboración y el desarrollo de los productos, garantizando los estándares de calidad, higiene y seguridad establecidos por el sector correspondiente. Además, se encarga de administrar el personal del área, asignarles tareas y supervisar que se cumplan las reglas de conducta.
- Supervisor: Es el encargado controlar la producción durante su turno. Se encuentra a cargo de los operarios y debe coordinar las actividades entre los sectores de producción y autorizar actividades extraordinarias (mantenimiento, cambios de producción, etc).
- Panelista: Es el encargado de coordinar el paso de los productos a través de los diversos sectores de la planta. Controla las operaciones en modo automático y remoto desde la sala de control, debe vigilar que las variables se mantengan dentro de los parámetros establecidos y accionar en caso de que se activen las alarmas.
- Operario: Los operarios son los encargados de controlar que las variables de proceso (temperatura, presión, caudal, entre otras) se encuentren dentro de los parámetros establecidos, evitando grandes desviaciones y asegurando un correcto funcionamiento de los equipos. Deben también seguir la normativa establecida por el departamento de higiene, seguridad y ambiente, así como las normas de trabajo y de conducta. Por otro lado, son los encargados de tomar las muestras que posteriormente serán analizadas y de completar los informes correspondientes.
- Calderista: Es el jefe del sector de las calderas, por lo que es primordial su formación en este sector. Controla el funcionamiento de éstas, los parámetros a los que deben trabajar y actúa en caso de que ocurra alguna falla.
- Auxiliar de caldera: Entre sus tareas principales se encuentran brindar su ayuda al calderista, verificar la presencia de fugas, controlar los parámetros en campo, realizar muestras del agua tratada que ingresará a la caldera, entre otras.

15.4.6. Calidad

- Jefe de departamento: Es el encargado de evaluar el proceso de producción y establecer las características deseadas en las materias primas y productos finales, para luego poder definir los parámetros físico-químicos que se utilizan



para analizar y certificar la calidad de los lotes. Además, debe analizar las materias primas que ingresan a la planta y determinar la calidad de las mismas.

- Analista de laboratorio: Llevan a cabo los análisis sobre las materias primas, producto y coproductos. Deben dejar registrado los resultados obtenidos, las desviaciones en los parámetros y cualquier otra característica que encuentren pertinente.

15.4.7. Higiene, seguridad y medioambiente

- Jefe de departamento: Es el encargado de regular y hacer cumplir las leyes y reglas avocados a las normativas de seguridad e higiene en la fábrica, y las normativas ambientales establecidas. Debe también controlar el estado de las instalaciones y los usos de los elementos de protección por parte del personal, así como elaborar y brindar los programas de capacitación.
- Responsable de área: Son los encargados de integrar los programas de seguridad y prevención de accidentes, controles de pérdidas, higiene industrial, control ambiental, entre otros. Deben también identificar agentes potenciales de peligro y actuar en consecuencia.

15.4.8. Mantenimiento

- Jefe de departamento: Los jefes de departamento trabajan en conjunto para garantizar el mantenimiento, la reparación y el correcto funcionamiento de los piezas mecánicas y eléctricas de la planta industrial. Se encargan de diseñar los planes de mantenimiento anuales, así como también llevan un registro de los equipos, los repuestos y los insumos necesarios.
- Operarios: Sus tareas se centran en llevar a cabo tareas de mantenimiento preventivo y operativo, revisar periódicamente los equipos e instalaciones, detectar posibles fallas o roturas, informar sobre posibles riesgos, entre otras.

15.5. Jornadas laborales

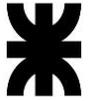
Se distinguen dos tipos de jornadas de trabajo: el turno central y el turno rotativo. El turno central corresponde a la gerencia, a los jefes de departamento y a todos aquellos empleados que realicen actividades en horario de comercio. Este se extiende de 8:00hs a 17:00hs, contemplando una hora para el almuerzo.

El turno rotativo consta de cuatro grupos (A, B, C, D), los cuales se distribuyen en turno mañana, tarde y noche, estando siempre un grupo de franco. Las jornadas son de ocho horas, con media hora destinada a descanso y refrigerio. Los horarios son:

- Turno mañana: 5:00 a 13:00hs
- Turno tarde: 13:00 a 21:00hs
- Turno noche: 21:00 a 5:00hs

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



En la siguiente tabla (Tabla 15-2) se puede observar el esquema de rotación de la planta:

Tabla 15-2: Esquema de rotación de la planta.

Semana	Turno	Grupo asignado						
		L	M	M	J	V	S	D
1	Mañana	Blue	Blue	Blue	Blue	Orange	Orange	Orange
	Tarde	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Noche	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
2	Mañana	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow
	Tarde	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green
	Noche	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
3	Mañana	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
	Tarde	Green	Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
	Noche	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
4	Mañana	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue	Blue
	Tarde	Blue	Blue	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	Noche	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

*Referencias: Grupo A – color celeste; Grupo B – color naranja; Grupo C – color amarillo; Grupo D – color verde.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 16

CONTROL AUTOMÁTICO DEL PROCESO



16. CONTROL AUTOMÁTICO DEL PROCESO

“El objetivo del control automático de procesos es mantener en determinado valor de operación las variables del proceso tales como: temperaturas, presiones, flujos y compuestos” (Smith & Corripio, 1991).

La importancia de contar con un sistema de control automático está relacionada con la variabilidad y dinamismo del proceso productivo, en el cual los distintos parámetros pueden sufrir modificaciones que, sin acciones inmediatas, conllevan a la pérdida de calidad del producto, a la disminución de la productividad y a la creación de ambientes inseguros para los trabajadores. A su vez, la aplicación de este sistema tiene como ventaja la reducción de la mano de obra, al no precisar de tantos operarios que deban corregir desviaciones; y disminuye la probabilidad de errores operacionales, ya que tanto las mediciones como las acciones correctivas están vigiladas por controladores lógicos computarizados.

Los sistemas de control automático se encargan de la realización de tres operaciones básicas: medición, decisión y acción; mediante la utilización de los siguientes cuatro elementos (Smith & Corripio, 1991):

1. Sensor, que también se conoce como elemento primario.
2. Transmisor, el cual se conoce como elemento secundario.
3. Controlador, que es el cerebro del sistema de control.
4. Elemento final de control, frecuentemente se trata de una válvula de control.

Otros elementos finales de control utilizados son las bombas de velocidad variable, los transportadores y los motores eléctricos.

“El sensor se conecta físicamente al transmisor, el cual capta la salida del sensor y la convierte en una señal lo suficientemente intensa como para transmitirla al controlador. El controlador recibe la señal, la compara con el valor que se desea y, según el resultado de la comparación, decide qué hacer para mantener la variable en el valor deseado. Con base en la decisión, el controlador envía otra señal al elemento final de control, el cual efectúa la acción correspondiente en base a esa señal. Esta última puede ser del tipo neumática, eléctrica o electrónica” (Baldassa, Dealbera, & Intra, 2022). Esta lógica operativa queda representada en la Figura 16-1.

En el presente capítulo, se desarrolla la automatización del ciclo de trabajo de los reactores de deslignificación (*RT-101*, *RT-102* y *RT-103*), el cual implica las siguientes etapas:

- Llenado y acondicionamiento.
- Reacción.
- Vaciado.

Además, se detallan los instrumentos y lazos de control que permiten el funcionamiento de estos equipos.

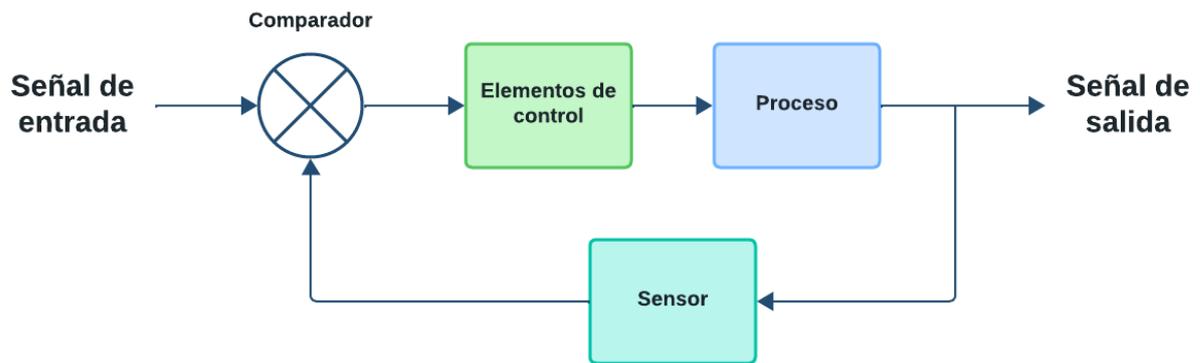


Figura 16-1: Funcionamiento de un sistema de control automático.
Fuente: Elaboración propia.

16.1. Automatización de los reactores RT-101, RT-102 y RT-103

Para el correcto funcionamiento de estos equipos se van a tener en cuenta las variables de temperatura, presión, nivel de llenado y caudal.

En este apartado se detalla cómo la automatización de la operatoria de llenado, reacción y vaciado de los reactores permite el funcionamiento en continuo del proceso global, determinándose la forma en la que actúan los instrumentos de medición, los elementos finales de control y los lazos establecidos para controlar las variables del mismo.

La descripción de la automatización se realizará para el reactor *RT-101*, pero es equivalente para los reactores *RT-102* y *RT-103*.

16.1.1. Secuencia de llenado y acondicionamiento

El proceso de llenado y acondicionamiento ocurre de manera simultánea en un tiempo establecido de una hora. A medida que el reactor *RT-101* es llenado, la presión y la temperatura del sistema van aumentando hasta lograr las condiciones finales en dicho plazo. En la Figura 16-2 se observa un diagrama de esta etapa.

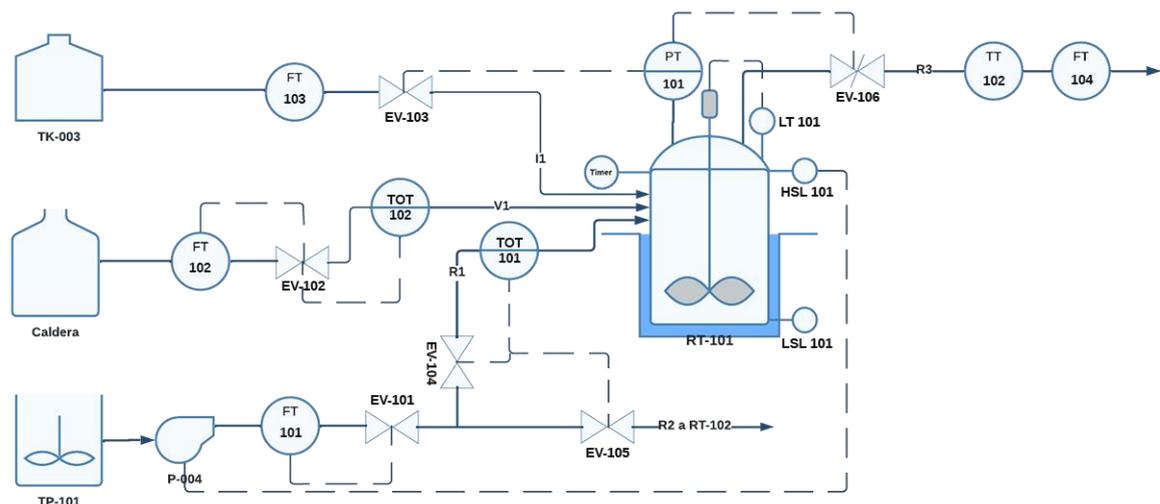
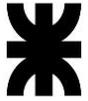


Figura 16-2: Secuencia de llenado y acondicionamiento.
Fuente: Elaboración propia.



La corriente R1, proveniente del *TP-101*, es bombeada hacia el reactor por la bomba *P-004* y el caudal es controlado por el lazo de control establecido entre el caudalímetro másico *FT-101* y la válvula modulante *EV-101*. El *set point* de caudal es determinado por el panelista y puede ser modificado en función de la necesidad de llenar en mayor o menor tiempo el reactor. Además, se cuenta con el totalizador *TOT-101*, el cual, una vez llegado el volumen necesario, abre la válvula *EV-105* (ingreso de R1 a *RT-102*) y cierra la válvula *EV-104* (ingreso a *RT-101*). Como sistema de seguridad, el reactor tiene un interruptor de nivel alto *HSL-101*, para que, en caso de que falle el totalizador, el mismo detenga la bomba *P-004* y se interrumpa el llenado.

La corriente V1, proveniente de la caldera de media presión, cuenta con un lazo de control entre el caudalímetro *FT-102* y la válvula *EV-102*, que funciona de la misma manera que el lazo de la corriente R1. El totalizador correspondiente es denominado *TOT-102*, el cual una vez alcanzada la masa de vapor necesaria manda una señal para cerrar la válvula *EV-102*.

Por último, la corriente I1, procedente del tanque *TK-003*, es medida por el caudalímetro *FT-103*. El reactor debe operar a 16 atmósferas y, para controlar dicha presión, se crea el lazo de control entre el transmisor de presión *PT-101* y la válvula *EV-103*. A medida que aumenta la presión, esta válvula comienza a cerrarse permitiendo un menor caudal de I2 hasta llegar a la condición final determinada del sistema.

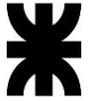
El sistema cuenta con agitadores ya que debe estar homogenizado. Como seguridad de los agitadores, los mismos no pueden encenderse hasta que el nivel dentro del reactor sea mayor al 15%. Por lo tanto, se cuenta con un transmisor continuo de nivel *LT-101* que cuando llega a dicho valor seteado, enciende automáticamente el agitador.

16.1.2. Control durante la reacción

La reacción de deslignificación requiere de un tiempo establecido de una hora. Inmediatamente después de que la válvula *EV-104* se cierra, el temporizador comienza a contar los minutos de reacción. Completado el tiempo, comienza la secuencia de vaciado que se explica posteriormente. El esquema de esta etapa se puede observar en la Figura 16-3.

La temperatura requerida de la reacción es de 170°C. Para mantener dicho parámetro en especificación se emplea un lazo de control entre el transmisor de temperatura *TT-101* (temperatura del sistema reaccionante) y la válvula *EV-107*. Ésta se encarga de controlar el caudal de agua de enfriamiento que atraviesa la media chaqueta que rodea al reactor, basándose en aumentos en la temperatura interna o la temperatura de salida del agua.

Como sistema de control y seguridad de presión dentro del reactor, se dispone de un lazo de control entre el transmisor *PT-101* y la válvula *EV-106*. Si la presión excede el valor



de 16 atmósferas, el transmisor de presión manda la señal a la válvula para que module su apertura y la regule.

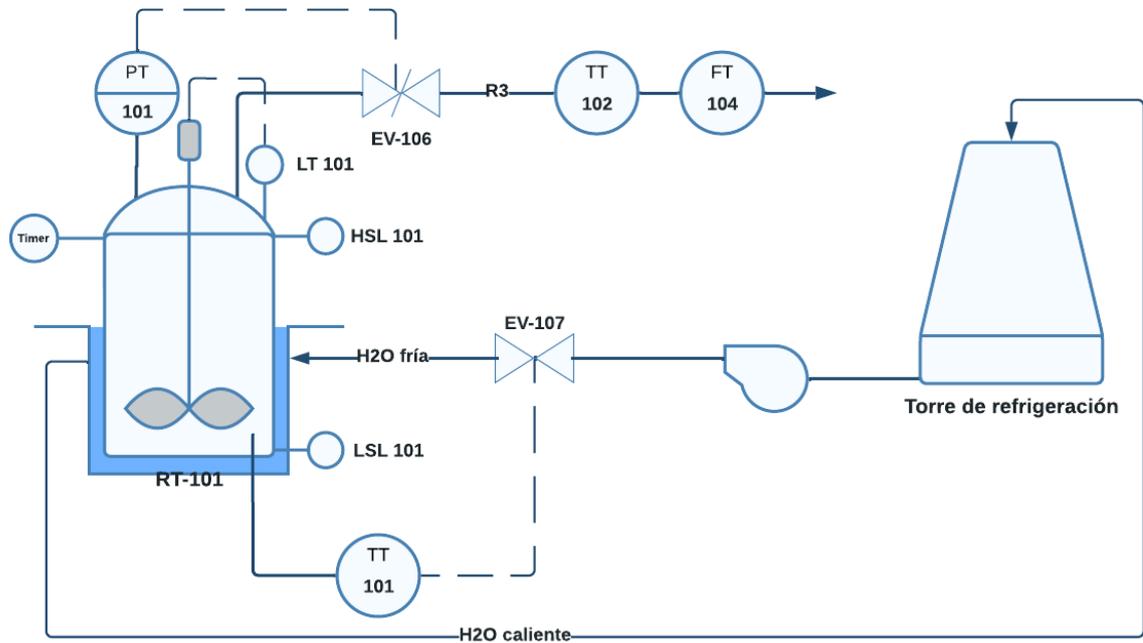


Figura 16-3: Control durante la reacción.
Fuente: Elaboración propia.

16.1.3. Secuencia de vaciado

La secuencia de vaciado se ilustra en la Figura 16-4.

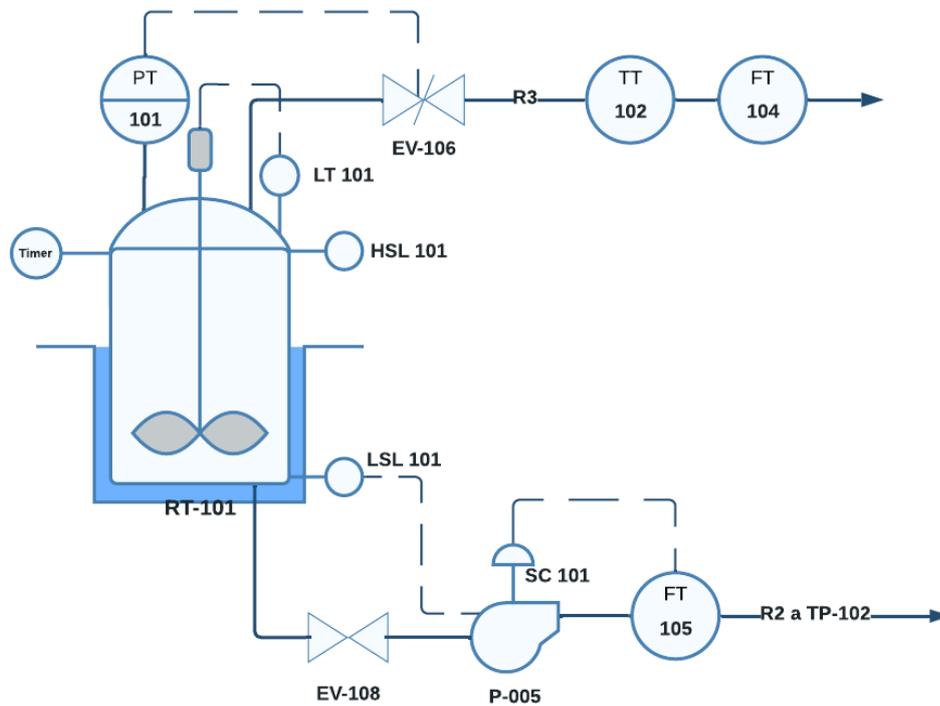


Figura 16-4: Secuencia de vaciado.
Fuente: Elaboración propia.



Cuando el temporizador marca 60 minutos, se manda la señal a la válvula *EV-108* para su apertura, lo que permite la descarga del contenido por el fondo del reactor, y enciende la bomba *P-005* para arrancar el vaciado hacia el *TP-102*. También, se procede a cerrar la válvula *EV-107*, ya que no es requerido continuar con el enfriamiento; y, a su vez, se abre al 100% la válvula *EV-106*, dejando de funcionar como lazo de control de presión interna, para permitir la despresurización del reactor.

El caudal de vaciado es establecido por el panelista para que se realice en media hora. El mismo es regulado por el lazo de control entre el caudalímetro *FT-105* y el variador *SC-101* de la bomba *P-005*. Esta bomba se detiene cuando se activa el interruptor de nivel bajo *LSL-101*. Cuando el nivel del reactor llegue al 15%, medido por el *LT-101*, se manda la señal para detener los agitadores.

16.2. Hoja de especificaciones

En la siguiente tabla (Tabla 16-1) se enlistan todos los elementos de control utilizados en las tres etapas explicadas anteriormente con su denominación:

Tabla 16-1: Elementos de control y denominación.

Elemento de control	Denominación
Caudalímetros	FT-101
	FT-102
	FT-103
	FT-105
Totalizadores	TOT-101
	TOT-102
Interruptores de nivel	HSL-101
	LSL-101
	LT-101
Válvulas	EV-101
	EV-102
	EV-103
	EV-104
	EV-105
	EV-106
	EV-107
	EV-108
Transmisor de presión	PT-101
Transmisor de temperatura	TT-101
Variador de velocidad	SC-101

Fuente: Elaboración propia.



16.2.1. Caudalímetros

Los caudalímetros son obtenidos de la empresa *SpiraxSarco* de acuerdo con las necesidades específicas de cada corriente. En la siguiente tabla se detallan las propiedades de cada uno:

Tabla 16-2: Hoja de especificaciones de los caudalímetros.

Hoja de especificaciones		Caudalímetros			
General	TAG	FT-101	FT-102	FT-105	FT-103
	Ubicación/Corrientes	R1	V1	R2	I1
	Servicio	Medida continua			
Modelo		VLM 30 - DN150			DN25
Diseño sensor	Caudal mínimo (m³/h)	18			15 kg/h
	Caudal máximo (m³/h)	554			155 kg/h
Transmisor	Señal de salida	4 a 20 mA			
	Comunicación	Modbus RTU - RS485			Modbus EIA 232C
	Alimentación	12 a 42 Vdc*			Por bucle
	Salida de impulsos	Ajustable (16 a 30 Vdc, Máx. 20 mA)			Máx. 28 Vdc

*Vdc: Voltaje de corriente directa.

Fuente: Elaboración propia.

16.2.2. Totalizadores

Los totalizadores son obtenidos de la empresa *DASTECH S.R.L.* de acuerdo con las necesidades específicas de cada corriente. En la siguiente tabla se detallan las propiedades de cada uno:

Tabla 16-3: Hoja de especificaciones de los totalizadores.

Hoja de especificaciones		Totalizadores	
General	TAG	TOT-101	TOT-102
	Ubicación/Corrientes	R1	V1
	Servicio	Medida continua	
Modelo		FLOMID DN125	
Diseño sensor	Caudal mínimo (m³/h)	5	
	Caudal máximo (m³/h)	500	
Transmisor	Señal de salida	4 a 20 mA	



	Comunicación	Modbus RTU - RS485
	Alimentación	12 a 48 Vdc
	Salida de impulsos	Máx. 30 Vdc

Fuente: Elaboración propia.

16.2.3. Interruptores de nivel

Los interruptores de nivel son obtenidos de la empresa *DASTECH S.R.L.* de acuerdo con las necesidades específicas del reactor. En la siguiente tabla se detallan las propiedades de cada uno:

Tabla 16-4: Hoja de especificaciones de los interruptores de nivel.

Hoja de especificaciones		Interruptores de nivel		
General	TAG	LSL-101	HSL-101	LT-101
	Ubicación/Corrientes	RT-101		
	Servicio	Discontinuos		Continuo
Modelo		Pointek CLS200		SITRANS LC300
Diseño sensor	Tipo de sensor	Capacitivo		
Transmisor	Señal de salida	4 a 20 mA		
	Comunicación	Pantalla LED		
	Alimentación	12 a 30 Vdc		
	Salida de impulsos	Máx. 82 mA		3,8 a 20,5 mA

Fuente: Elaboración propia.

16.2.4. Válvulas

En la siguiente tabla se detallan las propiedades de las válvulas adoptadas en esta sección del proceso:

Tabla 16-5: Hoja de especificaciones de las válvulas.

Hoja de especificaciones		Válvulas							
General	TAG	EV-101	EV-102	EV-103	EV-104	EV-105	EV-106	EV-107	EV-108
	Ubicación Corrientes	R1	V1	I1	R1	R1	R3	H2O fría	R2
	Servicio	Regulación continua de caudal			Válvulas on-off		Despresurización	Regulación continua de caudal	



Cuerpo	Modelo	41005			VM-539-020		COSR-21 DN 65		41005
	Tipo de válvula	Recíproca tipo globo			Cuarto de giro tipo mariposa		Reductora de presión		Recíproca tipo globo
	Conexión	Bridada							
	Diámetro (pulg)	2	8	1/2	2	2	2,5	2	4
	Material	AISI 316							
	Marca / Proveedor	Masonelian / RPM control			Dinatecnia		TLV		Masonelian / RPM control
Actuador	Señal de salida	4 a 20 mA							
	Tipo	Neumático							
Temperatura (°C)		-100 a 232			No especifica		Hasta 220		-100 a 232
Presión (psi)		150 a 2500			Hasta 150		195 a 300		150 a 2500

Fuente: Elaboración propia.

16.2.5. Transmisor de presión

El transmisor de presión es obtenido de la empresa *DASTEC S.R.L.* de acuerdo con las necesidades específicas de la reacción. En la siguiente tabla se detallan sus propiedades:

Tabla 16-6: Hoja de especificaciones del transmisor de presión.

Hoja de especificaciones		Transmisor de presión
General	TAG	PT-101
	Ubicación/Corrientes	R1
	Servicio	Medida continua
Modelo		PT124B-285
Diseño sensor	Presión mínima (bar)	0
	Presión máxima (bar)	700
Transmisor	Señal de salida	4 a 20 mA
	Comunicación	Modbus RTU - RS485
	Alimentación	12 a 36 Vdc

Fuente: Elaboración propia.



16.2.6. Transmisor de temperatura

El transmisor de temperatura es obtenido de la empresa *SpiraxSarco* de acuerdo con las necesidades específicas de la reacción. En la siguiente tabla se detallan sus propiedades:

Tabla 16-7: Hoja de especificaciones del transmisor de temperatura.

Hoja de especificaciones		Transmisor de temperatura
General	TAG	TT-101
	Ubicación/Corrientes	R1
	Servicio	Medida continua
Modelo		EL2271
Diseño sensor	Temperatura mínima (°C)	0
	Temperatura máxima (°C)	250
Transmisor	Señal de salida	4 a 20 mA
	Alimentación	10 a 30 Vdc

Fuente: Elaboración propia.

16.2.7. Variador de velocidad

El variador de velocidad de la bomba *P-005* es obtenido de la empresa *Elinsur* de acuerdo con las necesidades específicas del vaciado del reactor. En la siguiente tabla se detallan sus propiedades:

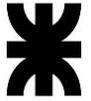
Tabla 16-8: Hoja de especificaciones del variador de velocidad.

Hoja de especificaciones		Variador de velocidad
General	TAG	SC-101
	Ubicación/Corrientes	P-005
	Servicio	Medida continua
Modelo		J1000
Diseño sensor	Potencia (HP)	0,16 a 5,5
Transmisor	Comunicación	Pantalla LED
	Salida de impulsos	0,01 a 400 Hz

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 17

ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO



17. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

El contenido de este capítulo se debe consultar a los autores a los siguientes correos electrónicos:

- joaquin.aquistapace@gmail.com
- eugenia.mlerda@gmail.com
- eugeniaperezll96@gmail.com

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados en el Capítulo 1 de la presente tesis, se considera que se ha sido posible establecer la viabilidad técnica y económica del proyecto. Al llevar a cabo el estudio de mercado, se determinó un aumento en la importación del producto análogo, por lo que la producción nacional para el reemplazo de las importaciones resulta factible.

Al evaluar las posibles localizaciones de la planta, teniendo en cuenta la proximidad de los proveedores y clientes, se concluye que la provincia de Córdoba, específicamente la ciudad de Villa María, es el lugar óptimo para establecer el proyecto.

Luego del análisis, se identifica al proceso Organosolv como el más conveniente para la obtención de la lignina que será utilizada como materia prima en la producción del polímero, debido a su bajo impacto ambiental. El mismo permite la obtención del 60% de la lignina que ingresa con la cáscara de maní, utilizando un solvente orgánico no tóxico, etanol, que se logra recuperar en un 93%.

Por otro lado, en los Capítulos 6, 7 y 8, mediante balances de materia y energía, se logró establecer el dimensionamiento, la adopción y distribución de los equipos y servicios auxiliares; poniendo énfasis en integraciones energéticas para lograr la optimización del proyecto. Además, se ha logrado determinar procesos satisfactorios relacionados con el control de calidad, el tratamiento de efluentes, el control automático de procesos, entre otros.

A partir del análisis económico-financiero, ha sido posible establecer la viabilidad del proyecto, con una inversión inicial de 28.593.979,66 USD, y un recupero de la inversión después de 1,40 años de iniciado el proyecto. Los indicadores del VAN y la TIR obtenidos son 212.132.208 USD y 72% respectivamente. En cuanto al análisis de sensibilidad, el proyecto tiende a ser sensible ante los aumentos del precio de las materias primas y precio de venta, aunque sus valores se mantienen positivos y aceptables.

BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA

- ¿Qué es la hemicelulosa? - Aprende para qué sirve la hemicelulosa. (2023). Obtenido de Quees.com:
<https://quees.com/hemicelulosa/>
- Alam, S., & Tanveer, S. (2020). Conversion of biomass into biofuel: a cutting-edge technology. En L. Singh, A. Yousuf, & D. Madhab Mahapatra (Edits.), *Bioreactors* (págs. 55-74).
doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821264-6.00005-X>
- Amin, F., Khalid, H., Zhang, H., Rahman, S., Zhang, R., Liu, G., & C, C. (07 de Diciembre de 2017).
Pretreatment methods of lignocellulosic biomass for anaerobic digestion. Obtenido de AMB
Express: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5371168/>
- Area, M. C. (05 de Febrero de 2021). *Argentina Forestal*. Obtenido de
<https://www.argentinaforestal.com/2021/02/05/inversiones-forestales/>
- Atlas Copco. (s.f.). *Bombas de vacío de paletas rotativas secas DVS 5-140*. Obtenido de Atlas Copco:
<https://www.atlascopco.com/es-ar/vacuum-solutions/products/dry-vacuum-pumps/dry-rotary-vane-vacuum-pumps>
- Baldassa, E., Dealbera, G., & Intra, M. S. (2022). Obtención de glicerina USP.
- BeMiller, J., & Whistler, R. (Edits.). (2009). *Starch: Chemistry and Technology*.
- Bengs, H., & Böhm, G. (2002). *Estados Unidos Patente nº US6406530*.
- Bleger, D., Calzada, J., D'Angelo, G., & Ferrari, B. (07 de Mayo de 2021). *Bolsa de Comercio de Rosario*. Obtenido de <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/radiografia-4>
- Bolsa de Comercio de Rosario. (s.f.). *Bolsa de Comercio de Rosario*. Obtenido de www.bcr.com.ar
- Bonetto, T., & Vico, A. P. (2020). *Producción de ácido acetilsalicílico*. Tesis de grado, Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Villa María, Departamento de Química.
- Bowser, T. J. (2023). *What is Clean In Place (CIP)?* Oklahoma State University, Division of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Calzada, J., & D'Angelo, G. (2021). *Fertilizantes: panorama y oportunidades para la Argentina*. Obtenido de Bolsa de Comercio de Rosario:
<https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/fertilizantes>
- Carvajal, J. C., Gómez, Á., & Cardona, C. A. (2016). Comparison of lignin extraction processes: Economic and environmental assessment. *Bioresource Technology*, 468-476.
- ChemPages Netorials. (s.f.). *Acids and Bases: Ionization Constants*. Obtenido de ChemPages Netorials:
https://www2.chem.wisc.edu/deptfiles/genchem/netorial/rottosen/tutorial/modules/acid_base/03ionization/ion7.htm
- Chio, C., Sain, M., & Qin, W. (2019). Lignin utilization: A review of lignin depolymerization from various aspects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 232-249.



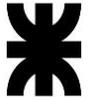
- Cho, R. (13 de Diciembre de 2017). The truth about bioplastics. *Columbia Climate School*.
- Choi, J.-H., Cho, S.-M., Kim, J.-C., Park, S.-W., Cho, Y.-M., Koo, B., . . . Choi, I.-G. (2021). Thermal Properties of Ethanol Organosolv Lignin Depending on Its Structure. *ACS Omega*, 1534-1546.
- Coloma, G. (2002). *Apuntes de Organización Industrial (Parte 1)*. Universidad del CEMA.
- Combale, F. (2020). *Producción de ácido tereftálico a partir de P-xileno*. Tesis de grado , Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Villa María , Departamento de Ingeniería Química.
- Constant, S., Wienk, H. L., Frissen, A. E., de Peinder, P., Boelens, R., van Es, D. S., . . . Bruijninx, P. C. (2016). New insights into the structure and composition of technical lignins: a comparative characterisation study. *Green Chemistry*, 2651-2665.
doi:<https://doi.org/10.1039/C5GC03043A>
- Das, T. (s.f.). *15 Facts on H2SO4 + NH3: What, How To Balance & FAQs*. Obtenido de Lambda Geeks: <https://lambdageeks.com/h2so4-nh3/>
- Datasets-Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (s.f.). *Datos Agricultura, Ganadería y Pesca*. Obtenido de <https://datos.magyp.gov.ar/dataset/mani-siembra-cosecha-produccion-rendimiento/archivo/08d54f4f-44ee-4349-a86f-2a9c763bdc65>
- Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial. (2022). *Relevamiento de la industria de la celulosa y el papel 2020*.
- Döhler, N., Wellenreuther, C., & Wolf, A. (2022). Market dynamics of biodegradable bio-based plastics: Projections and linkages to European policies. *EFB Bioeconomy Journal*.
- Dr. Ing. Schulze, P. (2018). *Lignin Separation from Ethanol Water Pulping Liquors*. Tesis de grado, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Fakultät für Verfahrens-und Systemtechnik. Obtenido de https://pure.mpg.de/rest/items/item_3008580_4/component/file_3018220/content
- Espinoza Bazurto, J. R., & León Ríos, K. S. (2017). *Obtención de Papel a partir de la Cáscara de Maní (Arachis hypogaea)*. Tesis de grado , Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química.
- Estrada, J. M. (2001). *Diseño y cálculo de recipientes a presión*. Inglesa.
- European Bioplastics. (Octubre de 2022). What are bioplastics?
- EuropeanBioplastics, & NovalInstitute. (2022). *Bioplastics market data*. Obtenido de <https://www.european-bioplastics.org/market/>
- González, M., Tejado, Á., Peña, C., & Labidi, J. (2008). Organosolv Pulping Process Simulations. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 1903-1909. doi:10.1021/ie070432j
- Gorensek, M. B., Shukre, R., & Chen, C.-C. (2019). Development of a Thermophysical Properties Model for Flowsheet Simulation of Biomass Pyrolysis Processes. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 9017-9027. doi:10.1021/acssuschemeng.9b01278
- Green, D. W., & Perry, R. H. (2008). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (Octava ed.). McGraw Hill Inc.



- Hendriks, A., & Zeeman, G. (2009). Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 10-18.
- Hu, T. Q. (Ed.). (2002). *Chemical Modification, Properties, and Usage of Lignin*. doi:10.1007/978-1-4615-0643-0
- Ibeh, C. C. (2011). *Thermoplastic Materials: Properties, Manufacturing Methods, and Applications*. CRC Press.
- INDEC. (2021). *Anuario Estadístico de la República Argentina*.
- Ingeniería y Desarrollo de Máquinas S.L. (s.f.). *El equipo de ensayo fundamental para fabricantes de pasta o celulosa fluff según norma SCAN-C 33*. Obtenido de IDM Test: <https://www.idmtest.com/home>
- Instituto Nacional Vitivinicultura. (2022). *Anuario Estadístico de Alcoholes Años 2011-2021*. Mendoza.
- Instituto Petroquímico Argentino. (2022). *Información estadística de la industria petroquímica y química de Argentina, 42° edición*.
- Instituto Tecnológico del Plástico. (s.f.). *Propiedades mecánicas*. Obtenido de AIMPLAS: <https://www.aimplas.es/>
- Jiménez, P. V., da Silva, D. A., Umlandt, M., Gatani, M., & Medina, J. C. (2019). Caracterización de cáscara de maní procedente de la provincia de Córdoba, Argentina. *Revista Argentina de Ingeniería*, 71-78.
- Kent, J. A. (Ed.). (2012). *Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology*. Springer.
- Kern, D. Q. (1999). *Procesos de transferencia de calor*. McGraw Hill Inc.
- Kumar, A., & Sharma, S. (2017). Recent updates on different methods of pretreatment of lignocellulosic feedstocks: a review. *Bioresources and Bioprocessing*.
- Laboratorio EUROLAB Inc. (s.f.). *Pruebas de resistencia química*. Obtenido de EUROLAB: <https://www.belge.com/es/>
- Lafuente Aranda, G. (Junio de 2017). *Glicerol: Síntesis y Aplicaciones*. Master Thesis, Universidad Nacional de Educación a Distancia (España). Facultad de Ciencias, Departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica.
- Landa, J. (15 de Agosto de 2018). Maní Argentino: Planes de una industria con la mirada en el exterior. *El Cronista*.
- Levenspiel, O. (2004). *Ingeniería de las reacciones químicas* (Tercera ed.). Limusa Wiley.
- Lobato-Peralta, D. R., Duque-Brito, E. V.-V., Longoria, A., Sebastian, P., Cuentas-Gallegos, A. K., Arancibia-Bulnes, C. A., & Okoye, P. U. (2021). A review of trends in lignin extraction and valorization of lignocellulosic biomass for energy applications. *Journal of Cleaner Production*.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1998). *Operaciones unitarias en Ingeniería Química* (Cuarta ed.). (McGraw-Hill, Ed.)
- Mexpolímeros. (s.f.). Obtenido de Mexpolímeros: <https://www.mexpolimeros.com/>
- Ministerio de Economía. (2023). *Informe Bioenergía*.



- Ministerio de Hacienda, Presidencia de la Nación. (2019). *Informes de cadenas de valor: Petroquímica-Plástica*.
- Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto. (15 de Mayo de 2013). Obtenido de <https://cancilleria.gob.ar/es/actualidad/comunicados/argentina-demanda-ue-por-restricciones-al-biodiesel-argentino>
- Mocchiutti, P. (2007). *Mejora de propiedades papeleras de pulpas celulósicas lignificadas de reciclado. Aplicación de tratamientos oxidativos enzimáticos y químicos*. Tesis de grado, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería Química.
- Mues, F., Rolón, J. N., & Rodríguez, M. E. (2016). Determinación de Costos para la Producción de Celulosa mediante Método Kraft y Mecánico. *Revista Tecnología y Ciencia*, 307-317.
- Ndukwu, M., Nwakuba, N., & Henry, O. (2016). Measurement of energy requirements for size reduction of palm kernel and groundnut shells for downstream bioenergy generation. *Journal of Engineering and Technology Research*, 47-57. doi:10.5897/JETR2016.0593
- Omoregie Egharevba, H. (2019). Chemical Properties of Starch and Its Application in the Food Industry. En M. Emeje (Ed.), *Chemical Properties of Starch*. doi:10.5772/intechopen.87777
- PHYWE. (s.f.). *Constante dieléctrica de diferentes materiales*. Obtenido de PHYWE: <https://www.phywe.com/>
- Polich, N. L. (2019). *Glicerol, Residuo de la Producción de Biodiesel: Posibles Alternativas como Materia Prima para Productos de Mayor Valor Agregado*. Tesis de Máster, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas.
- Ragauskas, A. J., & al., e. (2014). Lignin Valorization: Improving Lignin Processing in the Biorefinery. *Science*.
- Rico, X., Gullón, B., Alonso, J. L., Parajó, J. C., & Yáñez, R. (2017). Valorization of peanut shells: manufacture of bioactive oligosaccharides. *Carbohydrate Polymers*.
- Sanz Tejedor, A. (s.f.). *Escuela de Ingenierías Industriales - Universidad de Valladolid*. Obtenido de Química Orgánica Industrial: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php>
- Shanks, R., & Kong, I. (2012). Thermoplastic Starch. En *Thermoplastic Elastomers* (págs. 95-116). Prof. Adel El-Sonbati (Ed.). doi:10.5772/36295
- Sistema de Información Simplificado Agrícola. (2022). *Informe de Maní 2021-2022*.
- Smith, C. A., & Corripio, A. B. (1991). *Control automático de procesos* (Primera ed.). México: Limusa S.A.
- Surendren, A., Mohanty, A. K., Liuc, Q., & Misra, M. (2022). A review of biodegradable thermoplastic starches, their blends and composites: recent developments and opportunities for single-use plastic packaging alternatives. *Green Chemistry*, 8606-8636. doi:10.1039/d2gc02169b
- Tarasov, D. L., & M. Fatehi, P. (2018). Lignin-carbohydrate complexes: properties, applications, analyses, and methods of extraction: a review. *Biotechnol Biofuels*.
- Tejeda Rodríguez, A., Regeiro, D., Vicentin Masaro, J., & Jorge, N. (2022). *Mercado de fertilizantes: efectos sobre el Agro argentino*. Obtenido de Bolsa de Cereales de Buenos Aires : <https://www.bolsadecereales.com/post-38>



- The Soap and Detergent Association. (1990). *Glycerine: an overview*. New York.
- Thermo Fisher Scientific Inc. (s.f.). *Conceptos básicos de la HPLC*. Obtenido de Thermo Fisher Scientific: <https://www.thermofisher.com/ar/es/home.html>
- Treybal, R. E. (1980). *Operaciones de transferencia de masa* (Segunda ed.). (McGraw-Hill, Ed.)
- Vargas García, Y., Pazmiño Sánchez, J., & Dávila Rincón, J. (2021). Potencial de Biomasa en América del Sur para la Producción de Bioplásticos. Una Revisión. *Revista Politécnica, Vol 48.*, 7-20.
- Villada, H. S., Acosta, H. A., & Velasco, R. J. (2008). Investigación de Almidones Termoplásticos, Precursores de Productos Biodegradables. *Información tecnológica*, 3-14.
- Viruega Sevilla, D. (2018). *Sistema de limpieza CIP en una industria de fabricación de limpieza*. Tesis de grado, Universidad de Valladolid, Escuela de Ingenierías Industriales.
- Wade, L. G. (2011). *Química Orgánica* (Vol. II). Pearson Education, Inc.
- Wang, H., Pu, Y., Ragauskas, A., & Yang, B. (2018). From Lignin to Valuable Products-Strategies, Challenges and Prospects. *Bioresource Technology*.
- Wikipedia contributors. (9 de Septiembre de 2023). *Bioplastics*. Obtenido de <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Bioplastic&oldid=1174602978>
- Yang, J., Ching, Y. C., & Chuah, C. H. (2019). Applications of Lignocellulosic Fibers and Lignin in Bioplastics: A Review. *Polymers*. doi:<https://doi.org/10.3390/polym11050751>
- Zhang, K., Pei, Z., & Wang, D. (2015). Organic solvent pretreatment of lignocellulosic biomass for biofuels and biochemicals: A review. *Bioresource Technology*. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.08.102>

ANEXOS



ANEXOS

Hojas de seguridad

Ácido sulfúrico

ÁCIDO SULFÚRICO, concentrado (> 51% y < 100%)	ICSC: 0362 (Noviembre 2016)
Aceite de vitriolo	
CAS: 7664-93-9	
Nº ONU: 1830	
CE: 231-639-5	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	No combustible. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. Riesgo de incendio y explosión en contacto con bases, sustancias combustibles, reductores, agua o materia orgánica.	NO poner en contacto con materiales incompatibles: ver Peligros Químicos.	NO usar agua. En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua. NO poner la sustancia en contacto directo con agua.

¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO! ¡EVITAR TODO CONTACTO! ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Jadeo. Dificultad respiratoria.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Piel	Enrojecimiento. Dolor. Ampollas. Quemaduras cutáneas graves.	Guantes de protección. Traje de protección. Delantal.	Utilizar guantes de protección cuando se presten primeros auxilios. Aclarar con agua abundante durante 15 minutos como mínimo, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras graves.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Quemaduras en la boca y garganta. Sensación de quemazón detrás del esternón. Dolor abdominal. Vómitos. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. No dar nada a beber. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena seca o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local. Neutralizar cuidadosamente el residuo con cal o carbonato sódico.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU  PELIGRO
ALMACENAMIENTO	Mortal si se inhala Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares Puede irritar las vías respiratorias Puede ser corrosiva para los metales Ver Notas
ENVASADO	Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 8; Grupo de Embalaje/Envase ONU: II
Envase irrompible. Colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos.	

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico; aspecto LÍQUIDO INODORO INCOLORO ACEITOSO HIGROSCÓPICO.	Fórmula: H ₂ SO ₄
Peligros físicos Sin datos.	Masa molecular: 98.1 Se descompone a 340°C Punto de fusión: 10°C Densidad relativa (agua = 1): 1.8 (20°C)
Peligros químicos Se descompone por calentamiento. Esto produce gases tóxicos y corrosivos incluyendo óxidos de azufre. La sustancia es un oxidante fuerte. Reacciona con materiales reductores y combustibles y materiales orgánicos. Esto genera peligro de incendio y explosión. La sustancia es un ácido fuerte. Reacciona violentamente con bases y es corrosiva para la mayoría de metales comunes, formando un gas inflamable/explosivo (hidrógeno - ver FISQ 0001). Reacciona violentamente con agua. Esto genera calor y peligro de incendio o explosión. Ver Notas. Ataca muchos plásticos.	Solubilidad en agua a 20°C: miscible Presión de vapor, Pa a 20°C: < 10 (despreciable) Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.4

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO
FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
<p>Vías de exposición Hay efectos locales graves por todas las vías de exposición. La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración La sustancia es muy corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La exposición podría causar asfíxia debido a inflamación de la garganta. La inhalación de altas concentraciones puede causar edema pulmonar, pero sólo tras producirse los efectos corrosivos iniciales en los ojos y el tracto respiratorio superior. La inhalación puede originar reacciones de tipo asmático (RADS). Se recomienda vigilancia médica. Ver Notas.</p>	<p>Riesgo de inhalación La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La inhalación prolongada o repetida puede afectar a los pulmones. Riesgo de erosión dental por la exposición prolongada o repetida al aerosol de esta sustancia. Las nieblas de este ácido inorgánico fuerte son carcinógenas para los seres humanos. Ver Notas.</p>

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
<p>TLV: 0.2 mg/m³, como TWA; A2 (sospechoso de ser cancerígeno humano). MAK: (fracción inhalable): 0.1 mg/m³; categoría de limitación de pico: I(1); cancerígeno: categoría 4; riesgo para el embarazo: grupo C. EU-OEL: 0.05 mg/m³ como TWA</p>

MEDIO AMBIENTE
<p>La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.</p>

NOTAS
<p>Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles.</p> <p>Las nieblas de ácidos inorgánicos fuertes han sido clasificadas por la IARC como carcinógenas (grupo 1). Sin embargo, no hay información disponible sobre la carcinogenicidad de esta sustancia en otros estados físicos; por ello, la categoría de carcinogenicidad no se ha aplicado en la clasificación GHS.</p> <p>NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadiría al agua siempre lentamente.</p> <p>Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio).</p> <p>Otros números ONU: 1831 Ácido sulfúrico fumante, clase de peligro 8, peligro secundario 6.1, grupo de emb/env I; 1832 Ácido sulfúrico agotado, clase de peligro 8, grupo de emb/env II.</p>

INFORMACIÓN ADICIONAL
<p>- Límites de exposición profesional (INSST 2022): VLA-ED (niebla): 0,05 mg/m³</p> <p>Notas: al seleccionar un método adecuado de control de la exposición, deben tomarse en consideración posibles limitaciones e interferencias que pueden surgir en presencia de otros compuestos de azufre. Esta sustancia tiene prohibida total o parcialmente su comercialización y uso como fitosanitario y/o biocida. Véase UNE EN 481: "Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles".</p> <p>- N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 016-020-00-8</p> <p>- Clasificación UE Pictograma: C; R: 35; S: (1/2)-26-30-45; Nota: B</p>

 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA</p>	 <p>MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL</p>	 <p>insst Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo</p>	<p>La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018</p>
---	--	--	---

Agua amoniacal

<p>HIDRÓXIDO DE AMONIO (disolución 10-35%) Agua amoniacal Hidrato amónico Disolución acuosa de amoníaco (10-35%) CAS: 1336-21-6 N° ONU: 2672 CE: 215-647-6</p>	<p>ICSC: 0215 (Mayo 2018)</p>
---	-------------------------------

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	No combustible. Ver Notas.		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

¡HIGIENE ESTRICTA! ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Dificultad respiratoria. Jadeo.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Enrojecimiento. Dolor. Ampollas. Quemaduras cutáneas graves.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse durante 15 minutos como mínimo. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras graves.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Dolor de garganta. Vómitos. Dolor abdominal.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Proporcionar asistencia médica.

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Protección personal: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración. Ventilar. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Neutralizar con precaución el líquido derramado con ácido diluido, tal como ácido sulfúrico diluido. Eliminar el residuo con agua abundante.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU  PELIGRO
ALMACENAMIENTO	Puede ser corrosiva para los metales Nocivo en caso de ingestión Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares Puede irritar las vías respiratorias Muy tóxico para los organismos acuáticos
Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas. Separado de alimentos y piensos. Ver Peligros Químicos. Fresco. Bien cerrado. Mantener en lugar bien ventilado. Medidas para contener el efluente de extinción de incendios. Ver Notas.	
ENVASADO	Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 8; Grupo de Embalaje/Envase ONU: III
Envase irrompible. Colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos.	

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico; aspecto DISOLUCIÓN ACUOSA MUY VOLÁTIL INCOLORA DE AMONIACO DE OLOR ACRE.	Fórmula: NH ₄ OH Masa molecular: 35.1 Punto de ebullición: 38°C (25%) Punto de fusión: -58°C (25%) Densidad relativa (agua = 1): 0.9 (25%) Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 48 (25%) Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.6 Ver Notas.
Peligros físicos	
Peligros químicos Reacciona con muchos metales pesados y sales de metales pesados. Esto produce compuestos explosivos. Ataca muchos metales. Esto produce gas inflamable/explosivo (hidrógeno - ver FISQ 0001). Reacciona violentamente con ácidos. Esto genera peligro de incendio y explosión. Se descompone por calentamiento. Esto produce humos tóxicos y corrosivos incluyendo amoníaco y óxidos de nitrógeno. Esto genera peligro tóxico.	

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol o vapor y por ingestión.	Riesgo de inhalación Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.
Efectos de exposición de corta duración La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación de concentraciones altas del vapor puede causar edema laríngeo, inflamación del tracto respiratorio y neumonía. La exposición podría causar asfixia debido a inflamación de la garganta. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata.	Efectos de exposición prolongada o repetida La inhalación prolongada o repetida puede afectar a los pulmones.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
TLV: 18 mg/m ³ , 25 ppm, como TWA; 27 mg/m ³ como STEL. MAK: 14 mg/m ³ , 20 ppm; categoría de limitación de pico: I(2); riesgo para el embarazo: grupo C

MEDIO AMBIENTE
La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.

NOTAS
Tener en cuenta que se puede desprender amoníaco en forma gaseosa a partir de dicho producto. El vapor de amoníaco es inflamable y explosivo bajo ciertas condiciones. Ver FISQ 0414. NO llenar completamente las botellas con la sustancia; las disoluciones concentradas pueden generar presión. Quitar los tapones de las botellas con cuidado. El punto de fusión varía de -3°C (4%) a -69°C (28%). Otro punto de ebullición es 25°C (32%). Otros números ONU: 2073 Amoníaco en solución acuosa de densidad relativa inferior a 0.880 a 15°C, con más del 35% pero no más del 50% de amoníaco; 3318 Solución acuosa de amoníaco, con una densidad relativa menor de 0.880 a 15°C, con más del 50% de amoníaco. Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición.

INFORMACIÓN ADICIONAL
- N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 007-001-01-2 - Clasificación UE

 GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL	 insst Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo	La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSSST, 2018
---	--	--

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO
FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



Etanol

ETANOL (ANHIDRO) Alcohol etílico Etanol absoluto Metilcarbinol Alcohol de cereales	IC SC: 0044 (Mayo 2018)
CAS: 64-17-5 N° ONU: 1170 CE: 200-578-6	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Altamente inflamable. Las mezclas vapor/aire son explosivas. Riesgo de incendio y explosión en contacto con sustancias incompatibles. Ver Peligros Químicos.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. NO poner en contacto con materiales incompatibles: ver Peligros Químicos.	Usar agua pulverizada, polvo, espuma resistente al alcohol, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Dolor de cabeza. Fatiga. Somnolencia.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
Piel	Piel seca.	Traje de protección. Delantal. Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Sensación de quemazón.	Utilizar gafas de protección de montura integral.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Sensación de quemazón. Dolor de cabeza. Confusión. Vértigo. Pérdida del conocimiento.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Eliminar toda fuente de ignición. Ventilar. NO verterlo en el alcantarillado. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes tapados. Absorber el líquido residual en absorbente inerte. Eliminar el residuo con agua abundante. Almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p>  <p align="center">PELIGRO</p>
ALMACENAMIENTO	Líquido y vapores muy inflamables Nocivo en caso de ingestión Provoca irritación ocular grave Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas
A prueba de incendio. Separado de: ver Peligros Químicos.	
ENVASADO	Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 3; Grupo de Embalaje/Envase ONU: II

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
<p>Estado físico; aspecto LÍQUIDO INCOLORO DE OLOR CARACTERÍSTICO.</p> <p>Peligros físicos El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.</p> <p>Peligros químicos Reacciona lentamente con hipoclorito de calcio, óxido de plata y amoníaco. Esto genera peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes tales como ácido nítrico, nitrato de plata, nitrato mercúrico y perclorato de magnesio. Esto genera peligro de incendio y explosión.</p>	<p>Fórmula: CH₃CH₂OH / C₂H₅O</p> <p>Masa molecular: 46.1</p> <p>Punto de ebullición: 78°C</p> <p>Punto de fusión: -114 °C</p> <p>Densidad relativa (agua = 1): 0.79</p> <p>Solubilidad en agua: miscible</p> <p>Presión de vapor, kPa a 20°C: 5.8</p> <p>Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.6</p> <p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.03</p> <p>Punto de inflamación: 12.0 °C c.c.</p> <p>Temperatura de autoignición: 400°C</p> <p>Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3.1-27.7</p> <p>Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.32</p> <p>Viscosidad: 1.074 mPa/s a 20°C</p>

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
<p>Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración La sustancia irrita gravemente los ojos. El vapor en concentraciones altas irrita los ojos y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central.</p>	<p>Riesgo de inhalación La evaporación de esta sustancia a 20°C producirá bastante lentamente una concentración nociva de la misma en aire.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida La sustancia desengrasa la piel, lo que puede producir sequedad y agrietamiento. La sustancia puede afectar al tracto respiratorio superior y al sistema nervioso central. Esto puede dar lugar a irritación, dolor de cabeza, fatiga y falta de concentración. Ver Notas.</p>

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
TLV: 1000 ppm como STEL; A3 (cancerígeno animal). MAK: 380 mg/m ³ , 200 ppm; categoría de limitación de pico: II(4); cancerígeno: categoría 5; riesgo para el embarazo: grupo C; mutágeno: categoría 5
MEDIO AMBIENTE
Los efectos de esta sustancia sobre el medio ambiente han sido investigados adecuadamente, pero no se ha encontrado ninguno significativo.
NOTAS
El consumo de etanol durante el embarazo puede afectar al feto. La ingesta crónica de etanol puede causar cirrosis hepática y cáncer.
INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSST 2019): VLA-EC: 1000 ppm; 1910 mg/m ³ Notas: esta sustancia tiene prohibida total o parcialmente su comercialización y uso como fitosanitario y/o biocida. - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 603-002-00-5 - Clasificación UE
 <p>La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018</p>

Furfural

FURFURAL 2-Furancarboxialdehído 2-Furaldehído 2-Furilmetanal	ICSC: 0276 (Junio 2012)
CAS: 98-01-1 N° ONU: 1199 CE: 202-627-7	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Inflamable. Por encima de 60°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Por encima de 60°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión.	Usar agua pulverizada, polvo, espuma resistente al alcohol, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Dolor de cabeza. Vértigo. Debilidad. Jadeo.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica. Ver Notas.
Piel	Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Buscar asistencia médica si se siente mal.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	¡Peligro de aspiración!	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
<p>Protección personal: respirador con filtro para gases orgánicos y partículas adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.</p>	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p> <div style="text-align: center;"> <p>PELIGRO</p> </div> <p>Líquido y vapores inflamables Tóxico en caso de ingestión Mortal si se inhala Provoca una leve irritación cutánea Provoca irritación ocular Puede irritar las vías respiratorias Susceptible de provocar cáncer Puede provocar daños en el hígado tras exposiciones prolongadas o repetidas en caso de ingestión Puede ser nocivo en caso de ingestión y de penetración en las vías respiratorias Nocivo para los organismos acuáticos</p>
ALMACENAMIENTO	
<p>Separado de bases fuertes, ácidos fuertes, oxidantes fuertes y alimentos y piensos. Mantener en la oscuridad. Bien cerrado. Ventilación a ras del suelo. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.</p>	
ENVASADO	
<p>No transportar con alimentos y piensos.</p>	<p>Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 6.1; Peligro Secundario ONU: 3; Grupo de Embalaje/Envase ONU: II</p>

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
<p>Estado físico; aspecto LÍQUIDO ACEITOSO DE INCOLORO A AMARILLO PÁLIDO DE OLOR CARACTERÍSTICO. VIRA ENTRE ROJO Y MARRÓN POR EXPOSICIÓN AL AIRE Y A LA LUZ.</p> <p>Peligros físicos</p> <p>Peligros químicos La sustancia polimeriza bajo la influencia de ácidos o bases. Esto genera peligro de incendio o explosión. Reacciona con oxidantes. Ataca algunas formas de plásticos.</p>	<p>Fórmula: $C_5H_4O_2 / C_4H_3OCHO$ Masa molecular: 96.1 Punto de ebullición: 162°C Punto de fusión: -36.5°C Densidad relativa (agua = 1): 1.16 Solubilidad en agua, g/100ml a 20°C: 8.3 Presión de vapor, kPa a 20°C: 0.15 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.3 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.00 Punto de inflamación: 60°C c.c. Temperatura de autoignición: 315°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2.1-19.3 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.46 Viscosidad: 1.28 mm²/s a 25°C</p>

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
<p>Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración La sustancia irrita levemente la piel. La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. En caso de ingestión la sustancia puede causar vómitos, lo que puede provocar neumonía por aspiración.</p>	<p>Riesgo de inhalación No se puede indicar la velocidad con que se alcanza una concentración nociva de esta sustancia en el aire por evaporación a 20°C.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida La sustancia desengrasa la piel, lo que puede producir sequedad y agrietamiento. La sustancia puede afectar al hígado. Se han detectado tumores en experimentación animal, pero este resultado puede no ser extrapolable al ser humano.</p>

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
<p>TLV: 0.2 ppm como TWA; (piel); A3 (cancerígeno animal); BEI establecido. MAK: absorción dérmica (H); cancerígeno: categoría 3B</p>

MEDIO AMBIENTE
<p>La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.</p>

NOTAS
<p>Proporcionar asistencia médica si se desarrolla fiebre y/o dificultad respiratoria.</p>

INFORMACIÓN ADICIONAL
<p>- Límites de exposición profesional (INSST 2022): VLA-ED: 2 ppm, 8 mg/m³ Notas: vía dérmica. VLB: 200 mg/l en orina de ácido furoico. Notas I, con hidrólisis. - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 605-010-00-4 - Clasificación UE Pictograma: T, R: 21-23/25-36/37/38-40; S: (1/2)-26-36/37-45</p>

<p>GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL</p>	<p>insst Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo</p>	<p>La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018</p>
---	--	---

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



Glicerol

GLICEROL Glicerina 1,2,3-Propanotriol 1,2,3-Trihidroxipropano	ICSC: 0624 (Abril 2006)
CAS: 56-81-5 CE: 200-289-5	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas.	Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación		Usar ventilación.	Aire limpio, reposo.
Piel	Piel seca.	Guantes de protección.	Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
Ojos		Utilizar gafas de protección de montura integral.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Diarrea.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Enjuagar la boca.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Ventilar. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes tapados. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU Transporte Clasificación ONU
ALMACENAMIENTO	
Separado de oxidantes fuertes.	
ENVASADO	

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico; aspecto LÍQUIDO HIGROSCÓPICO VISCOSO INCOLORO.	Fórmula: $C_3H_8O_3$ / $CH_2OH-CHOH-CH_2OH$ Masa molecular: 92.1 Punto de ebullición: 290°C Punto de fusión: 18°C Densidad relativa (agua = 1): 1.26 Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, Pa a 25°C: 0.01 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.2 Punto de inflamación: 176°C c.c. Temperatura de autoignición: 393°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2.6-11.3 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -1.76
Peligros físicos	
Peligros químicos Se descompone por calentamiento. Esto produce humos corrosivos de acroleína. Reacciona con oxidantes fuertes. Esto genera peligro de incendio y explosión.	

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición	Riesgo de inhalación La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas en el aire por pulverización.
Efectos de exposición de corta duración	Efectos de exposición prolongada o repetida

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
MAK: (fracción inhalable): 200 mg/m ³ ; categoría de limitación de pico: I(2); riesgo para el embarazo: grupo C

MEDIO AMBIENTE

NOTAS

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO
FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSST 2021): VLA-ED: (nieblas) 10 mg/m ³ - Clasificación UE

 GOBIERNO DE ESPAÑA  MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL		La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018
---	---	---

Nitrógeno

NITRÓGENO (líquido refrigerado)	ICSC: 1199 (Marzo 1999)
Nitrógeno líquido Nitrógeno (licuado) Nitrógeno (líquido criogénico)	
CAS: 7727-37-9 N° ONU: 1977 CE: 231-783-9	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	No combustible. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Asfixia. Ver Notas.	Usar ventilación.	Aire limpio, reposo. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Dolor. Quemaduras profundas graves. Además ver Piel.	Utilizar gafas de protección de montura integral.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Ventilar. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.2
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio, si está en local cerrado. Mantener en lugar bien ventilado.	
ENVASADO	
Botella especial con aislamiento.	

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico; aspecto LÍQUIDO INODORO INCOLORO EXTREMADAMENTE FRÍO. Peligros físicos El gas es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno. Peligros químicos	Fórmula: N ₂ Masa molecular: 28.01 Punto de ebullición: -196°C Punto de fusión: -210°C Densidad (en el punto de ebullición del líquido): 0.808 kg/l Solubilidad en agua: escasa

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación. Efectos de exposición de corta duración El líquido puede producir congelación.	Riesgo de inhalación Al producirse pérdidas en zonas confinadas, esta sustancia puede originar riesgo grave de asfixia. Ver Notas. Efectos de exposición prolongada o repetida

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

MEDIO AMBIENTE

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO
FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



NOTAS
Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona.

INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSST 2022): Notas: asfixiante simple. - Clasificación UE

 GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL	 insst Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo	La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018
---	--	---

Refrigerante R-134a

1,1,1,2-TETRAFLUOROETANO	IC SC: 1281 (Marzo 1998)
HFC 134a	
CAS: 811-97-2	
Nº ONU: 3159	
CE: 212-377-0	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas. NO poner en contacto con superficies calientes.	En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Vértigo. Somnolencia. Apatía.	Usar extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa.
Ojos		Utilizar gafas de protección de montura integral.	
Ingestión			

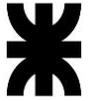
DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.2
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio. Mantener en lugar bien ventilado.	
ENVASADO	

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
Estado físico; aspecto GAS COMPRIMIDO LICUADO DE OLOR CARACTERÍSTICO.	Fórmula: C ₂ H ₂ F ₄ Masa molecular: 102.03 Punto de ebullición: -26°C Punto de fusión: -101°C Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor, kPa a 25°C: 630 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.5 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 1.06
Peligros físicos	
Peligros químicos Se descompone en contacto con superficies calientes o llamas. Esto produce humos tóxicos y corrosivos.	

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación.	Riesgo de inhalación Al producirse una pérdida de gas, se alcanzará muy rápidamente una concentración nociva del mismo en el aire.
Efectos de exposición de corta duración La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central y al sistema cardiovascular. Esto puede dar lugar a alteraciones cardíacas.	Efectos de exposición prolongada o repetida

OBTENCIÓN DE POLÍMERO BIOBASADO A PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, GLICEROL Y ALMIDÓN MODIFICADO

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
MAK: 4200 mg/m ³ , 1000 ppm; categoría de limitación de pico: II(8); riesgo para el embarazo: grupo C
MEDIO AMBIENTE
Esta sustancia se libera normalmente al medio ambiente; no obstante, debería evitarse cuidadosamente cualquier entrada adicional, p. ej. por una eliminación inadecuada.
NOTAS
NO utilizar cerca de un fuego, de una superficie caliente o mientras se trabaja en soldadura. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape.
INFORMACIÓN ADICIONAL
Clasificación UE
 <p>La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018</p>

Planimetría

El contenido de este apartado se debe consultar a los autores a los siguientes correos electrónicos:

- joaquin.aquistapace@gmail.com
- eugenia.mlerda@gmail.com
- eugeniaperezll96@gmail.com