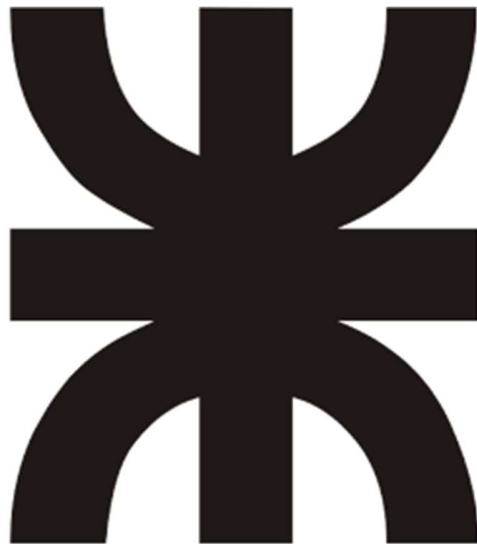


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**Producción de fibra de carbono a partir
de bagazo de cerveza**

Capítulo 1: Introducción

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final.

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren

Contenido

1- Acerca de la fibra de carbono	3
1.1- Propiedades	3
2.1- Comercialización	3
2- Motivos de Elección de tema	6
3- Materia prima	8
3.1- Caracterización	9
3.2- Acondicionamiento y almacenaje	10
4- Producto: especificación técnica y presentación	10
5. Bibliografía	11

1- Acerca de la fibra de carbono

La fibra de carbono es una fibra sintética constituida por filamentos de 5–10 μm de diámetro. Los átomos de carbono están unidos entre sí en cristales que se encuentran alineados aproximadamente en paralelo al eje longitudinal de la fibra.

La alineación del cristal le da a la fibra una alta resistencia en función del volumen. Esta propiedad es fundamental para su aplicación en áreas como la automotriz, deportiva, industrial, náutica, aeroespacial e, incluso, en energías alternativas, entre otras.

1.1- Propiedades

Dentro de sus numerosas propiedades, las que más la hacen destacar para su aplicación son:

- Alta flexibilidad.
- Alta resistencia (9 veces mayor a la del acero).
- Bajo peso (1/4 del peso del acero).
- Tolerancia a temperaturas elevadas.
- Baja expansión térmica.

Estas propiedades hacen de la fibra de carbono un excelente sustituto del acero.

2.1- Comercialización

Así como sus aplicaciones son muy numerosas, también lo son las formas de comercialización. En el presente trabajo, se trabajó con la comercialización en forma de hilos, los cuales pueden ser utilizados por sí mismos o ser tejidos en una tela.



Ilustración 1: Fibra de carbono en forma de hilos

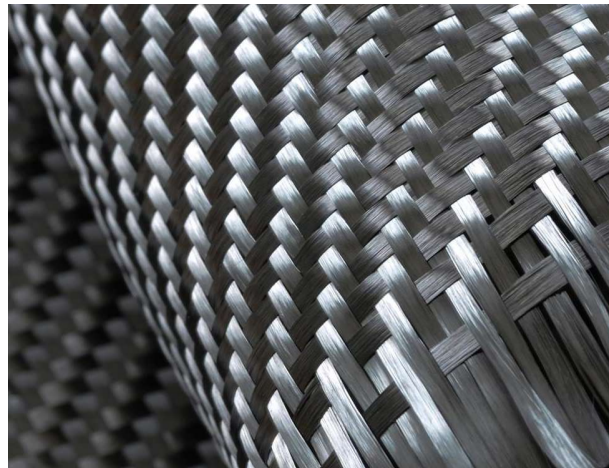


Ilustración 2: Fibra de carbono en forma de tejido

Hoy en día, uno de los principales usos de la fibra de carbono es como materia prima de polímeros reforzados, como los CFRP (Polímeros reforzados con fibra de carbono), los cuales son del alto valor comercial y requieren de la fibra de carbono en alguna de las formas de comercialización mencionadas previamente.

La fibra de carbono también se comercializa en forma de:

- Tubos de fibra de carbono: aplicaciones industriales, ejes de transmisión de potencia, aeromodelismo, recipientes de presión, etc.

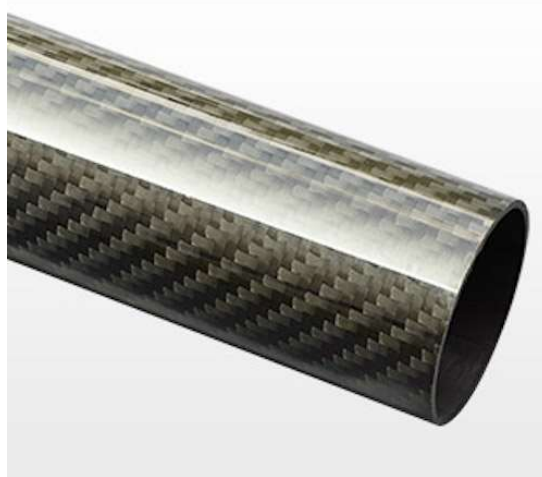


Ilustración 3: Tubo de fibra de carbono

- Placas y paneles: automatización industrial, sistemas acústicos, equipos de laboratorio, equipamiento deportivo, etc.

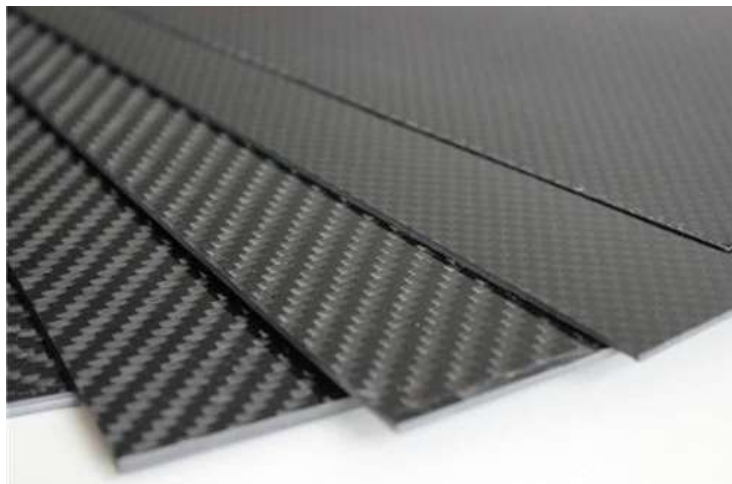


Ilustración 4: Placas de fibra de carbono

2- Motivos de Elección de tema

- **Multiplicidad de usos potenciales:** Como se mencionó anteriormente, la fibra de carbono es un material con propiedades que le permiten tener diversas aplicaciones. Es un sustituto del acero por su alta flexibilidad, alta resistencia, bajo peso, tolerancia a altas temperaturas y baja expansión térmica.



Ilustración 5: Industrias en las que tienen aplicaciones las fibras de carbono

- **Valor de mercado creciente:** Las estimaciones económicas sobre este producto, indican un futuro promisorio para las inversiones.

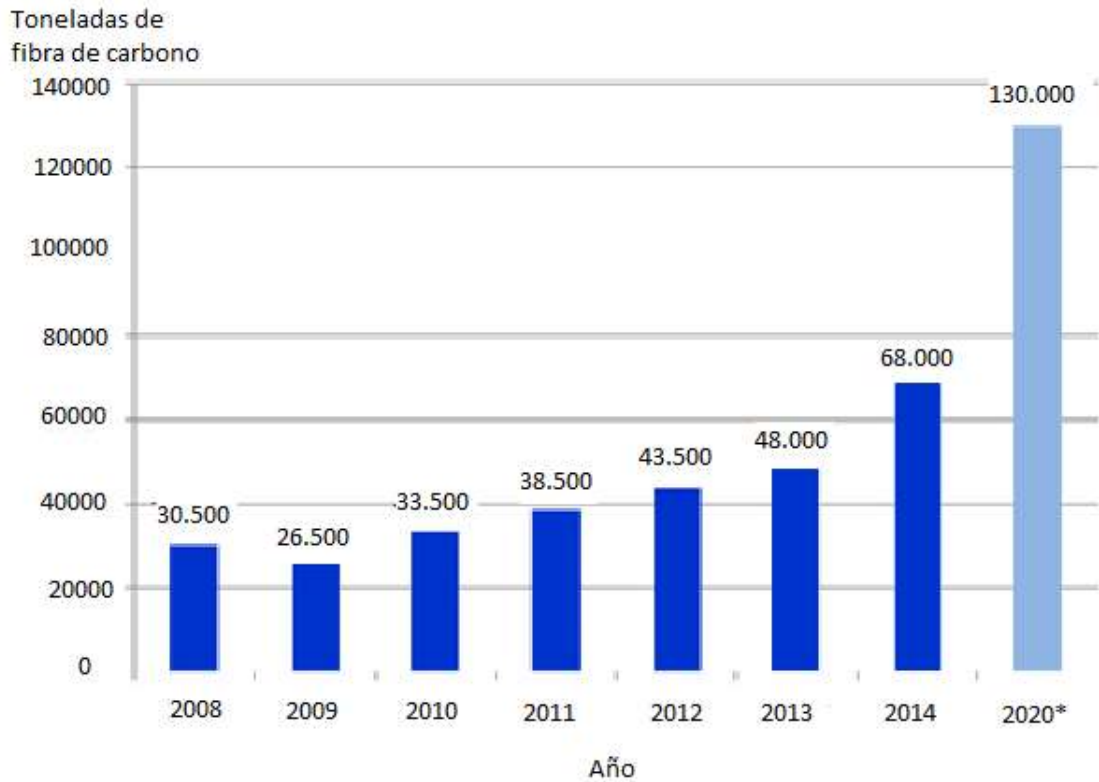


Ilustración 6: Producción anual mundial de fibra de carbono. Año 2020*: producción estimada

- **Materia prima y valor ambiental:** La materia prima que utiliza el proceso productivo desarrollado en el presente trabajo es el bagazo de cerveza, que constituye alrededor del 85% del total de los residuos de las industrias cerveceras y suele ser descartado o cedido para su posterior uso como alimento de ganados. La utilización de estos residuos para la generación de un producto de alto valor agregado, sigue la línea del pensamiento *de la cuna a la tumba*.

3- Materia prima

La fibra de carbono, por lo tanto, se obtendrá a partir de la lignina, la cual será extraída del bagazo de cerveza, que tiene su origen en los desechos sólidos obtenidos en la filtración del mosto, luego de la operación de maceración.

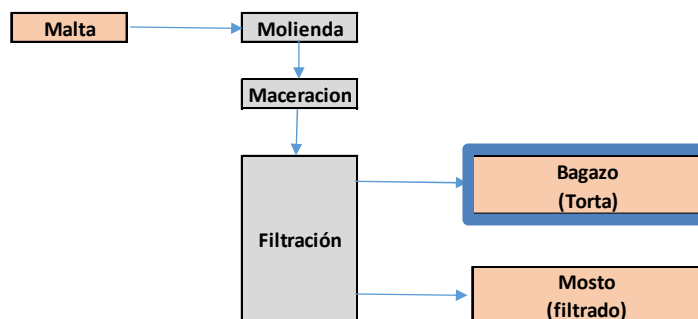


Ilustración 7: Identificación del bagazo en el proceso de elaboración de cerveza

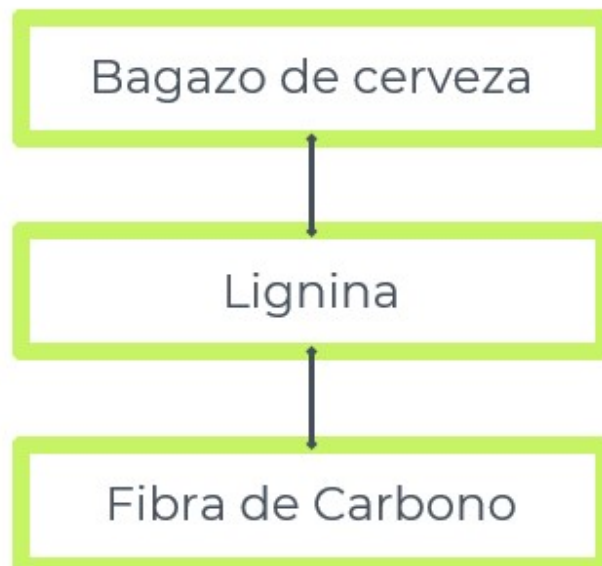


Ilustración 8: Transformaciones principales del proceso

3.1- Caracterización

Si bien las características del bagazo de cerveza variarán en función del tipo de producción de la planta proveedora, se puede realizar una caracterización promedio de las mismas.

Grupo	Residuo	Operación donde se genera	Cantidad aprox. generada
Residuos orgánicos	Bagazo	Filtración tras la maceración	20 kg/Hl cerveza (con un 80% de humedad)
	Levaduras	Fermentación y guarda	0.64 kg/Hl cerveza (con un 97% de humedad)
	Fangos de depuradora	Tratamiento de aguas residuales	Variable en función de la carga contaminante y el tratamiento de depuración
(*)	Tierra de Diatomeas	Filtrado de la cerveza	0.14 – 0.25 kg/Hl cerveza
Residuos asimilables urbanos	Basura general	Comedor, papeleras,...	
	Restos de papel y cartón	Envasado y limpieza de instalaciones	
	Plásticos	Envasado y limpieza de instalaciones	0.04 – 0.11 kg/Hl cerveza
	Restos metálicos	Mantenimiento de las instalaciones	
	Vidrio	Envasado	0.5 – 0.9 kg/Hl cerveza
Residuos Peligrosos	Envases usados	Limpieza y mantenimiento	
	Aceites usados	Mantenimiento	
	Resto	Limpieza, mantenimiento y depuración de aguas residuales	

Tabla 1: Caracterización de la materia prima

3.2- Acondicionamiento y almacenaje

El almacenaje de los granos húmedos, sin realizar un secado, se realiza inhibiendo el crecimiento de microorganismos. Esto puede lograrse afectando a la variable de temperatura (baja) o de pH (alto o bajo)

En el caso del proyecto a realizar, el almacenamiento de la misma se va a dar en contenedores, donde se va a controlar fundamentalmente que el pH se encuentre en un valor aproximado de 2.

4- Producto: especificación técnica y presentación



Ilustración 9: Presentación del producto final

Tipo de producto: Bobina de hilo de fibra de carbono

Descripción: Hilo plano con un ancho de 6mm aprox. y un espesor de 0,3 mm aprox.

Nº de filamentos: 24K

Metros por bobina: 1.250

Peso: 2 kg

Resistencia a la tracción: 3.950 MPa

Ancho de hilo: 6 mm

Módulo de tracción: 240 GPa

Elongación: 1,8%

Densidad: 1,77 g/cm³

5. Bibliografía

Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications; S.I. Mussatto*, G. Dragone, I.C. Roberto; Departamento de Biotecnologia, Faculdade de Engenharia Química de Lorena, Rodovia Itajuba'-Lorena, Km 74, 5-CEP 12600-970-Lorena/SP, Brazil; July 2004

Carbon Fiber from Lignin, 10th Annual World Congress on Industrial Biotechnology. Información obtenida de

https://www.bio.org/sites/default/files/BIO%20WC%20Eberle%2020130618%20DRAFT_cliff_eberle_o.pdf

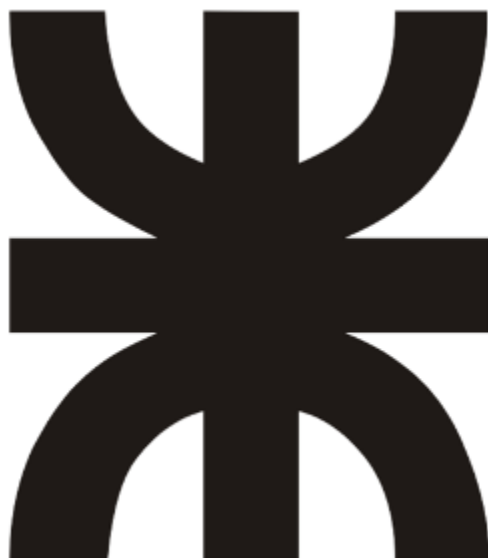
Centro Español de Plásticos. Información obtenida de <https://cep-plasticos.com/es/contenido/mercado-mundial-2013-de-plasticos-reforzados-con-fibra-de-carbono>

Clip Carbono. Información obtenida de <http://www.clipcarbono.com/>

Lignin-based Carbon Fibers: Effect of Synthetic Polymer Blending on Fiber Properties, Solange I. Mussatto *, Marcela Fernandes, Inês C. Roberto; Departamento de Biotecnologia, Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de Sao Paulo, Lorena/SP, Brazil; April 2007

Rise Research Institutes of Sweden. Información obtenida de https://www.ri.se/sites/default/files/files/docs/roadmap_lignin-based_carbon_fibres.pdf

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**Producción de fibra de carbono a partir
de bagazo de cerveza**

Capítulo 2: Estudio de Mercado

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final.

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren

Contenido

1- Análisis de mercado	3
1.1 Mercado local - importaciones:.....	3
1.2 Mercado local - exportaciones.....	11
1.3 Mercado local - conclusiones	13
1.4 Mercado regional (Mercosur) – Brasil - Importaciones	14
1.5 Mercado Regional (Mercosur) – Brasil - Exportaciones.....	17
1.6 Mercado regional (Mercosur) – Brasil - Conclusiones.....	19
1.7 Mercado regional (Mercosur estados asociados) – Chile - Importaciones	20
1.8 Mercado regional (estados asociados la Mercosur) – Chile – Exportaciones	22
1.9 Mercado Regional (estados asociados al Mercosur) – Chile - Conclusiones	24
1.10 Mercado internacional	25
2-Conclusiones.....	27
2.1 Perspectiva en el mercado local	28
2.2 Análisis de precios	28
3-Bibliografía.....	29

1- Análisis de mercado

1.1 Mercado local - importaciones:

Según datos recopilados, la dinámica de importaciones de fibra de carbono (nomenclador 68.15.10.000.R) ha sido la siguiente.

Período	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Precio promedio (USD/kg)
2012	18,543	575,693	31.05
2013	19,277	721,861	37.45
2014	4,423	226,029	51.11
2015	6,107	169,158	27.70
2016	12,882	214,974	16.69
2017	20,280	366,962	18.09
2018	23,778	491,032	20.65
2019	24,268	468,087	19.29
2020	54,904	787,633	14.35
2021	19,019	360,239	18.94
Precio promedio (USD/kg)			25.53
Valor de importaciones promedio (USD/año)			438,167
Promedio de kg importados			20,348

Tabla 1: Importaciones de fibra de carbono en el período 2012-2021

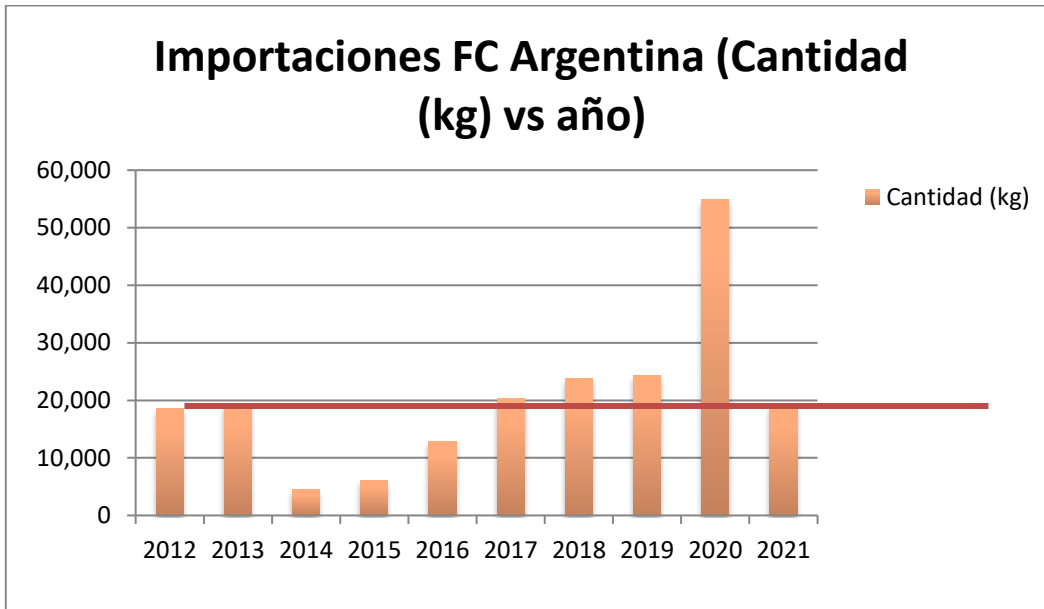


Ilustración 1: Importaciones de fibra de carbono. Relación kg importados vs año

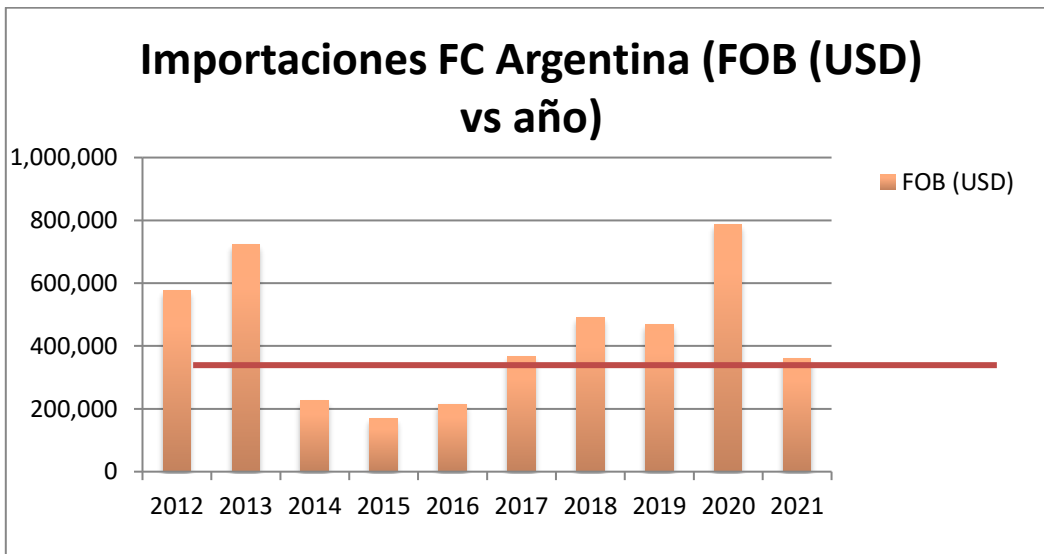


Ilustración 2: Importaciones de fibra de carbono. Relación valor de importación vs año

Es posible obtener información por país de procedencia.

País de Procedencia	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Precio promedio (USD/kg)
España	129,775.02	2,260,000.00	17.41

Estados Unidos	33,845.05	1,140,000.00	33.68
Reino Unido	25,305.85	740,978.94	29.28
Alemania	5,330.99	270,809.80	50.80
China	12,320.26	264,043.45	21.43
Corea	4,512.00	254,757.65	56.46
India	35,189.87	253,793.02	7.21
Suecia	1,082.63	227,274.41	209.93
Italia	1,685.68	123,524.32	73.28
Republica Checa	3,812.68	49,709.79	13.04
Brasil	497.13	31,999.66	64.37
Taiwán	1,066.32	30,496.90	28.60
Francia	402.27	29,656.99	73.72
Finlandia	22.00	29,621.09	1,346.41
Mexico	676.85	29,346.36	43.36
Austria	117.00	27,835.45	237.91
Suiza	388.66	21,127.79	54.36
República Dominicana	0.00	14,998.50	0.00
Belgica	1,571.35	10,936.14	6.96
Pais europeo no determinado	83.77	10,374.38	123.84

Tabla 2: Importaciones de fibra de carbono por país de procedencia

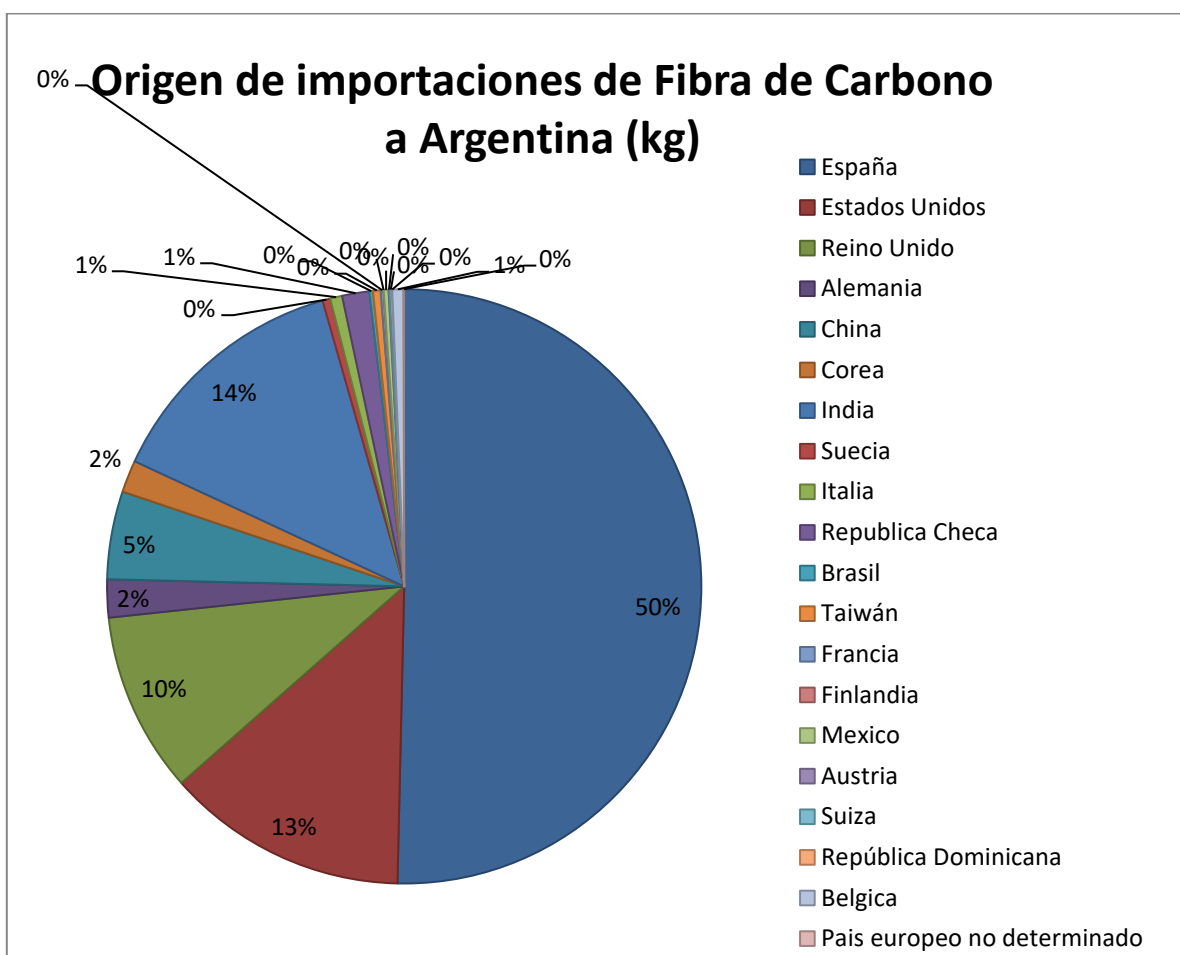


Ilustración 3: Origen de las importaciones en kg

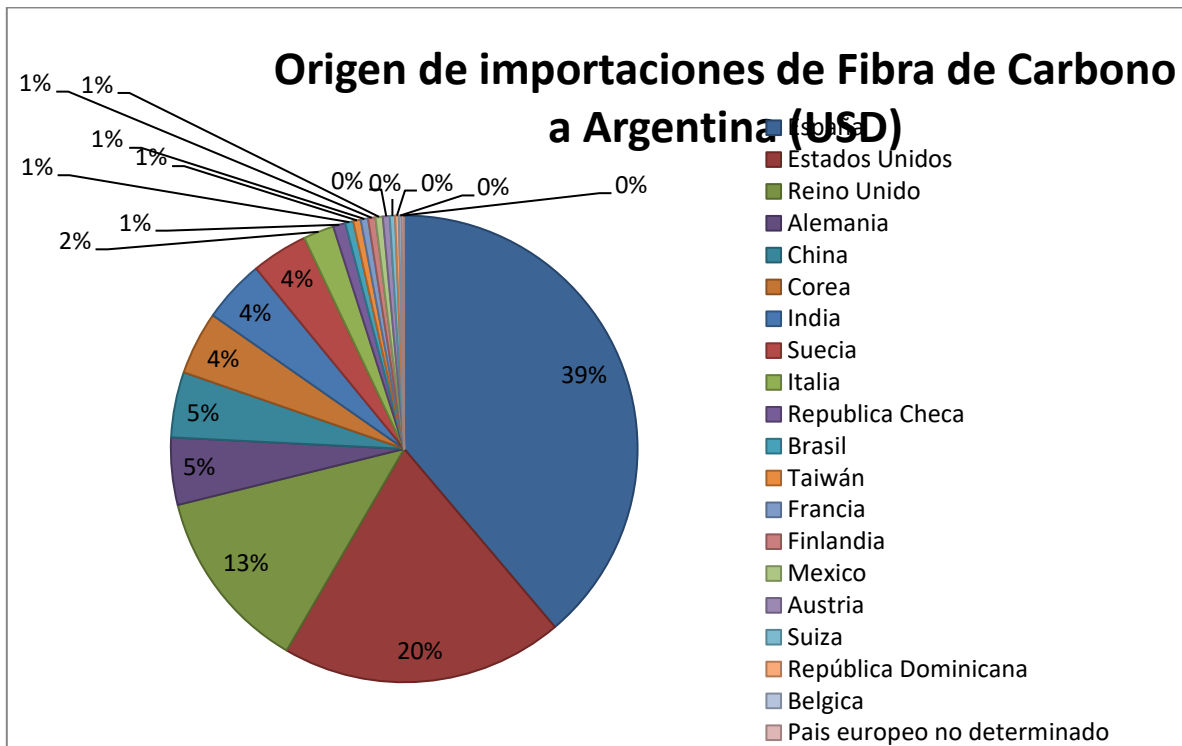


Ilustración 4: Origen de las importaciones en USD

Las empresas que, en dicho período, adquirieron fibra de carbono, son las siguientes.

Importadores probables	Actividades	Monto (USD)
King Marine S.A.	Construcción Y Reparación De Buques (Incluye Construcción De Estructuras Flotantes)	734.515,85
Juntas Flex Seal Srl	Fabricación De Productos Elaborados De Metal N.C.P.	236.234,80
GALAN GONZALO	Venta Al Por Mayor De Artículos De Esparcimiento Y Deportes (Incluye Embarcaciones Deportivas, Arma	208.559,65
Alfa Laval Sociedad Anonima	Fabricación De Maquinaria Y Equipo De Uso General N.C.P. (Incluye La Fabricación De Equipos De Aire	173.351,77
Carmas S A	Fabricación De Pinturas, Barnices Y Productos De Revestimiento Similares, Tintas De Imprenta Y Masi	136.011,82
Soluciones Mro S A I C	Fabricación De Productos Elaborados De Metal N.C.P.	124.364,78
Acindar Industria Argentina De Aceros S A	Fabricación En Industrias Básicas De Productos De Hierro Y Acero N.C.P. (Incluye La Producción De H	74.303,19
B G H S A	Fabricación De Receptores De Radio Y Televisión, Aparatos De Grabación Y Reproducción De Sonido Y V	52.878,99

Proveedores De Ortopedia Sociedad Anonima	Venta Al Por Menor De Instrumental Médico Y Odontológico Y Artículos Ortopédicos (Incluye Venta De	50.900,13
Tetra Pak S.R.L.	Fabricación De Cartón Ondulado Y Envases De Cartón	41.114,31
Aguas Danone De Argentina Sociedad Anonima	Embotellado De Aguas Naturales Y Minerales	40.738,64
Mapei Argentina Sa	Fabricación De Productos Minerales No Metálicos N.C.P. (Incluye La Fabricación De Abrasivos, Lijas,	37.785,13
Importacion A Consumo Con Documento De Transporte	British American Tobacco Argentina Saicyf	36.547,49
Simko Sociedad Anonima	Venta Al Por Mayor De Productos Intermedios, Desperdicios Y Desechos De Vidrio, Caucho, Goma Y Quím	35.704,50
Siderar Sociedad Anonima Industrial Y Comercial	Fabricación En Industrias Básicas De Productos De Hierro Y Acero N.C.P. (Incluye La Producción De H	31.550,02
Hamatsu Argentina S.R.L.	Venta Al Por Mayor De Máquinas - Herramienta De Uso General	27.823,60
Emerson Argentina S A	Venta Al Por Mayor De Equipo Profesional Y Científico E Instrumentos De Medida Y De Control N.C.P.	24.442,91
Omnilab Srl	Venta Al Por Mayor De Equipo Profesional Y Científico E Instrumentos De Medida Y De Control N.C.P.	20.246,10
Papelera San Andres De Giles Sa	Fabricación De Artículos De Papel Y Cartón De Uso Doméstico E Higiénico Sanitario	20.220,71
Bopp Argentina Sa	Fabricación De Productos Plásticos En Formas Básicas Y Artículos De Plástico N.C.P., Excepto Mueble	18.235,41
Stm Argentina S A	Venta Al Por Mayor De Máquinas, Equipo Y Materiales Conexos N.C.P.	16.611,40
M Boats Sa	Construcción Y Reparación De Buques (Incluye Construcción De Estructuras Flotantes)	12.549,37
3 M Argentina Sacifia	Fabricación De Productos Químicos N.C.P. (Incluye La Producción De Aceites Esenciales, Tintas Excep	11.875,00
Maquinas Y Consumibles S.A.	Venta Al Por Mayor De Máquinas, Equipos E Implementos De Uso Especial N.C.P. (Incluye Motonivelador	10.082,10
Pereyra Maria Rosa	Venta Al Por Menor Por Correo, Televisión, Internet Y Otros Medios De Comunicación	9.434,39
Generacion Obra S.R.L.	Venta Al Por Mayor En Comisión O Consignación De Mercaderías N.C.P.	9.341,84
Helicopteros Marinos S A	Servicio De Transporte Aéreo De Pasajeros	9.048,00
Parker Hannifin Argentina S A I C	Venta Al Por Mayor De Máquinas, Equipos E Implementos De Uso Especial N.C.P. (Incluye Motonivelador	8.655,72
Carmas Composites S.R.L.	Fabricación De Pinturas, Barnices Y Productos De Revestimiento Similares, Tintas De Imprenta Y Masi	7.956,16
Smurfit Kappa De Argentina Sociedad Anonima	Fabricación De Papel Y Cartón Excepto Envases	7.800,03
Festo S A	Venta Al Por Mayor De Mercancías N.C.P.	7.770,00

Otto Bock Argentina S.A.	Fabricación De Equipo Médico Y Quirúrgico Y De Aparatos Ortopédicos N.C.P. (Incluye Prótesis, Aparatos)	7.696,97
Emirian S.A.I.C.F.Inmobiliaria Y De Representaciones	Fabricación De Productos Minerales No Metálicos N.C.P. (Incluye La Fabricación De Abrasivos, Lijas, Lijas)	7.440,49
Teadit Argentina Sa	Venta Al Por Mayor De Mercancías N.C.P.	6.831,64
Massalin Particulares Srl	Elaboración De Cigarrillos	6.245,08
Luis Daniel Zimmerman Y Hernan Gabriel Zimmermann Soci	Venta Al Por Menor De Artículos De Ferretería Y Materiales Eléctricos	6.132,03
El Proveedor Tecnológico Srl	Servicios De Arquitectura E Ingeniería Y Servicios Conexos De Asesoramiento Técnico N.C.P.	5.745,00
Pentair Valves & Controls Argentina S.A	Fabricación De Compresores; Grifos Y Válvulas	5.625,04
PPG INDUSTRIES ARGENTINA SRL	Venta Al Por Mayor De Pinturas Y Productos Conexos	5.564,34
Fabricsa Sa	Fabricación De Productos Textiles N.C.P.	5.034,06
Industrias Juan F Secco S A	Generación De Energía Térmica Convencional (Incluye La Producción De Energía Eléctrica Mediante Máq	4.604,22
Dinatecnica S A	Fabricación De Productos Elaborados De Metal N.C.P.	4.032,22
Plaquimet Quimica S.A.	Fabricación De Productos Químicos N.C.P. (Incluye La Producción De Aceites Esenciales, Tintas Excep	3.780,00
Procter & Gamble Argentina Srl	Fabricación De Artículos De Papel Y Cartón De Uso Doméstico E Higiénico Sanitario	3.694,42
Fabrica Argentina De Aviones Brig. San Martin S.A.	Fabricación Y Reparación De Aeronaves	3.239,40
Cerveceria Y Malteria Quilmes Saica Y G	Elaboración De Cerveza, Bebidas Malteadas Y Malta	3.239,22
Glass Pack S R L	Fabricación De Productos Minerales No Metálicos N.C.P. (Incluye La Fabricación De Abrasivos, Lijas, Lijas)	3.161,02
Codan Argentina S A	Fabricación De Partes, Piezas Y Accesorios Para Vehículos Automotores Y Sus Motores	3.141,12
Mercobek Trading S R L	Venta Al Por Mayor De Pinturas Y Productos Conexos	2.522,17
Vitopel Sociedad Anonima	Fabricación De Productos Plásticos En Formas Básicas Y Artículos De Plástico N.C.P., Excepto Mueble	2.086,37
Siemens Sociedad Anonima	Venta Al Por Mayor De Máquinas, Equipo Y Materiales Conexos N.C.P.	2.080,63
Rg Group Srl	Venta Al Por Mayor De Mercancías N.C.P.	1.848,84
Valetto Hugo Daniel	Venta Al Por Mayor De Pinturas Y Productos Conexos	1.404,67
Centrales Termicas Mendoza S A	Generación De Energía Térmica Convencional (Incluye La Producción De Energía Eléctrica Mediante Máq	1.312,50
Cronimo Sa	Fabricación De Maquinaria Y Equipo De Uso Especial N.C.P.	1.216,67
Industrias John Deere Argentina S A	Fabricación De Motores Y Turbinas, Excepto Motores Para Aeronaves, Vehículos Automotores Y Motocicl	1.187,02

Xylem Water Solutions Argentina S R L	Fabricación De Bombas	909,73
Dos Ramos Veronica Gustavo Gabriel	Venta De Motocicletas Y De Sus Partes, Piezas Y Accesorios	870,00
Holcim (Argentina) Sa	Elaboración De Cemento	818,62
Decoraciones Integrales Srl	Venta Al Por Mayor De Mantelería, Ropa De Cama Y Artículos Textiles Para El Hogar	568,36
Bianchi Vending Argentina S A	Venta Al Por Mayor De Maquinas, Equipos E Implementos De Uso Especial Ncp	464,04
Kimberly-clark Argentina Sociedad Anonima	Fabricación De Artículos De Papel Y Cartón N.C.P. (No Incluye El Papel De Lija: 239900)	369,70
Volkswagen Argentina S A	Fabricación De Vehículos Automotores (Incluye La Fabricación De Motores Para Automotores)	338,15
Re-sis-ten.Com Srl	Fabricación De Aparatos De Distribución Y Control De La Energía Eléctrica	291,90
Multirep Sa	Venta Al Por Mayor De Partes, Piezas Y Accesorios De Vehículos Automotores	248,22
Textil Catamarca S A	Fabricación De Artículos Confeccionados De Materiales Textiles Excepto Prendas De Vestir Ncp	239,72
Industrias Alka Sociedad De Responsabilidad Limitada	Fabricación De Maquinaria Y Equipo De Uso Especial N.C.P.	235,20
Coimfer S A C I Exp Y Financiera	Venta Al Por Mayor De Artículos De Ferretería Y Materiales Eléctricos (Incluye La Venta De Clavos,	167,00
Schlumberger Argentina Sociedad Anonima	Servicios De Apoyo Para La Extracción De Petróleo Y Gas Natural	142,09
Faurecia Sistemas De Escape Argentina S.A.	Fabricación De Partes, Piezas Y Accesorios Para Vehículos Automotores Y Sus Motores N.C.P.	128,94
Flowserve Srl	Fabricación De Bombas	123,30
Loma Negra Cia Industrial Argentina Sa	Elaboración De Cemento	102,82
Furmanite Argentina Sa	Servicios De Arquitectura E Ingeniería Y Servicios Conexos De Asesoramiento Técnico N.C.P.	82,92
Phoenix S.A.	Servicios De Arquitectura E Ingeniería Y Servicios Conexos De Asesoramiento Técnico N.C.P.	63,72
De Levie Sa	Venta Al Por Mayor De Tejidos (Telas)	37,41
Riasa S R L	Fabricación De Medicamentos De Uso Humano Y Productos Farmacéuticos	9,86
Total Austral Sociedad Anonima Sucursal Argentina	Extracción De Gas Natural (Incluye Gas Natural Licuado Y Gaseoso)	8,50
Zschimmer Y Schwarz Argentina S A	Fabricación De Productos Químicos N.C.P. (Incluye La Producción De Aceites Esenciales, Tintas Excep	4,00
No Informado	Actividades No Clasificadas En Otra Parte	0,00
Total período 2009-2020		2.341.743,15
Promedio anual (USD)		29.642,32

Tabla 3: Importadores probables de fibra de carbono. Período 2009-2020

Estas empresas pueden ser consideradas como potenciales clientes a nivel nacional.

1.2 Mercado local - exportaciones

Los datos de exportaciones de fibra de carbono en el período 2009-2020 son los siguientes.

Período	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Precio promedio (USD/kg)
2009	294.80	12,458.24	42.26
2010	288.89	39,383.86	136.33
2011	1.14	367.00	321.93
2012	0.60	991.74	1,652.90
2013	1,887.30	41,189.38	21.82
2015	405.88	10,757.51	26.50
2016	158.73	9,487.12	59.77
2017	12.00	1,349.81	112.48
2019	82.00	3,324.12	40.54
2020	58.00	806.99	13.91
Precio promedio (USD/kg)			242.85
Valor de importaciones promedio (USD/año)			12,011.58
Promedio de kg importados			318.93

Tabla 4: Exportaciones de fibra de carbono en el período 2009-2020

En el período considerado, las exportaciones tuvieron destino a los siguientes países:

País de destino	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Precio promedio (USD/kg)
Chile	2,503.88	50,159.24	20.03
Paraguay	508.91	34,957.02	68.69
Peru	257.00	32,701.75	127.24
Estados Unidos	534.48	10,297.14	19.27
Brasil	79.10	6,265.00	79.20
Uruguay	5.67	3,068.23	541.13
Bolivia	122.81	3,040.29	24.76
Venezuela	4.00	1,450.00	362.50
Taiwan	12.92	1,150.00	89.01
Ecuador	3.82	1,083.72	283.70

Tabla 5: Exportaciones de fibra de carbono en el período 2009-2020. Países de destino

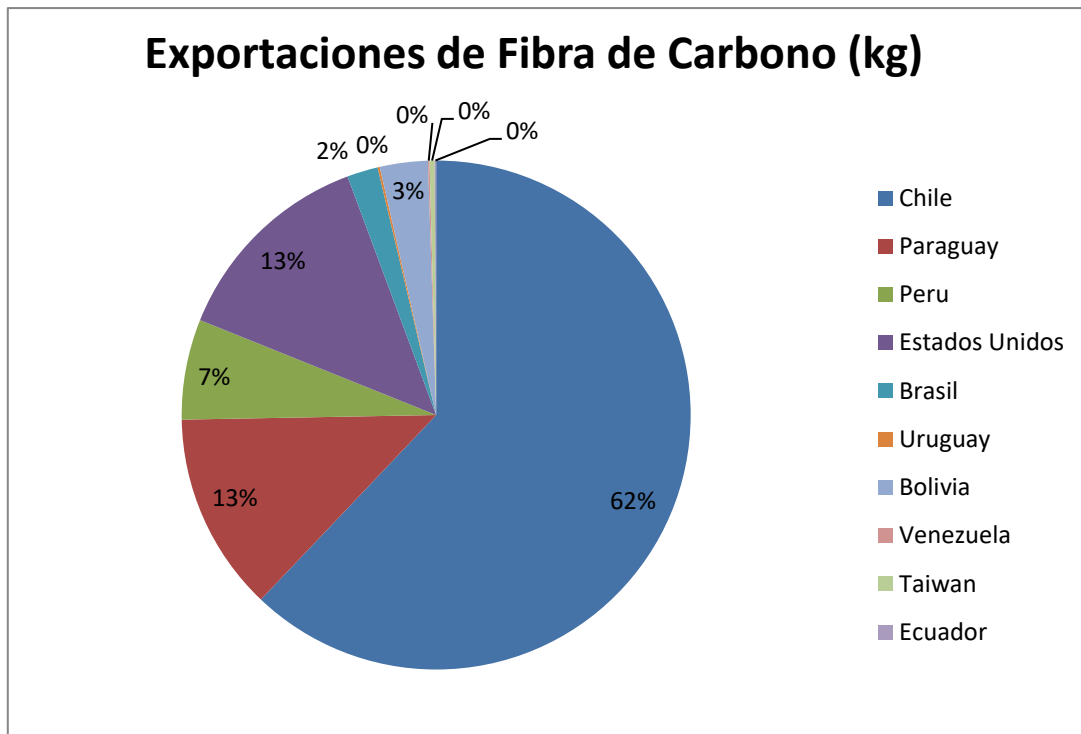


Ilustración 5: Kilogramos de fibra de carbono exportados en el período 2009-2020. Países de destino

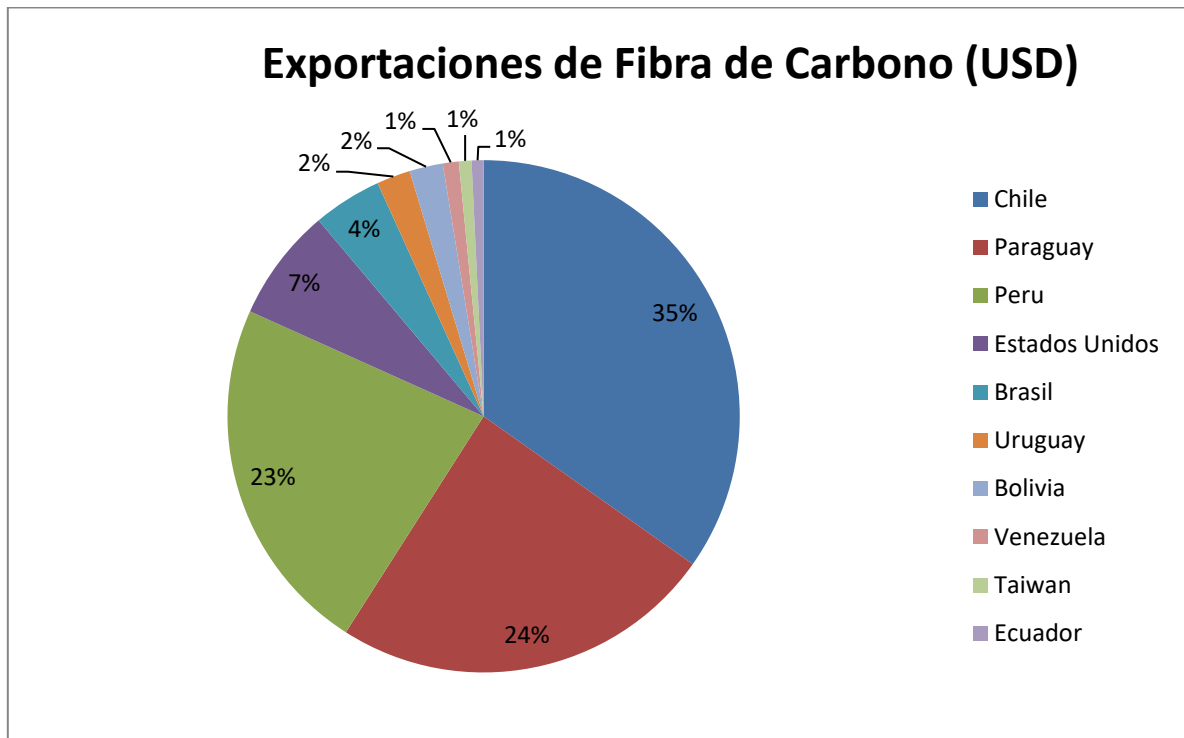


Ilustración 6: Exportaciones de fibra de carbono (USD) en el periodo 2009-2020. Países de destino

1.3 Mercado local - conclusiones

En el período 2009-2020 se han importado, en promedio, 20348 kg/año de fibra de carbono. El precio promedio es de 25,53 USD/kg. Se evidencian los valores fluctuantes de precio por kilogramo, abarcando a valores por encima de los 50 USD/kg y casos a valores por debajo de los 10 USD/kg. Este factor de precio variable está ligado a los diversos tipos de calidades y propiedades del producto. Por este mismo motivo, sus usos finales abarcan a múltiples industrias.

Las cantidades exportadas de este producto son consideradas irrelevantes comparadas con la magnitud de las importaciones.

1.4 Mercado regional (Mercosur) – Brasil - Importaciones

Período	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Precio promedio (USD/kg)
2009	47,729.00	2080000	43.58
2010	78,808.00	2410000	30.58
2011	700,213.00	17040000	24.34
2012	3560000	84150000	23.64
2013	1900000	34530000	18.17
2014	2130000	37500000	17.61
2015	372,952.00	8280000	22.20
2016	484,243.00	9810000	20.26
2017	731,408.00	13510000	18.47
2018	739,126.00	12850000	17.39
2019	1190000	21980000	18.47
2020	4760000	91110000	19.14
Precio promedio (USD/kg)			22.82
Valor de importaciones promedio (USD/año)			27,937,500
Promedio de kg importados			1,391,207

Tabla 6: Importaciones de fibra de carbono (Brasil)

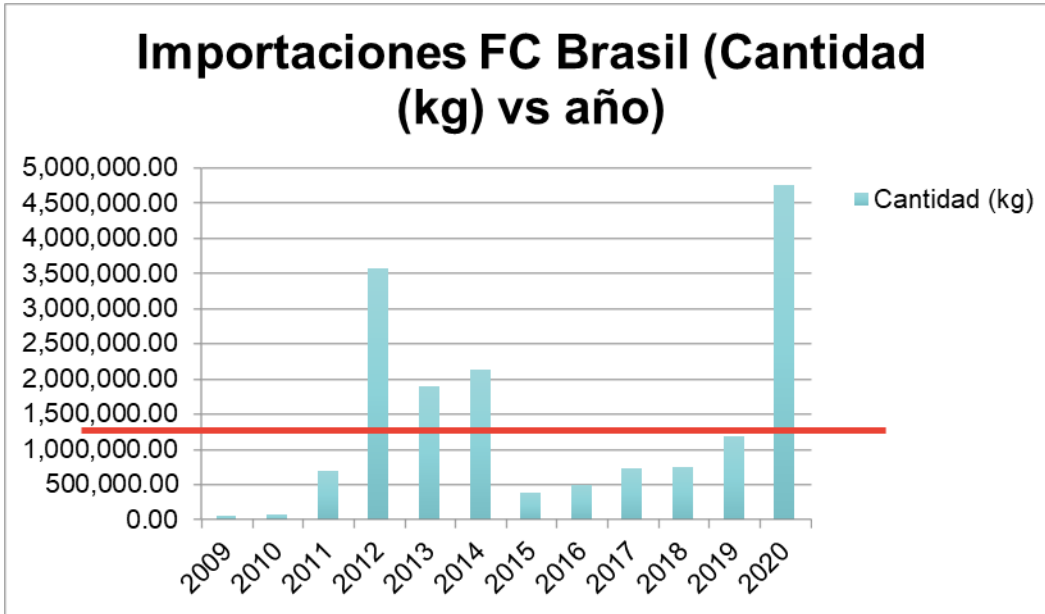


Ilustración 7: Importaciones de fibra de carbono (Brasil). Kg vs año

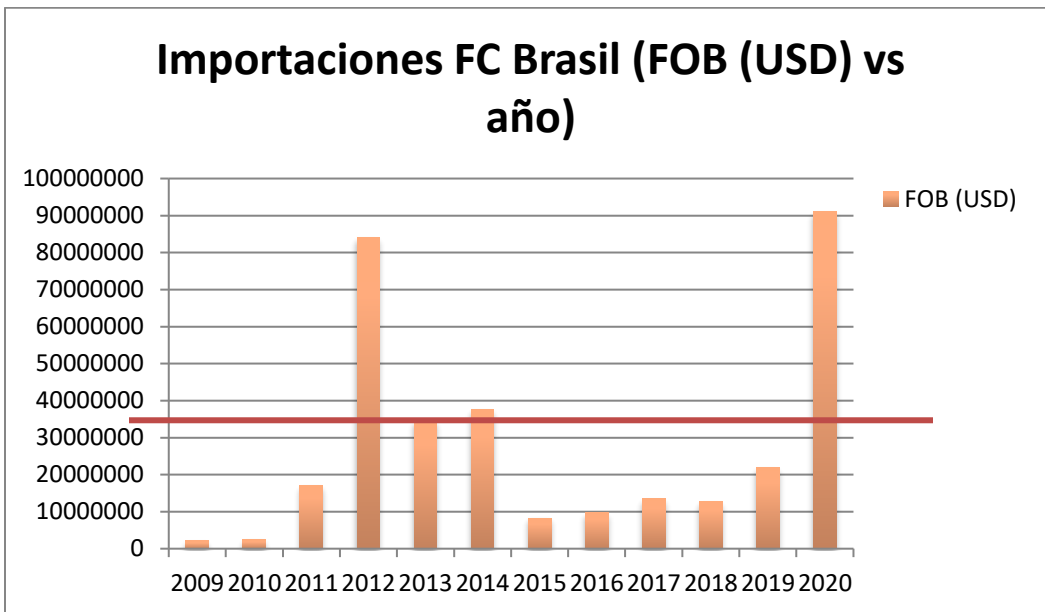


Ilustración 8: Importaciones de fibra de carbono (Brasil). Valor de importaciones vs año

En la siguiente tabla, se puede observar el origen de estas importaciones por país.

País de Procedencia	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Precio promedio (USD/kg)
Reino Unido	6,520,000.00	131,730,000.00	20.20
Estados Unidos	5,310,000.00	107,230,000.00	20.19
Japon	1,790,000.00	30,930,000.00	17.28
Canada	1,190,000.00	25,570,000.00	21.49
Dinamarca	950,220.00	17,230,000.00	18.13
España	874,111.00	16,750,000.00	19.16
Alemania	69,634.00	3,670,000.00	52.70
Austria	92,966.00	2,520,000.00	27.11
China	92,828.00	2,450,000.00	26.39
Finlandia	28,171.00	1,900,000.00	67.45

Tabla 7: Importaciones de fibra de carbono (Brasil) por país de origen

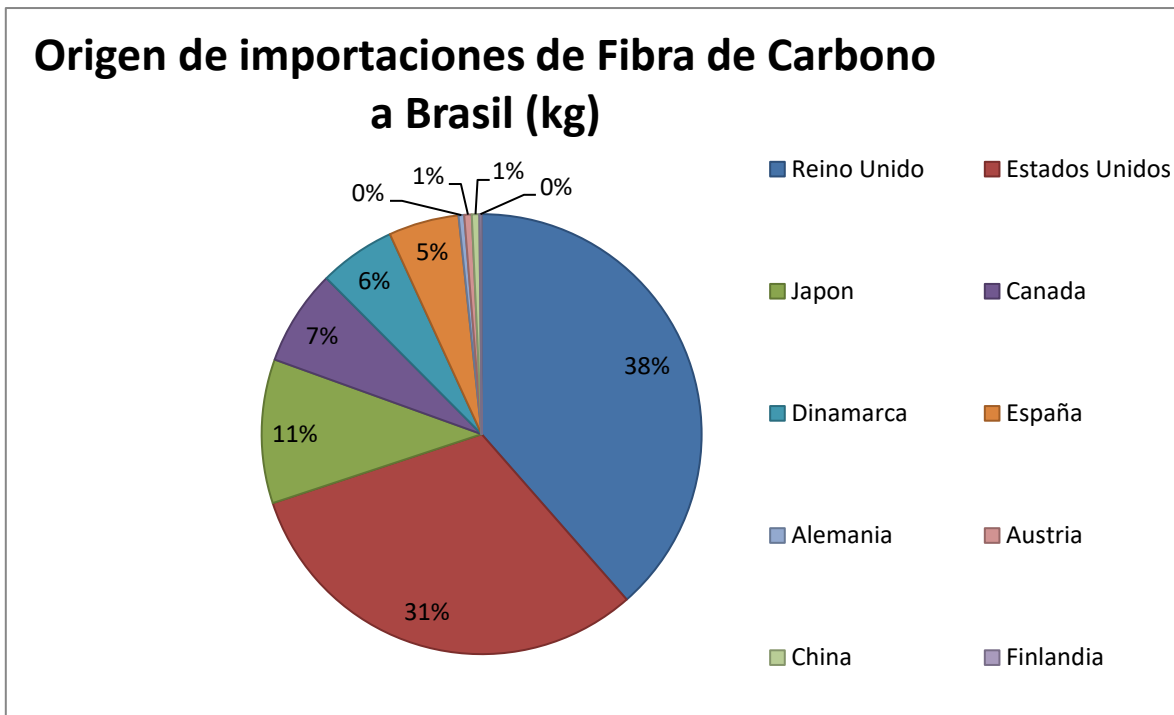


Ilustración 9: Origen de importaciones de fibra de carbono en kg (Brasil)

Origen de importaciones de Fibra de Carbono a Brasil (USD)

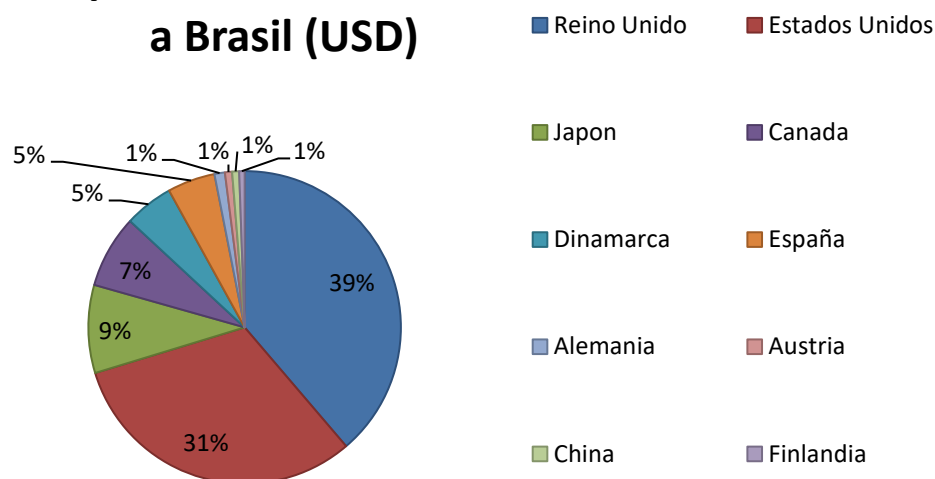


Ilustración 10: Origen de importaciones de fibra de carbono en USD (Brasil)

1.5 Mercado Regional (Mercosur) – Brasil - Exportaciones

Período	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Precio promedio (USD/kg)
2009	186.00	112,349.00	604.03
2010	141.00	39,884.00	282.87
2011	416.00	36,349.00	87.38
2012	528.00	42,069.00	79.68
2013	167.00	20,595.00	123.32
2015	866.00	34,207.00	39.50
2016	35.00	6,943.00	198.37
2017	91.00	32,211.00	353.97
2018	104.00	23,912.00	229.92
2019	50.00	64,751.00	1,295.02
2020	755.00	61,063.00	329.41
Precio promedio (USD/kg)			329.41
Valor de importaciones promedio (USD/año)			43,121.18
Promedio de kg importados			303.55

Tabla 8: Exportaciones de fibra de carbono en el período 2009-2020 (Brasil)

El destino de estas importaciones se ve reflejado en la siguiente tabla.

País de destino	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Precio promedio (USD/kg)
Reino Unido	242,720.00	4,210,000.00	17.35
Francia	7.00	355,108.00	50,729.71
Estados Unidos	5,923.00	136,325.00	23.02
Peru	243.00	105,659.00	434.81
Cuba	111.00	65,148.00	586.92
Argentina	70.00	45,486.00	649.80
Venezuela	625.00	41,761.00	66.82
Chile	149.00	33,265.00	223.26
Paraguay	440.00	22,885.00	52.01
Italia	282.00	20,723.00	73.49
Portugal	10556	20266	1.92
Costa rica	10	17000	1,700.00

Tabla 9: Exportaciones de fibra de carbono por país de destino (Brasil)

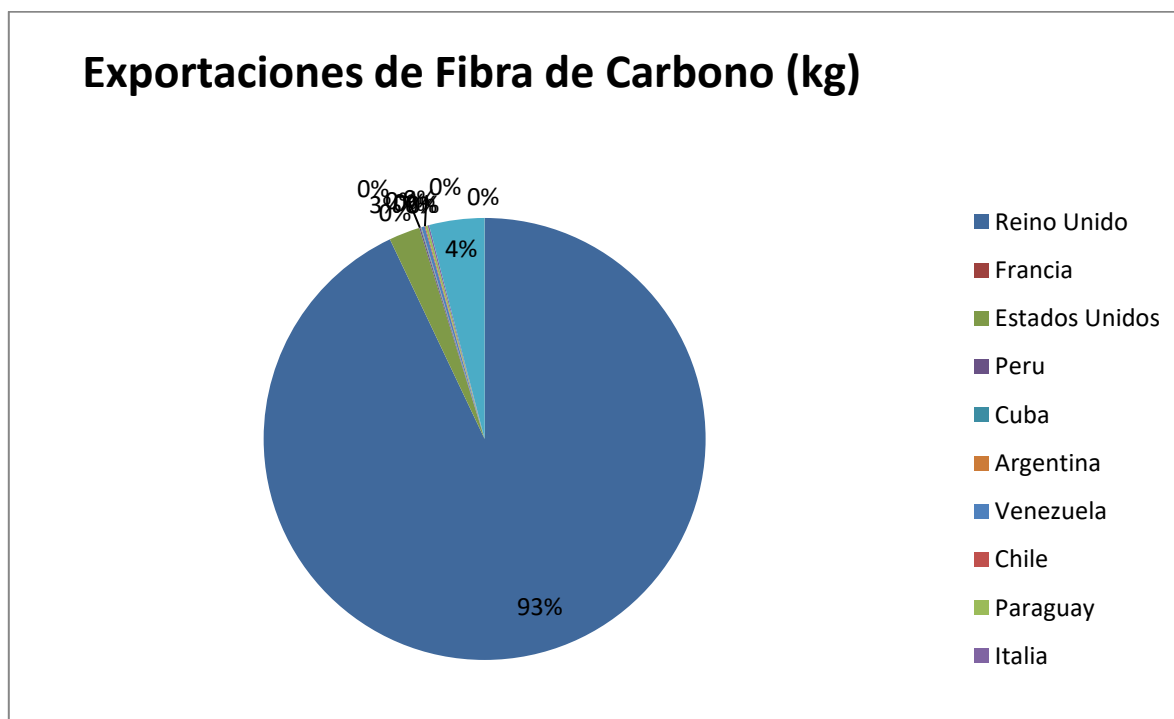


Ilustración 11: Exportaciones de fibra de carbono por país de destino en kg (Brasil)

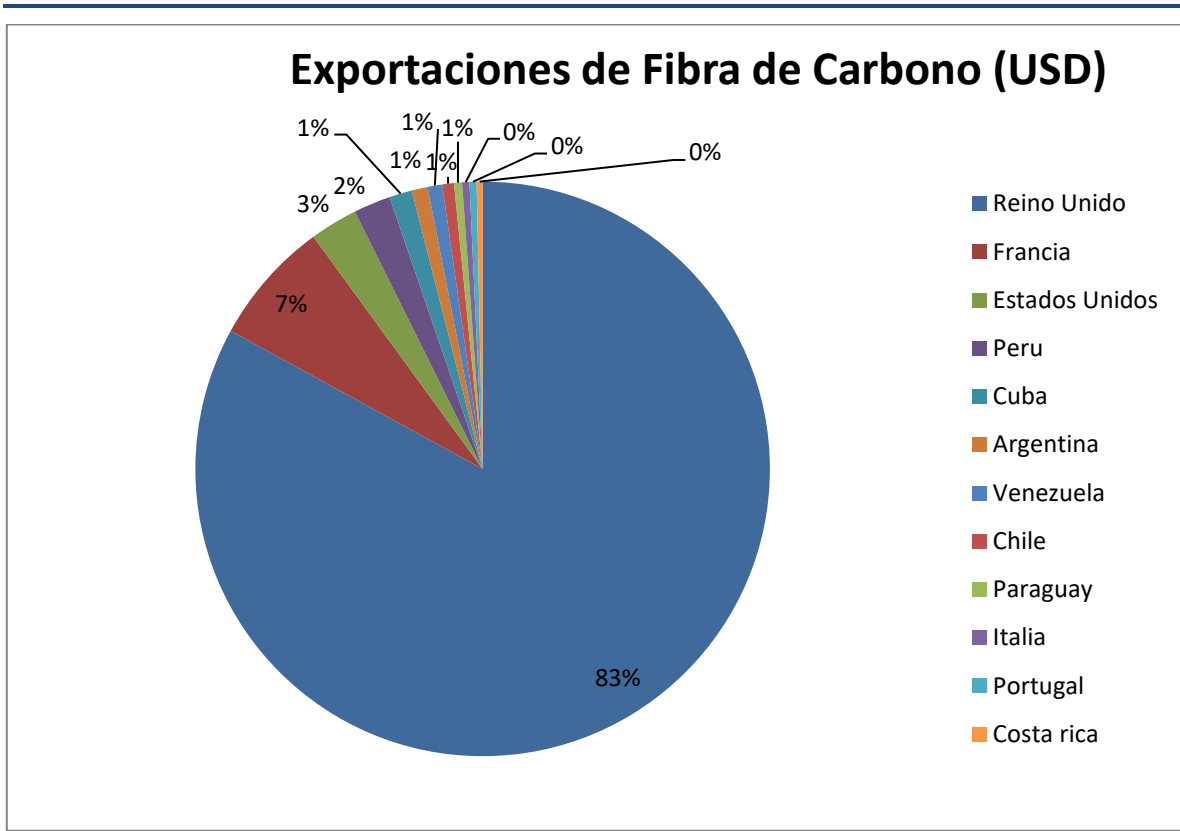


Ilustración 12: Exportaciones de fibra de carbono en USD (Brasil)

1.6 Mercado regional (Mercosur) – Brasil - Conclusiones

El balance de importaciones-exportaciones de Brasil indica un consumo sostenido de fibra de carbono, alrededor de 1390 toneladas anuales. El principal proveedor (83%) es Reino Unido, seguido de Francia con un 7%. El monto promedio anual importado es de 27937500 USD.

1.7 Mercado regional (Mercosur estados asociados) – Chile - Importaciones

Período	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Precio promedio (USD/kg)
2009	67747.04	1520000	22.44
2010	118196.28	2330000	19.71
2011	120012.27	2650000	22.08
2012	266470.61	4180000	15.69
2013	100832.98	2330000	23.11
2014	96883.22	2550000	26.32
2015	87311.85	2490000	28.52
2016	96916.35	2290000	23.63
2017	68444.38	2160000	31.56
2018	80896.9	2320000	28.68
2019	74001.72	2540000	34.32
2020	92162.66	2490000	27.02
2021	19466.72	554452.57	28.48
Precio promedio (USD/kg)			25.50
Valor de importaciones promedio (USD/año)			2,338,804
Promedio de kg importados			99,180

Tabla 10: Importaciones de fibra de carbono. Chile

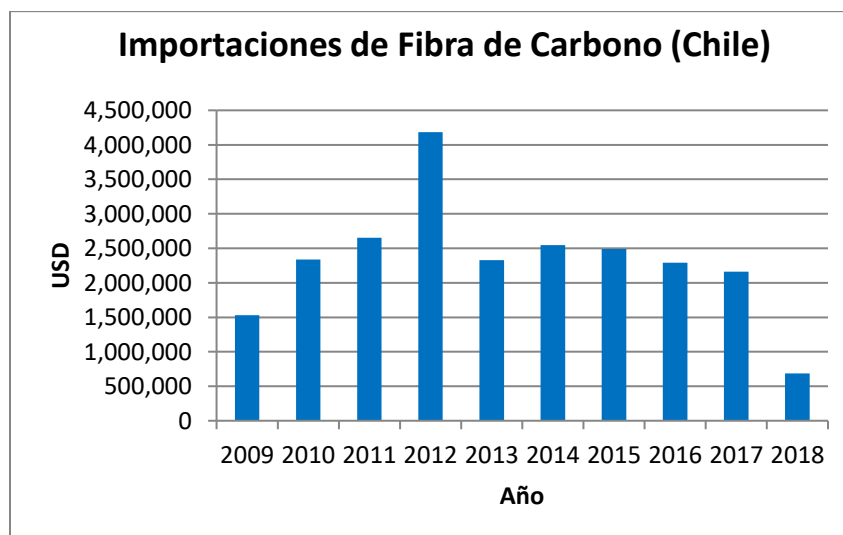


Ilustración 13: Importaciones de fibra de carbono (USD). Chile

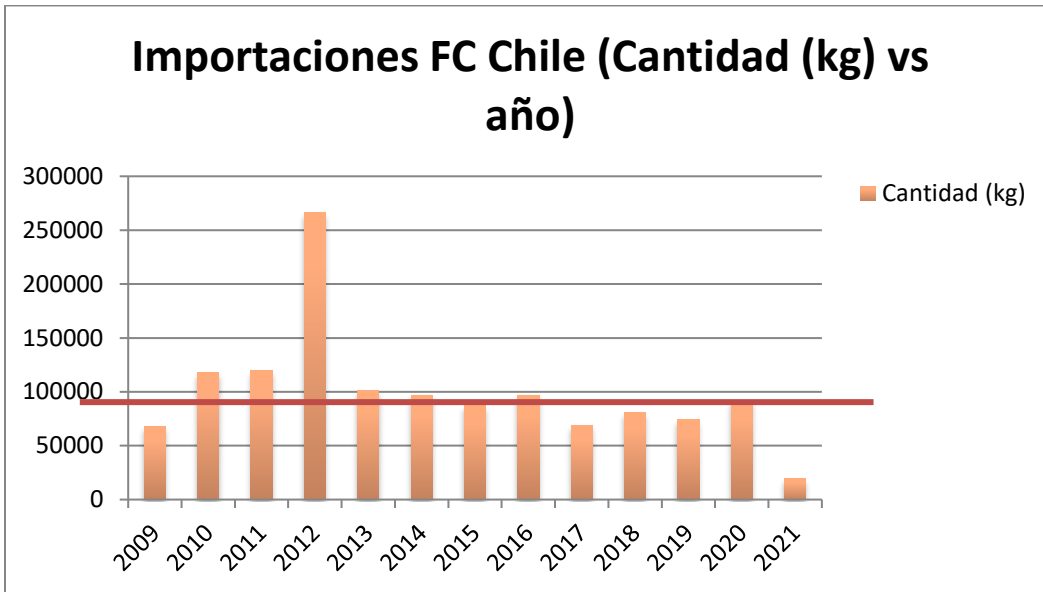


Ilustración 14: Importaciones de fibra de carbono (kg). Chile

Analizando los países de procedencia:

País de Procedencia	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Precio promedio (USD/kg)
Estados Unidos	707,919.11	21,740,000.00	30.71
Alemania	220,624.90	3,280,000.00	14.87
China	370,553.49	2,200,000.00	5.94
España	99,439.96	2,030,000.00	20.41
Corea	45,665.33	1,420,000.00	31.10
Brasil	50,175.10	1,380,000.00	27.50
Reino Unido	43,317.47	1,150,000.00	26.55
Argentina	11,728.87	1,100,000.00	93.79
Austria	125,350.39	868,244.77	6.93
Suiza	49,812.60	749,945.07	15.06

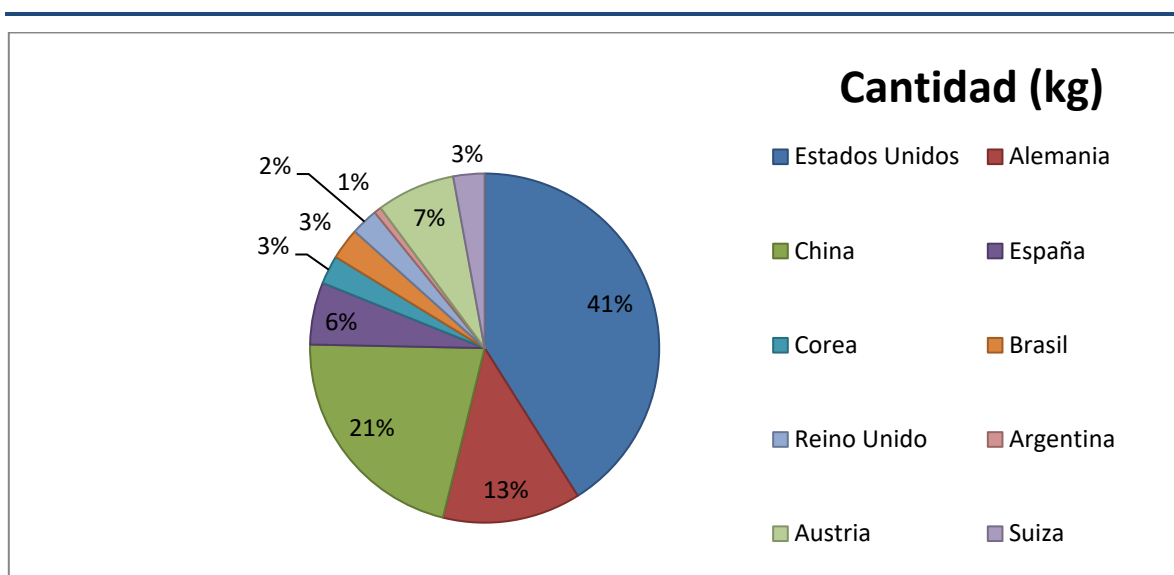


Ilustración 15: Importaciones de fibra de carbono (Chile) por país de origen

1.8 Mercado regional (estados asociados la Mercosur) – Chile – Exportaciones

Período	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Precio promedio (USD/kg)
2009	1,221.58	70,871.83	58.02
2010	582.99	50,771.97	87.09
2011	467.15	28,030.73	60.00
2012	1,041.91	34,443.64	33.06
2013	1,330.74	28,748.97	21.60
2014	5,691.89	74,196.35	13.04
2015	1,063.75	44,428.60	41.77
2016	1,277.74	87,493.16	68.47
2017	2,761.70	54,431.06	19.71
2018	2,601.90	133,199.66	51.19
2020	702.29	30,028.70	42.76
2021	2.92	192.61	45.16
Precio promedio (USD/kg)			45.16
Valor de importaciones promedio (USD/año)			53,069.77
Promedio de kg importados			1,562.21

Tabla 11: Exportaciones de fibra de carbono (Chile)

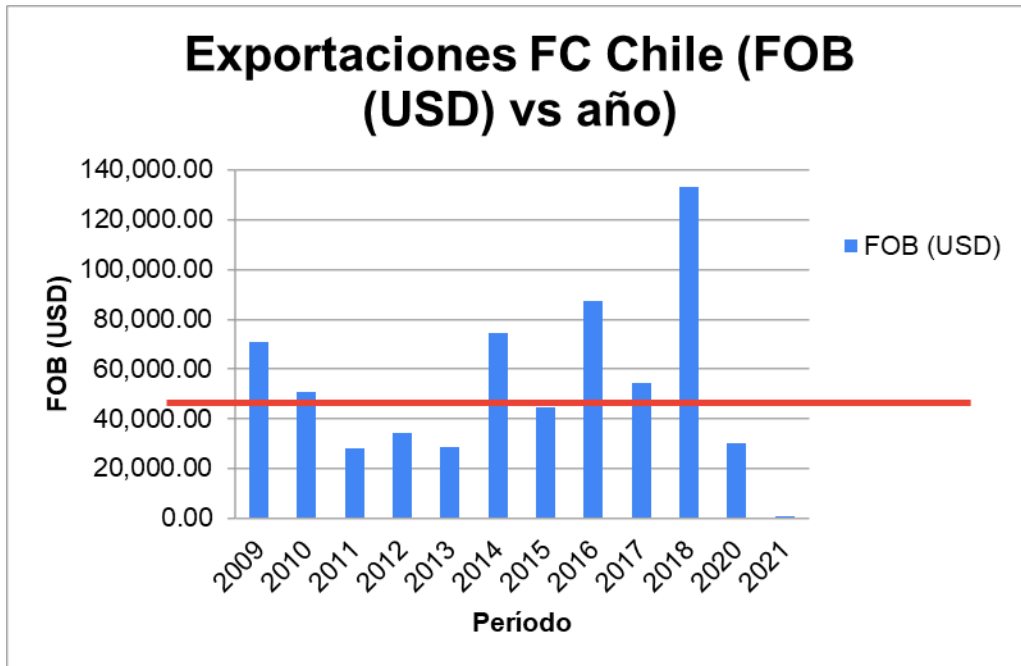


Ilustración 16: exportaciones de fibra de carbono (USD). Chile

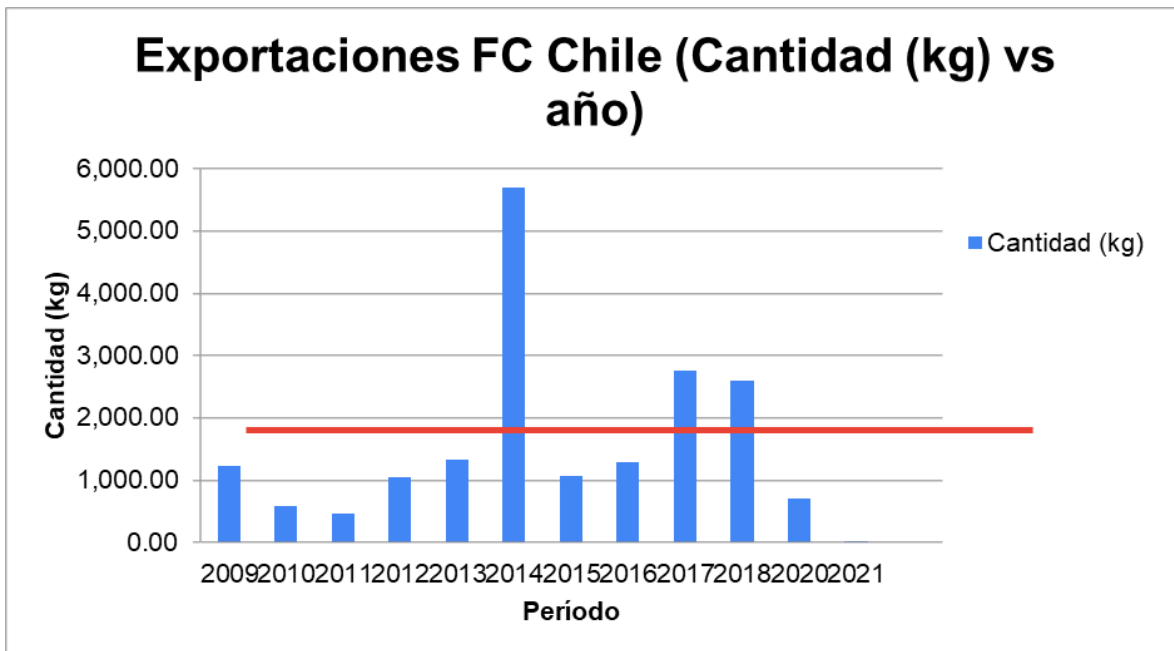


Ilustración 17: Exportaciones de fibra de carbono (kg). Chile

Analizando los países de procedencia:

País de destino	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Precio promedio (USD/kg)
Peru	7,367.58	265,717.12	36.07
Argentina	15,779.55	155,726.70	9.87
Estados Unidos	1,714.62	109,408.58	63.81
Bolivia	2,564.48	86,097.96	33.57
Ecuador	2,685.14	84,523.59	31.48
Islas Virgenes Britanicas	205.80	67,258.70	326.82
Colombia	2,459.33	44,408.77	18.06
Kazajstan	3,733.00	27,845.94	7.46
Dinamarca	32.31	25,250.00	781.49

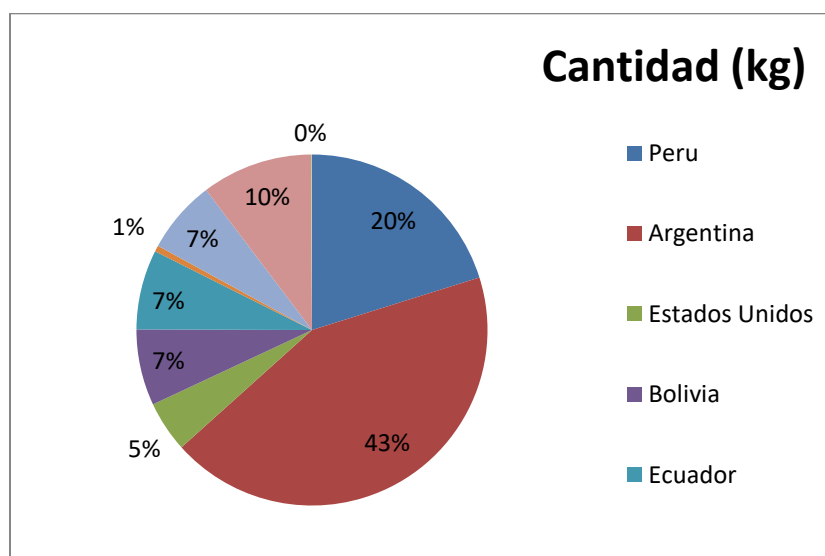


Ilustración 18: Exportaciones de fibra de carbono (Chile) por país de destino

1.9 Mercado Regional (estados asociados al Mercosur) – Chile - Conclusiones

El balance de importaciones-exportaciones de Chile indica un consumo sostenido de fibra de carbono, alrededor de 100 toneladas anuales. El principal proveedor (41%) es Estados Unidos, seguido de China con un 21%. El monto promedio anual importado es de 2338804 USD.

1.10 Mercado internacional

El análisis del mercado de fibras de carbono (FC) se ha convertido en parte previa al del mercado de los plásticos reforzados con fibra de carbono (PRFC).

Las compañías SGLG, TohoT y Toray son responsables del 40%, aproximadamente, de toda la producción mundial de Fibra de Carbono, que en 2013 alcanzó un total de 48.000 tn.

Los incrementos de capacidad anunciados en 2011 y 2012, se han implementado en su mayor parte y las compañías que los realizaron están ahora empezando a ampliar sus mercados de forma más activa, tal como se refleja a continuación.

- Toray ha ampliado su capacidad de producción de Fibra de Carbono hasta 21,100 tn/año.
- Las nuevas empresas rusas Argon Ltd. (CJSC Holding Company Composite) y Alabuga Fibers LLC han aumentado su capacidad en 1,500 tn/año.
- Taekwang Industrial Co Ltd (Ulsan, Corea del Sur) inició su producción de FC en marzo 2012 y aumentó su capacidad hasta 1,500 tn/año en 2013.
- Hyosung empezó a producir. 2,000 tn/año (tow <48k) en la ciudad de Jeonju en Corea del Sur.
- La capacidad de Kemrock Industries and Exports Ltd. Se estima ahora en 650 tn/año.
- Zoltek Corporation ha completado también sus inversiones anunciadas en el proyecto “Zoltek de \$15 millones” en la planta de Fibra de Carbono St. Peters], con lo que su capacidad total llegó a, aproximadamente 17,600 tn/año en 2013.

- Actualmente, las compañías chinas tienen una capacidad de alrededor de 12,000 tn/año y está prevista su expansión hasta 22,000 tn/año, aproximadamente para 2020. Los principales productores en este país son: Jiangsu Hengshen Fibers Materials Co. Ltd. (3,500 tn); Zhongfu Shenying Carbon Fibers Co. Ltd. (3,200 tn), Dalian Xingke Carbon Fibers Co. Ltd (1,670 tn), Weihai Tuozhan Fibers Co Ltd. (2,150tn).
- El grupo SGL está en proceso de adquirir el 86% de las acciones de la fábrica portuguesa de fibra Fisipe. Esto dará al grupo capacidad para fabricar fibras de Carbono y plásticos reforzados con fibra de carbono (PRFC), con una fuente adicional de materias primas.
- MRC, compañía 100% subsidiaria de Mitsubishi Chemical Holdings ha completado la adquisición de TK Industries, un fabricante alemán de tejidos multiaxiales de fibra de carbono.

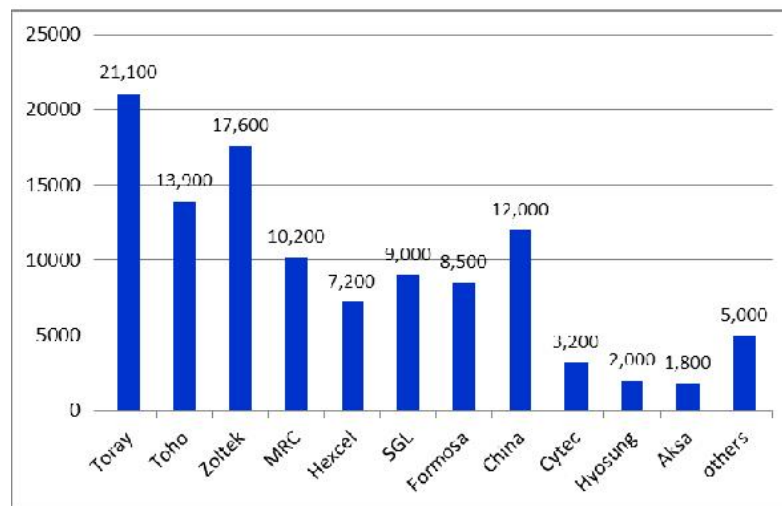


Ilustración 19: Capacidades de producción de fibra de carbono por fabricante (2012) en toneladas

Los datos del año 2013 indican que la capacidad teórica total (dependiendo del tipo de tow que produzca cada fabricante) está en 111.500 tn de fibra de carbono. En la columna *others*, se suman las nuevas capacidades de las empresas: de Rusia, Corea

del Sur e India. Esta capacidad se ha de suplementar con unas 4.000 tn/año de fibra de carbono (a base de brea) de Japón, USA y China.

Por regiones, las mayores instalaciones para producir FC se encuentran en USA, Europa (incluyendo Turquía) y Japón. Cada una de estas zonas supone un 23-24% del global. China ha aumentado ahora su producción a un 11% de la producción mundial. El resto se distribuye entre Taiwan, Corea del Sur, Rusia, India y México, tal como se ve en la Ilustración 20.

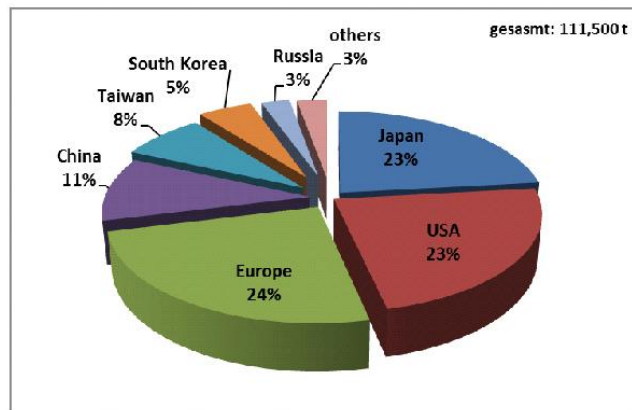


Ilustración 20: Capacidad por regiones de producción de fibra de carbono (a base de PAN) (2013)

2-Conclusiones

Este estudio nos indica que el mercado de fibra de carbono está en pleno desarrollo.

A continuación, se mostrarán los mercados a los que se planifica ingresar.

Mercado	Consumo [kg]	Porcentaje del consumo a tomar [%]	Total [kg]
Argentina	20.348	43	8.750
Brasil	1.391.207	25	347.802

Chile	99.180	44	43.639
Total [kg]			400.191
Se tomarán 400 ton como objetivo de producción			

Tabla 12: Descripción cuantitativa de segmentación de mercado

Nuestros principales competidores son:

- Estados Unidos: principal proveedor de Chile;
- Reino Unido: principal proveedor de Brasil.

Cabe destacar que, en Argentina, el mercado se encuentra más distribuido, por lo cual no hay un competidor fuerte.

2.1 Perspectiva en el mercado local

Se puede ver que Argentina, en términos de volúmenes, es un mercado pequeño para la fibra de carbono, pero puede convertirse en un mercado a desarrollar si se pueden abaratar los costos de producción.

Podría aumentarse el porcentaje del mercado, pero dado que se viene transitando una pandemia, provocando quiebres y problemas económicos en varias regiones, se decide ser conservativo y en caso de poder, crecer la empresa una vez ya establecida en un mercado constante.

2.2 Análisis de precios

Dado que la fibra de carbono se presenta en diversas calidades y presentaciones, no existe un precio definido. Se ha observado que el precio promedio de venta está segmentado de la siguiente manera:

- Segmento 1º: HM de 1K a 6K = 10-30 USD/kg

-
- Segmento 2°: HR de 1K a 6K = 30-50 USD/kg
 - Segmento 3°: HM de 12K a 24K = 50-80 USD/kg
 - Segmento 4°: HR de 12 a 24K = 80-110 USD/kg

Se definió un precio de venta estimado de 105 USD/kg.

3-Bibliografía

Centro Español de Plásticos. Información obtenida de <https://cep-plasticos.com/es/contenido/mercado-mundial-2013-de-plasticos-reforzados-con-fibra-de-carbono>

Nosis. Información obtenida de <https://www.nosis.com/es>

Scavage Argentina. Información obtenida de <https://www.scavage.com/>

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**Producción de fibra de carbono a partir
de bagazo de cerveza**

Capítulo 4: Elección del proceso

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final.

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren



Índice

1-Proceso convencional	3
2-Procesos alternativos	6
3-Diagrama de bloques	9
4-Agitación básica e hidrólisis ácida	11
5-Transformación de la lignina en fibra de carbono: reacciones químicas	14
5.1. Oxidación	15
6. Bibliografía	17

1-Proceso convencional

El proceso convencional de obtención de fibra de carbono es a partir del calentamiento del poliacrilonitrilo (PAN). Este calentamiento hace que las unidades repetitivas ciano formen anillos.

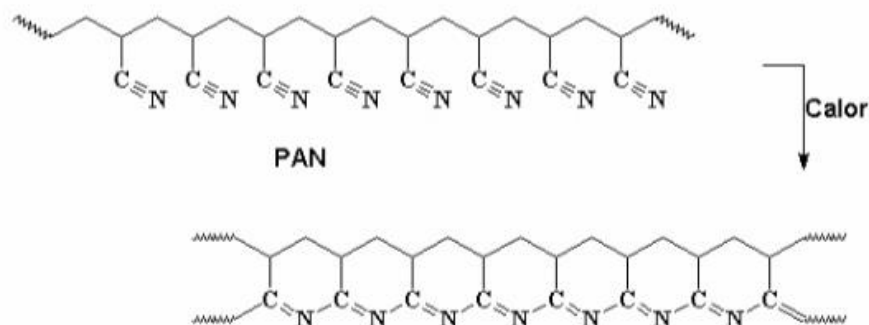


Ilustración 1: Primera etapa de obtención de fibra de carbono a partir del método convencional

Mediante la adición de más energía térmica, los átomos de carbono pierden sus hidrógenos y los anillos se vuelven aromáticos, formándose una serie de anillos piridínicos fusionados.

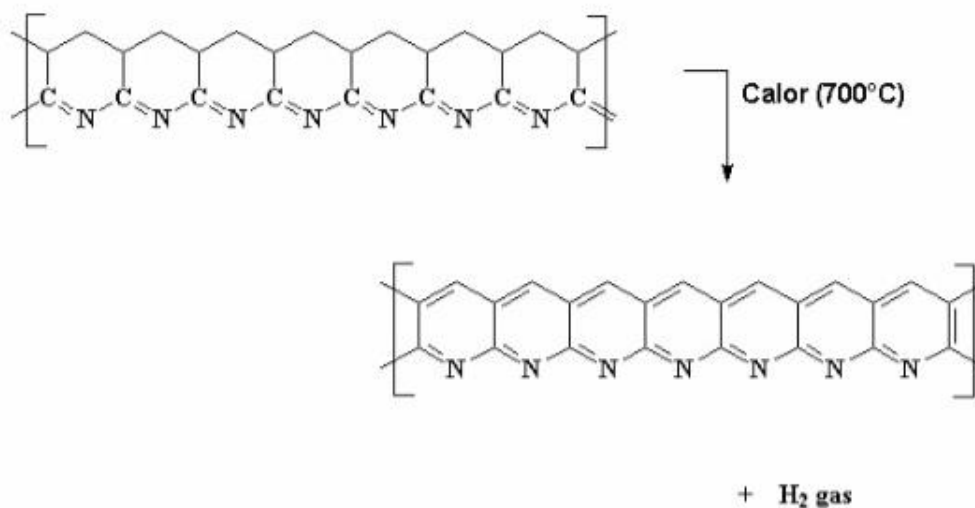


Ilustración 2: Segunda etapa de obtención de fibra de carbono a partir del método convencional

Luego, se incrementa la temperatura unos 40-60 °C y las cadenas adyacentes se unen.

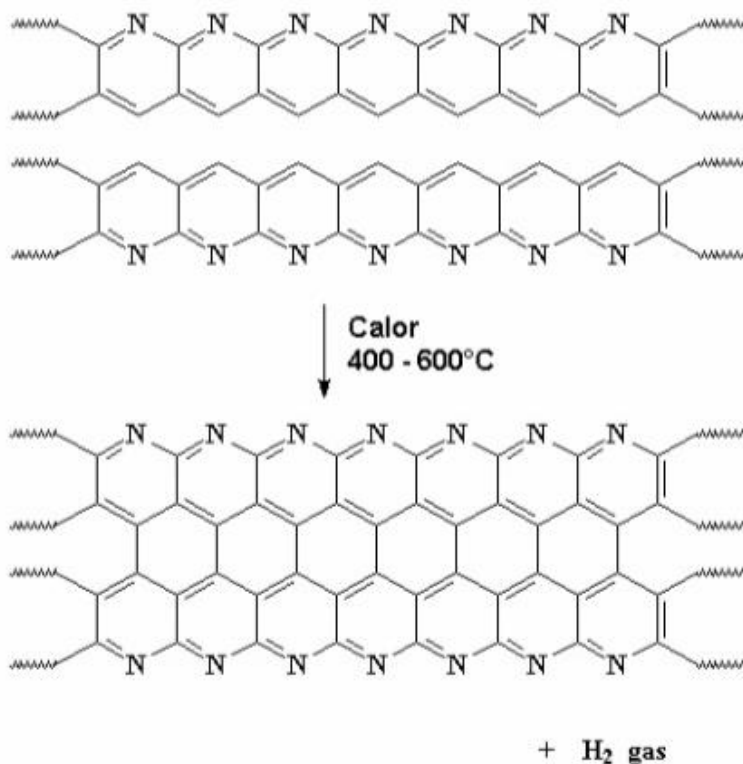


Ilustración 3: Tercera etapa de obtención de fibra de carbono a partir del método convencional

Este calentamiento libera hidrógeno, generando un polímero de anillos fusionados en forma de cinta.

Incrementando aún más la temperatura hasta 1300 °C, nuevas cintas se unirán para formar cintas más anchas.

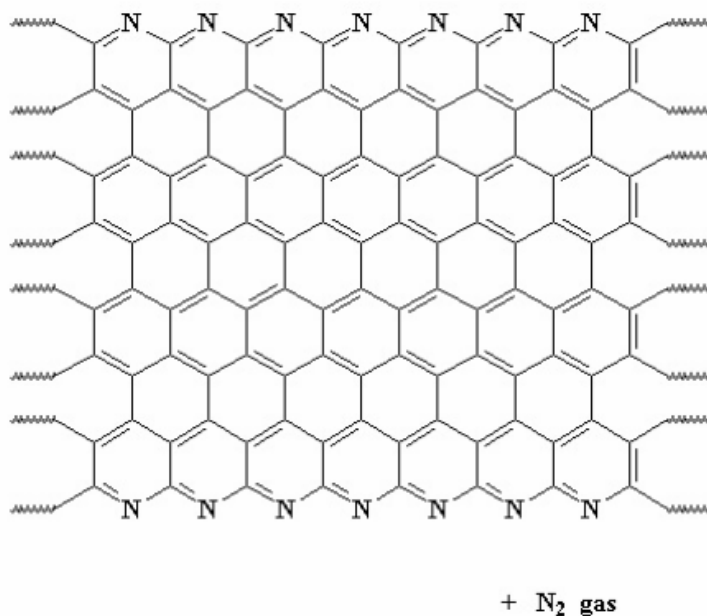


Ilustración 4: Cuarta etapa de la obtención de fibra de carbono a partir del método convencional

De este modo, se libera nitrógeno, obteniendo un polímero con átomos de nitrógeno en los extremos, por lo que estas cintas pueden unirse para formar cintas más anchas. A medida que ocurre esto, se libera más nitrógeno.

Terminado el proceso, las cintas son extremadamente anchas y, la mayor parte del nitrógeno se liberó, quedando una estructura que es casi carbono puro.

La estructura atómica de la fibra de carbono es similar a la del grafito, que consiste en láminas de átomos de carbono dispuestos siguiendo un patrón hexagonal regular. La diferencia radica en la forma en que se vinculan las láminas. El grafito es un material cristalino en el cual las láminas se apilan paralelas entre sí de manera regular. Las fuerzas intermoleculares entre las láminas son relativamente débiles (fuerzas de Van der Waals), dando al grafito sus características blandas y quebradizas. Dependiendo del precursor para hacer la fibra, la fibra de carbono puede ser turbostrática o grafitica, o bien tener una estructura híbrida. En las fibras de carbono turbostráticas las láminas de átomos de carbono se apilan al azar o en forma irregular. Las fibras de carbono derivadas del poliacrilonitrilo (PAN) son turbostráticas, por lo cual tienden a tener alta resistencia a la tracción, mientras que las fibras de carbono grafiticas tienden a presentar un alto módulo de Young y alta conductividad térmica.

2-Procesos alternativos

El costo de fabricación de un grado adecuado de fibra de carbono depende, en gran medida, del precio del petróleo, ya que alrededor del 51% del costo total del producto final corresponde al precursor, 18% a las utilidades, 12% a la depreciación, 10% a la mano de obra y 9% a otros costos fijos.

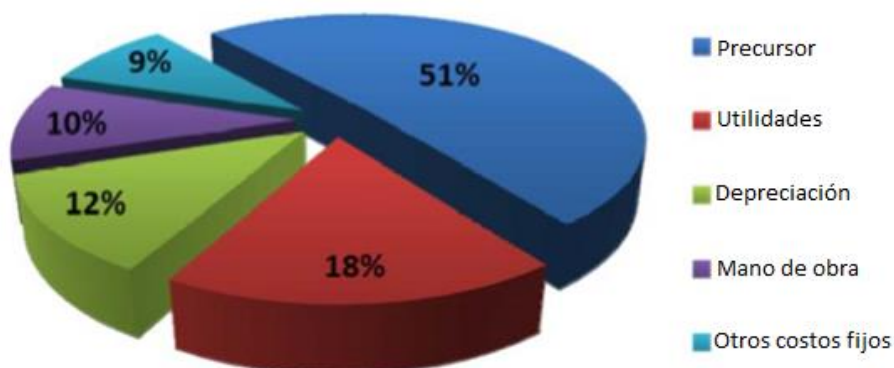


Ilustración 5: Clasificación de los costos en la manufactura de la fibra de carbono a partir del PAN

Por este motivo, se han realizado diversas investigaciones para la fabricación de fibra de carbono de bajo costo, las cuales han involucrado la utilización de precursores de menor costo, la reducción del costo de procesamiento o una combinación de ambas.

Uno de los precursores sustitutos potenciales es la lignina, dado que es compuesto de alta disponibilidad, bajo costo y capaz de producir un producto acorde a las especificaciones del mercado. Las mejores muestras de fibra de carbono producidas a base de lignina, presentan una resistencia promedio de 1,07 GPa, módulos de 82,7 GPa y extensibilidades de 2,03%.

Por estos motivos, la fabricación de fibra de carbono a partir de lignina es de particular interés, lo cual se ve reflejado en la frecuencia de emisión de artículos y patentes de fibra de carbono a base de lignina por año.

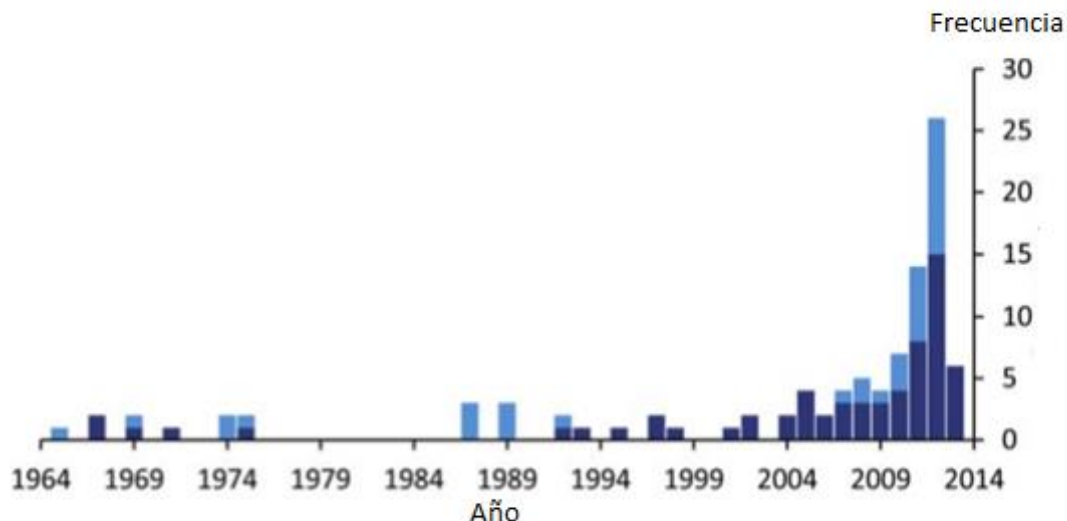


Ilustración 6: Frecuencia de emisión de artículos (azul oscuro) y patentes (azul claro) por año

Se debe tener en cuenta que el proceso es complejo y que requiere de un control cuidadoso de la lignina, las condiciones de hilado y las temperaturas de tratamiento para poder obtener una fibra de carbono de resistencia superior. Sin embargo, la lignina tiene ventajas sobre otros precursores, debido a que tiene un muy bajo costo, es renovable y ya está sustancialmente oxidada, por lo que puede ser termoestabilizada por oxidación a tasas potencialmente más altas que con el PAN.

Las principales fuentes de obtención de lignina son:

- Biomasa vegetal
- Residuos agrícolas lignocelulósicos
- Residuos de la industria papelera
- Residuos de la industria cervecera (bagazo de cerveza)

La biomasa vegetal suele tener una gran proporción de lignina en su composición. Sin embargo, los pretratamientos de este tipo de materia prima son muy complejos, dado que para obtener la lignina es necesario romper con varias estructuras.

Los residuos agrícolas lignocelulósicos presentan el mismo inconveniente que la biomasa vegetal, además de ser utilizados mayormente para la producción de bioetanol.

Con respecto a la industria papelera, se pueden identificar dos tipos de residuos de los que se podría obtener lignina: los sólidos y los líquidos, Sin

embargo, alrededor del 98% de los residuos sólidos son quemados directamente en las mismas fábricas en una etapa de recuperación de energía. De la misma forma, el residuo líquido es tratado.

Los residuos de la industria cervecera, en cambio, no presentan mayor aplicación a alimento para ganado. Además, es una materia prima de la cual se puede realizar una extracción sin mayores dificultades.

Se debe tener en cuenta que el residuo obtenido de la industria cervecera tendrá diversos componentes, de los cuales será importante solamente el bagazo propiamente dicho.

Grupo	Residuo	Operación donde se genera	Cantidad aprox. generada
Residuos orgánicos	Bagazo	Filtración tras la maceración	20 kg/Hl cerveza (con un 80% de humedad)
	Levaduras	Fermentación y guarda	0.64 kg/Hl cerveza (con un 97% de humedad)
	Fangos de depuradora	Tratamiento de aguas residuales	Variable en función de la carga contaminante y el tratamiento de depuración
(*)	Tierra de Diatomeas	Filtrado de la cerveza	0.14 – 0.25 kg/Hl cerveza
Residuos asimilables urbanos	Basura general	Comedor, papeleras,...	
	Restos de papel y cartón	Envasado y limpieza de instalaciones	0.04 – 0.11 kg/Hl cerveza
	Plásticos	Envasado y limpieza de instalaciones	
	Restos metálicos	Mantenimiento de las instalaciones	
	Vidrio	Envasado	0.5 – 0.9 kg/Hl cerveza
Residuos Peligrosos	Envases usados	Limpieza y mantenimiento	
	Aceites usados	Mantenimiento	
	Resto	Limpieza, mantenimiento y depuración de aguas residuales	

Tabla 1: Composición de los residuos sólidos de la industria cervecera

3-Diagrama de bloques

El diagrama de bloques será dividido en dos subprocesos para facilitar su estudio: la transformación bagazo de cerveza-lignina y la transformación lignina-fibra de carbono.

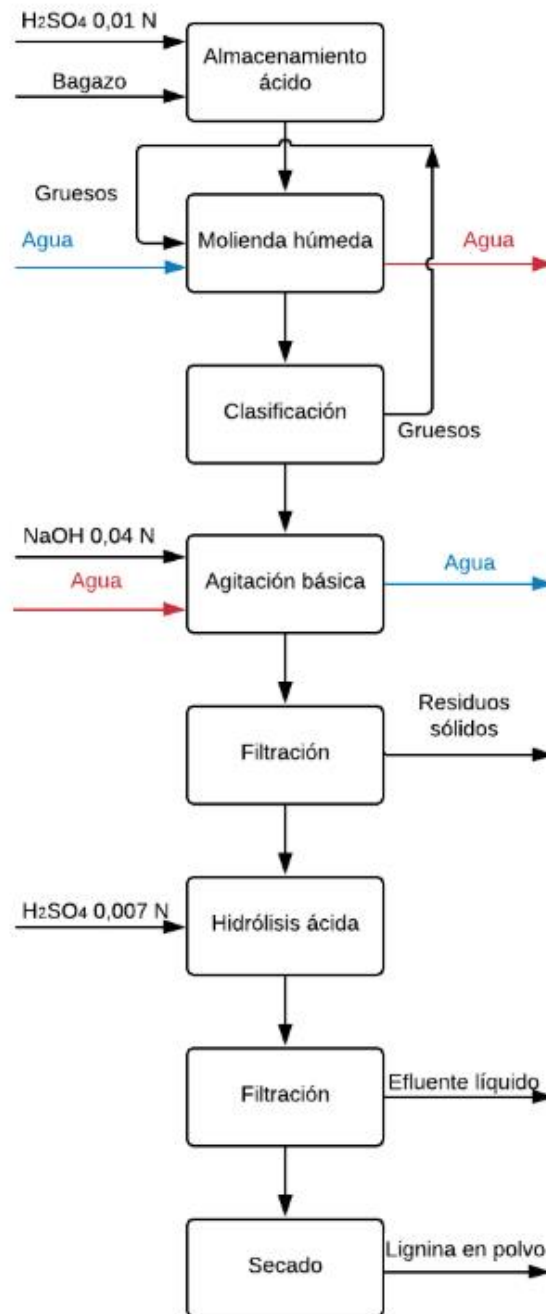


Ilustración 7: Diagrama de bloques de la transformación bagazo de cerveza-lignina

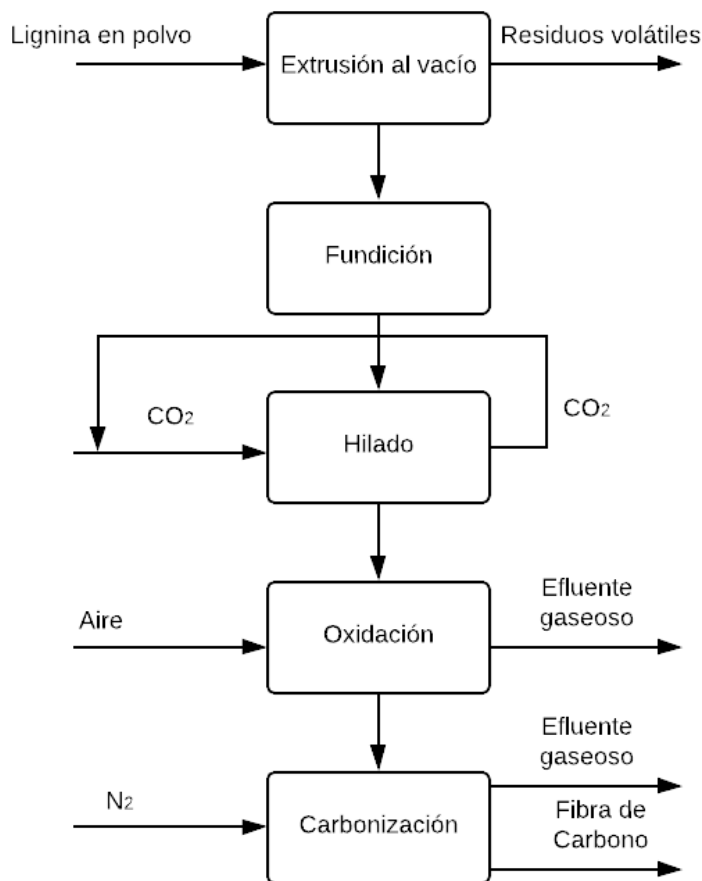


Ilustración 8: Diagrama de bloques de la transformación lignina-fibra de carbono

4-Agitación básica e hidrólisis ácida

En términos generales, la agitación básica tiene como objetivo la solubilización de la lignina en la fase acuosa, es decir, la extracción selectiva de la misma. Una vez eliminados los compuestos no deseados, se produce la precipitación de la lignina, a través de la hidrólisis ácida.

La lignina contiene grupos ácidos débiles, llamados grupos fenólicos y carboxilo.

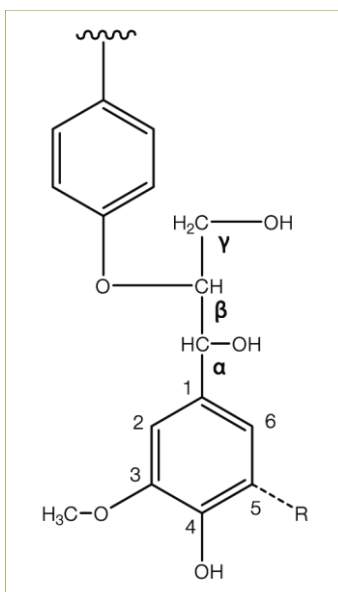
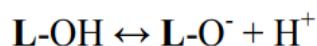


Ilustración 9: Estructura molecular de la lignina

El mecanismo de solubilización de la lignina en la región básica puede ser considerado como una ionización de los grupos fenólicos. Por otro lado, el mecanismo de precipitación de la lignina en la región ácida puede ser considerado como una protonación de los grupos fenólicos. Este equilibrio se puede expresar como:



donde L es la molécula de lignina y -OH es el grupo fenólico en el anillo de benceno de la unidad fenilpropano de la lignina. La constante de disociación (K_a) de un grupo fenólico se expresa como un cociente de las actividades de {L-OH}, {L-O⁻} y {H⁺}:

$$K_a = \frac{\{\text{L-O}^-\} \{\text{H}^+\}}{\{\text{L-OH}\}}$$

Ecuación 1: Constante de disociación de un grupo fenólico

La teoría DLVO (nombrada a partir de los trabajos de Derjaguin, Landau, Verwey y Overbeek) explica la agregación de suspensiones coloidales y describe las fuerzas de interacción entre partículas cargadas en un medio líquido. Según esta teoría, la estabilidad de la lignina en solución es el resultado de la interacción entre las fuerzas de atracción y de repulsión. Si las fuerzas de atracción, como las de van der Waals y otras fuerzas hidrofóbicas, son dominantes, entonces la agregación es

favorecida. Si, en cambio, dominan las fuerzas electroestáticas repulsivas entre las moléculas de lignina, estas proveen estabilidad a la lignina en la solución. El balance de esas fuerzas es influenciado por las características estructurales de la lignina (mayormente por los grupos funcionales), las condiciones de la solución (pH, temperatura y fuerza iónica) y la concentración de lignina.

En conclusión, en condiciones alcalinas, las moléculas de lignina se encuentran cargadas negativamente por la disociación de los grupos fenólico y carboxilo, por lo que se repelen entre sí por medio de interacciones electroestáticas, estabilizándolas. Cuando el pH baja, los cationes hidrógeno interactúan con la lignina cargada negativamente, neutralizando las cargas de la superficie molecular. Las fuerzas repulsivas se reducen y, eventualmente, ocurre la precipitación de la lignina.

El potencial zeta describe la intensidad del campo eléctrico estático de la capa doble en el límite entre el grano y el fluido, pudiendo ser utilizado, por lo tanto, como un indicador para predecir la precipitación.

En cuanto al mecanismo de precipitación, los estudios concluyeron en que las moléculas de lignina grandes, con estructuras descritas como reticuladas y esféricas, pueden ser consideradas como punto semilla en la solución y, cuando pierden estabilidad, la lignina comienza a autoagregarse y a formar partículas. Cuando estas partículas alcanzan cierto volumen crítico, los fragmentos moleculares de bajo peso molecular de la lignina, comienzan a sorberse en la superficie de las partículas, que crecen tanto en tamaño como en número. Además, la presencia de macromoléculas grandes en solución facilita la agregación de fragmentos de lignina más pequeños, porque hay más sitios activos disponibles para la adsorción. Las partículas crecientes de lignina se agregan entre sí de forma fractal y forman estructuras agrupadas (figura

d) que crecen hasta, finalmente, precipitar. Se obtendrán diferentes densidades de estructuras agrupadas dependiendo de la velocidad de agregación.

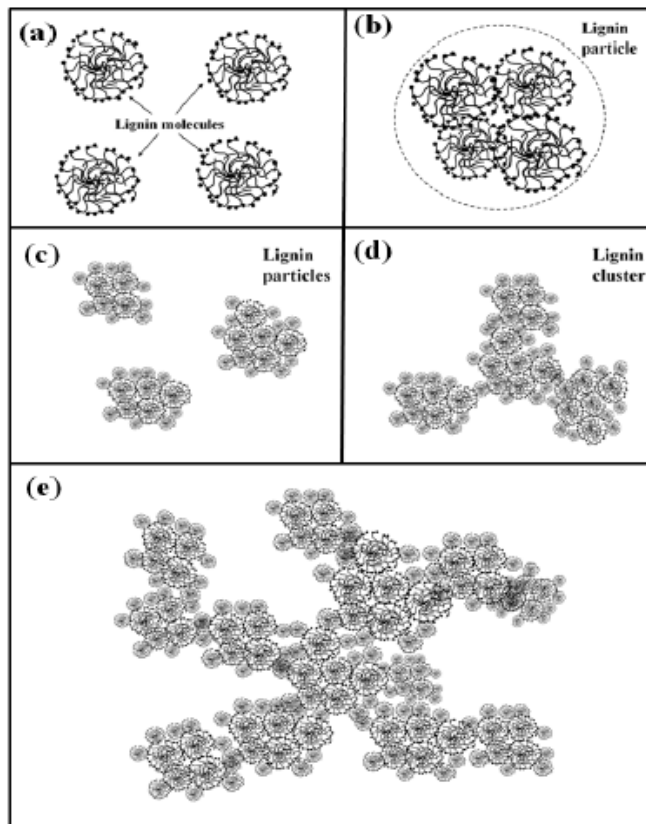


Ilustración 10: Mecanismo de precipitación de la lignina. a) Macromoléculas de lignina grandes (puntos semilla) presentes en la solución; b) formación de una partícula de lignina (nucleación); c) crecimiento de una partícula de lignina (en tamaño y población); d) formación de una estructura agrupada de lignina; e) crecimiento de la estructura

5-Transformación de la lignina en fibra de carbono: reacciones químicas

Las reacciones más importantes que sufre la lignina durante su conversión a fibra de carbono, son las que se producen en la operación de oxidación.

5.1. Oxidación

Para comprender la importancia de esta operación, es necesario familiarizarse con el término de temperatura de transición vítrea (T_g). Esta es la temperatura a la cual los sólidos amorfos comienzan a ablandarse y fluir. Es importante notar que, sobre el rango de la T_g , un cambio de pocos grados de temperatura puede provocar una disminución significativa en la rigidez. A temperaturas superiores a la T_g , el material se muestra deformable debido a la flexibilidad parcial de sus moléculas.

La lignina tiene una T_g mucho más baja que las temperaturas de operación típicas de la carbonización, por lo cual debe ser pretratada para prevenir el ablandamiento durante dicha operación. Un pretratamiento térmico simple y de bajo costo es la oxidación con aire u oxígeno. Durante la misma, ocurren reacciones que aumentan la T_g . Mientras la temperatura aumenta a una velocidad baja, la T_g puede aumentar más rápido aún, manteniendo al material en su estado sólido ($T_g > T$). A velocidades de calentamiento altas, las reacciones de termoestabilización no son capaces de mantener $T_g > T$, y el material pasa a su estado fluido. Estas reacciones corresponden a la formación de cetonas y a la formación de ácidos carboxílicos, a partir de la auto-oxidación de los aldehídos (Ilustración 12)

Al finalizar la oxidación, la lignina cambia su condición de termoplástico a termoestable, debido a las reacciones de reticulación, que hacen que se forme un conglomerado de cadenas entrelazadas que funciona como una macromolécula en la que, el aumento de la temperatura, provoca una compactación de las cadenas, haciendo al polímero más resistente, hasta el punto en el que se degrada.

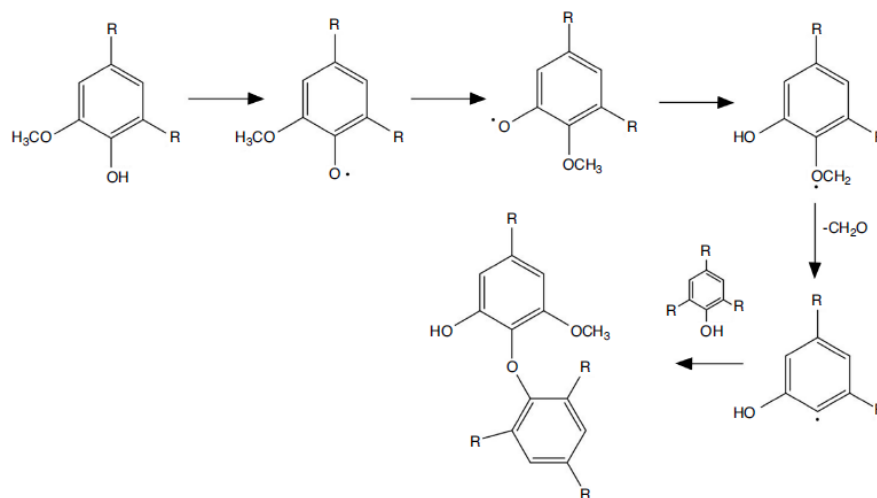


Ilustración 13: Formación de enlaces reticulados

6. Bibliografía

Axel, E.; Busse, S.; Edelmann, F.; Herrmann, S.; Hilfert, L.; Mainka, H. (2015). *Characterization of the major reactions during conversion of lignin to carbon fiber.* Journal of Materials Research and Technology.

Baker, D.; Knoxville, O. (2014). *High glass-transition lignins and lignin derivatives for the manufacture of carbon and graphite fibers.* US 2014/0271443 A1.

Baker, D.; Rials, T. (2013). *Recent Advances in Low-Cost Carbon Fiber Manufacture from Lignin.* Journal of Applied Polymer Science.

Braun, J.; Holtman, K.; Kadla, J. (2003). *Lignin-based carbon fibers: Oxidative thermostabilization of kraft lignin.*

Department of Chemical and Biological Engineering. (2013). *Equilibrium of Lignin Precipitation: The Effects of pH, Temperature, Ion Strength and Wood Origins.* Forest Products and Chemical Engineering.

Frontiers in Materials. Carbon – Based Materials. *Preparation of different carbon materials by thermochemical conversion of lignin.* Información obtenida de: <https://doi.org/10.3389/fmats.2014.00029>

Journal of wood chemistry and technology. 34(2), 111-121. Información obtenida de: <https://doi.org/10.1080/02773813.2013.839707>

Koda, K.; Kubo, S.; Lin, J.; Uraki, Y., Yamada, T. *Chemical thermostabilization for the preparation of carbon fibers from softwood lignin.* Bio Resources.

Schebor, C. (2000). *Estudios sobre la transición vítrea y la estabilidad de biomateriales de baja humedad.*

Universidad Europea. *Fabricación de la fibra de carbono.* Información obtenida de: https://www.academia.edu/35788642/Procesos_de_fabricaci%C3%B3n_de_la_fibra_de_carbono

Zeta-Meter, Inc. *Zeta Potential.* Información obtenida de: <http://www.zeta-meter.com/5min.pdf>

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**Producción de fibra de carbono a partir
de bagazo de cerveza**

Capítulo 4: Ubicación de Planta

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final.

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren

Contenido

1 - Ubicación de la planta	3
1.1 Macro-ubicación de la planta	3
1.2 Estudio de Micro-ubicación	7
2 - Estudio de locación en Zárate- Buenos Aires	8
2.1 Cervecería Quilmes Planta Zárate	9
2.2 Cervecería Isenbeck Planta Zárate	10
2.3 Parque Industrial Zárate	11
3.1 Radicación de industrias en Zárate: Tramitación	13
3.2 Tramitaciones legales obligatorias	13
3.3 Planos de obras municipales	14
3.4 Habilitación municipal	14
3.4.1 Zonificación	14
3.4.2 Certificado de libre deuda	15
3.4.3 Presentación final	15

1 - Ubicación de la planta

1.1 Macro-ubicación de la planta

Para realizar la macro-ubicación y conocer los potenciales lugares de obtención de materia prima, se estudió, en principio, la división del mercado de la cerveza, a nivel nacional y mundial.

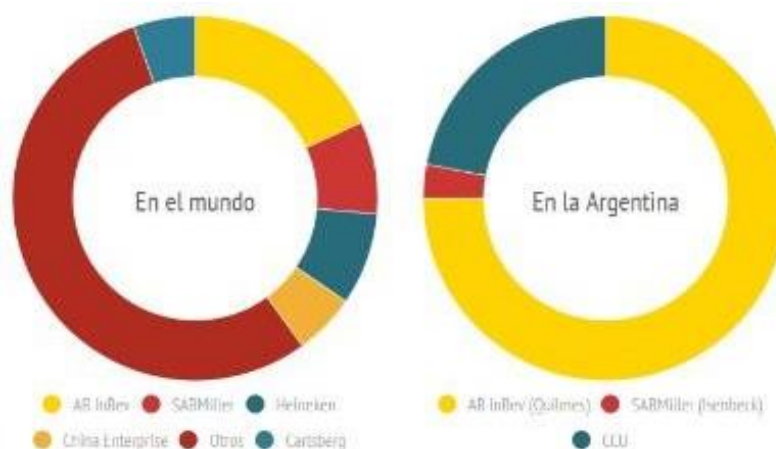


Ilustración 1: SEQ Ilustración * ARABIC 1: Repartición del mercado de la cerveza a nivel nacional y mundial

Las distintas empresas cerveceras y las uniones entre ellas controlan distintas marcas. Hacer el estudio de esto, ayuda a determinar el tamaño y la importancia en el mercado de cada una de ellas. A continuación, se realiza la clasificación de las diferentes marcas

Cervecería Quilmes controla:

- Andes
- Andes Porter
- Brahma Chop
- Brahma Morena
- Iguana
- Liberty
- Norte

- Norte Negra
- Patagonia
- Quilmes Bock
- Quilmes Cristal
- Quilmes Stout
- Stella Artois

Cervecería CCU controla (CICSA+ICSA):

- Bieckert
- Bieckert Africana
- Budweiser
- Córdoba
- Córdoba Negra
- Heineken
- Imperial
- Palermo
- Rio Segundo Rubia
- Rosario
- Salta
- Santa Fe
- Schneider
- Schneider Fuerte

Cervecería Isenbeck controla:

- Warsteiner
- Isenbeck
- Isenbeck Dark

Se puede observar que la cervecería Quilmes ocupa un mayor porcentaje del mercado.

A su vez, puede realizarse una segunda clasificación en base a las plantas que posee cada grupo, determinando su locación y su capacidad productiva (factor determinante en nuestro proceso).

Cervecería Quilmes		
Planta	Superficie	Capacidad productiva
Quilmes- Bs As	100.983 m ²	5.060.000 htls/año
Zárate- Bs As	65.000 m ²	5.592.000 htls/año
CABA- Bs As	66.000 m ²	10.890 htls/año
Tres Arroyos- Bs As	21.160 m ²	10.750 htls/año
Córdoba	17.584.00 m ²	1.200.000 hls/año
Corrientes- Corrientes	39.400 m ²	2.240.000 htls/año
San Miguel de Tucumán	11.100 m ²	1.200.000 htls/año
Godoy Cruz- Mendoza	36.400 m ²	1.900.000 htls/año

Tabla 1: Plantas pertenecientes a la Cervecería Quilmes

Inversora Cervecera Sociedad Anónima (ICSA): Bieckert, Imperial y Palermo		
Planta	Superficie	Capacidad productiva
Luján - Bs As	-	2.900.000 hls/año

Tabla 2: Planta perteneciente a ICSA

Compañía Industrial Cervecera S.A CICSA: Santa Fe, Schneider y Córdoba		
Planta	Superficie	Capacidad productiva

Santa Fe - Santa Fe Salta	55.000 m ²	3.700.000 hectolitros/año.
------------------------------	-----------------------	----------------------------

Tabla 3: Plantas pertenecientes a CICSA

Cervecería Isenbeck		
Planta	Superficie	Capacidad productiva
Zárate- Bs As	50.000 m ²	1.500.000 hectolitros/año

Tabla 4: Planta perteneciente a Isenbeck

En base a todos los datos obtenidos, se puede ver que en Buenos Aires se encuentra la mayor capacidad productiva. A su vez, en Buenos Aires se encuentran distintas plantas de las diferentes uniones, con lo cual se puede abarcar varias empresas como proveedoras de materia prima.

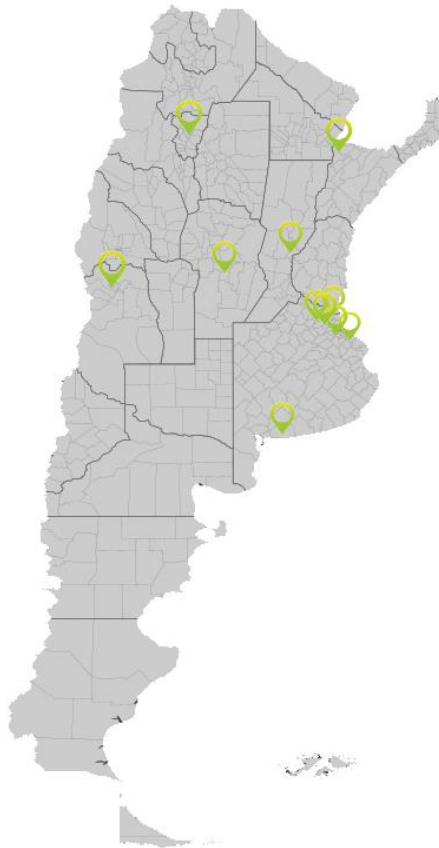


Ilustración 2: Ubicación de las plantas de producción cervecera en Argentina

1.2 Estudio de Micro-ubicación

Como resultado de la macro-ubicación obtuvimos Buenos Aires como región para situar la planta. En base a esto, profundizaremos el estudio en cuanto al sitio de instalación.

Para comparar las distintas regiones posibles, se calculó el total de producción de cada una, sin distinción entre la compañía a la cual pertenecen.

Sitio Planta	Producción (hls/año)
Quilmes- Bs As	5.060.000
Zárate- Bs As	7.092.000
CABA- Bs As	10.890
Luján- Bs As	2.900.000
Tres Arroyos- Bs As	215.000 tn de malta cervecera por año y 100000 hectáreas de siembra de cebada
Córdoba	1.200.000
Corrientes- Corrientes	2.240.000
San Miguel de Tucumán	1.200.000
Godoy Cruz- Mendoza	1.900.000
Santa Fe- Santa fe	3.700.000

Tabla 5: Capacidad productiva total por región

Analizando estos datos, podemos observar que el sitio óptimo se encuentra en Zárate, con una mayor capacidad productiva por año, y cuenta con dos empresas distintas (Quilmes-Isenbeck) como fuente de materia prima.

En cuanto a los distintos factores dominantes para conocer la locación de planta, se cuenta con el beneficio de que Zárate ya se encuentra preparado para abarcar distintas industrias y, debido a nuestro proceso productivo y a la calidad de

nuestra materia prima (desecho para la industria proveedora), situarnos cerca de las mismas se contempla como opción más conveniente. Zárate cuenta con mano de obra (personal), clima conocido y benigno, energía, infraestructura, transporte, cercanías a distintas vías de comunicación, entre otros.

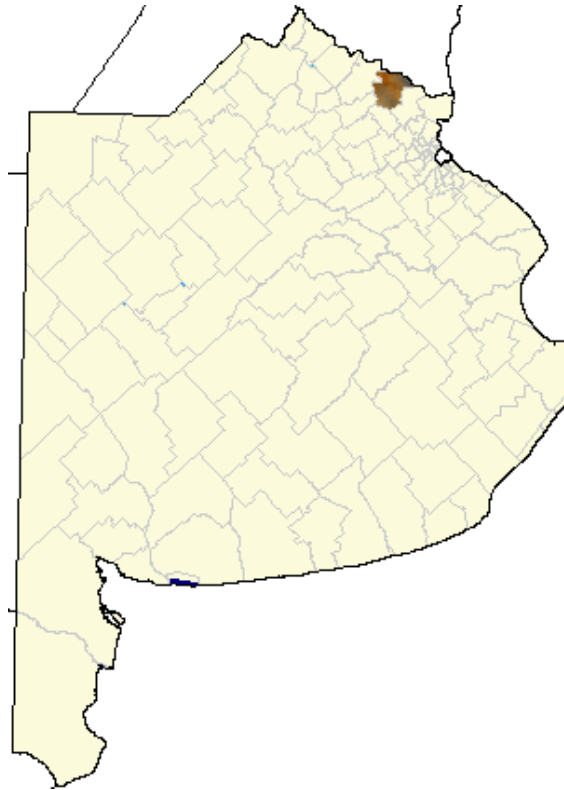


Ilustración 2: ubicación del partido de Zárate en la provincia de Buenos Aires

2 - Estudio de locación en Zárate- Buenos Aires

El partido de Zárate se localiza al noreste de la Provincia de Buenos Aires, a 85 km de la Capital Federal. Su cabecera corresponde a la ciudad de Zárate, centro urbano consolidado entorno a los primeros emprendimientos portuarios e industriales. A pesar de no ser parte del Conurbano Bonaerense, actualmente se considera como integrado al tercer cinturón de crecimiento del Gran Buenos Aires.

El complejo ferroviario Zárate-Brazo Largo, el eje fluvio-vial La Plata-Rosario y la hidrovía Paraguay-Paraná, la integran a los países limítrofes y al interior de nuestro país.

En este caso analizamos las distintas industrias cerveceras en Zárate, junto a los parques industriales para profundizar en el sitio exacto donde se llevará a cabo la actividad.

Considerando que nuestra materia prima es el residuo de las cervecerías, se contempla colocar nuestra industria junto a alguna de ellas, de esta forma facilitar la obtención de la misma, ahorrando en tiempo y transporte. En base a eso, junto a cada planta cervecera estudiaremos sus alrededores inmediatos para ver si es viable esta opción.

2.1 Cervecería Quilmes Planta Zárate

La planta de Cervecería Quilmes de Zárate se encuentra situada en Ruta 9 Km 94,5.



Ilustración SEQ Ilustración *ARABIC 3: Ubicación de la planta de Cervecería Quilmes en Zárate

Se observa, a primera instancia, que los alrededores de la misma se encuentran disponibles para una posible ubicación de nuestra planta.

Dentro de las industrias cerveceras en Zárate, la planta de Quilmes cuenta con la mayor producción de hectolitros por año, con lo cual la cercanía a la misma resulta favorecedor para nuestra situación.

2.2 Cervecería Isenbeck Planta Zarate

Esta planta se encuentra situada en Ruta Panamericana (9) Km 89.



Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 5: Ubicación de la planta de Cervecería Isenbeck de Zárate

Nuevamente, estudiamos los alrededores de la planta que, en este caso, se encuentran más limitados pero, aun así, resulta ser una ubicación viable.

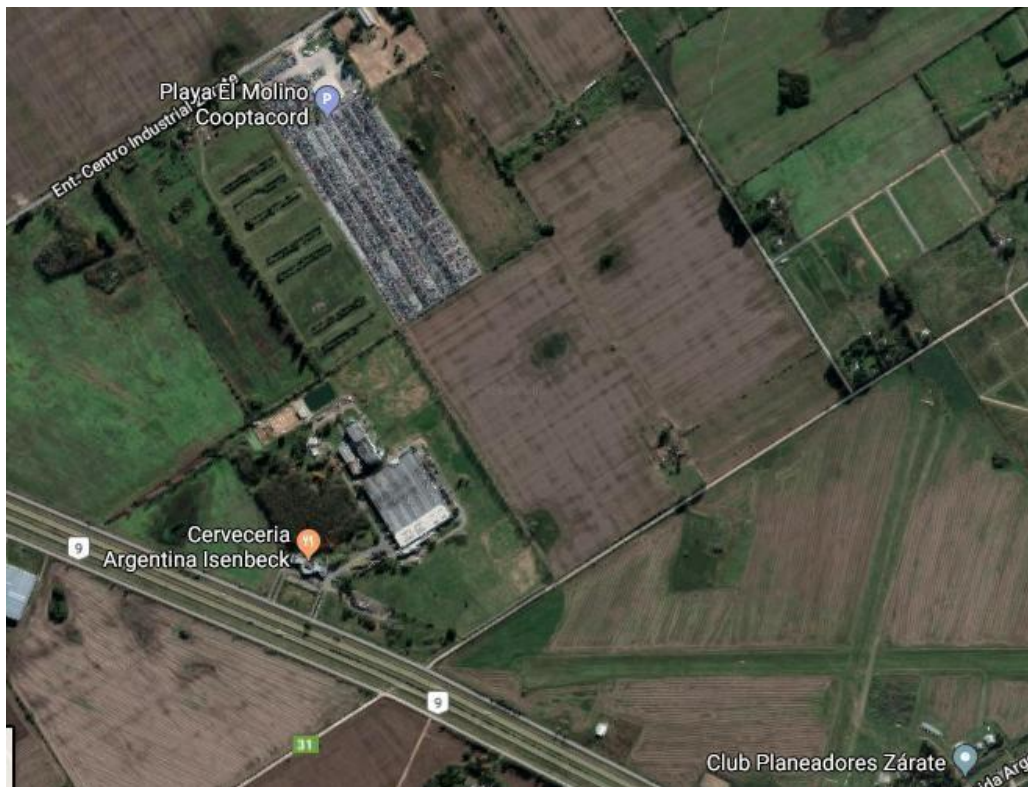


Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 6: Imagen satelital de la planta de Cervecería Isenbeck en Zárate y sus alrededores

2.3 Parque Industrial Zárate

Su ubicación sobre la costa del Río Paraná de las Palmas favorece su comunicación fluvial con los mercados regionales. La comunicación terrestre está reforzada por las rutas Nro. 9, 12, 193, 6 y 8 y por las líneas ferroviarias T.M. y TBA, que canalizan la producción del cordón industrial Buenos Aires-Rosario, del oeste y del norte del país y un acceso aéreo a través del Aeródromo Zárate de 130 Has.

Por allí pasa la autopista Panamericana, cuya construcción permitió facilitar una gran vía de acceso a la ciudad de Buenos Aires, a lo largo de la cual se han instalado la mayoría de las grandes empresas. Además, esta carretera comunica con Brasil, Uruguay, Paraguay y Chile.



Una vista general del mismo, para ver las industrias que se encuentran situadas allí, así como los posibles territorios que podría ocupar nuestra planta, se observan a continuación.



3 - Conclusiones

Se realizará la comparación de las tres ubicaciones potenciales.



Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 9: Visualización de las posibles ubicaciones para la planta

Se puede observar que sería posible situar la empresa cercana a cualquiera de las dos industrias. Aun así, situarse junto a la planta de Quilmes tiene mayor beneficio, debido al caudal productivo que maneja y a los territorios libres junto a la misma. Una posibilidad sería situarse en el centro de estas dos para que el transporte sea proporcional. Sin embargo, el parque industrial también está en la misma zona y cuenta con los recursos necesarios para instalar una industria. Esto puede verse, además, con la variedad de rubros que se encuentran en el parque.

En base a todo esto, se considera que situarse dentro del parque industrial resulta la opción más conveniente desde el punto de vista de servicios y cercanía con las plantas proveedoras.

3.1 Radicación de industrias en Zárate: Tramitación

Como primer paso, el representante de la empresa presentará en la Mesa de Entradas del Palacio Municipal (Rivadavia 751), una nota dirigida al Sr. Intendente Municipal, especificando detalladamente el rubro de la actividad a desarrollar, domicilio, y nomenclatura Catastral del predio en el cual se proyecta ubicar la planta. La respuesta a esta presentación podrá ser retirada a las 72 horas en la Secretaría de Producción.

Con la consulta previa aprobada, el solicitante podrá realizar dos gestiones simultáneas: las tramitaciones legales obligatorias y la presentación de los planos municipales de obra.

3.2 Tramitaciones legales obligatorias

- 1 copia legalizada del poder de representatividad del solicitante.
- 1 copia legalizada de la escritura de dominio, boleto de compraventa o contrato de locación.

- 1 memoria técnica de la actividad a desarrollar.
- 1 Plano de layout de la planta a instalar.
- 1 formulario base de categorización completado, que puede ser retirado previamente en la subsecretaría de medio ambiente.
- Posteriormente deberá presentarse el estudio de Impacto ambiental.

3.3 Planos de obras municipales

Los trámites y presentaciones serán realizados por un profesional matriculado (Ingeniero, Arquitecto, o MMO) ante el Departamento de Obras Particulares de la Secretaría de Obras, Servicios Públicos y Medio Ambiente. En dicho Departamento se informarán sobre los requisitos y detalles de los planos a presentar, como así también los formularios que deben completarse.

Cuando los trabajos de construcción hayan finalizado, deberá tramitarse el Certificado Final de Obra.

3.4 Habilitación municipal

3.4.1 Zonificación

Se completará el formulario y adjuntará al mismo la constancia de Inscripción en la Dirección de rentas Provincial, (Planilla de Iniciación de Actividades, formulario nº 444). En caso de convenio multilateral, se declarará domicilio comercial (fotocopias autenticadas por la dirección de rentas provincial). Estos requisitos, serán presentados en la Secretaría de Producción y retirados a las 72 horas.

3.4.2 Certificado de libre deuda

Con la zonificación aprobada, el formulario de habilitación y sus adjuntos se presentarán ante el Departamento de Recaudación a los efectos de solicitar el Certificado de Libre Deuda del inmueble donde se desarrollará la actividad. Si dicho inmueble no posee deudas de impuestos y tasas municipales, el departamento Recaudación, emitirá el Certificado de Libre Deuda, completando el campo del correspondiente formulario de habilitación.

3.4.3 Presentación final

El formulario de habilitación con los puntos anteriores aprobados será presentado en Mesa de Entrada en la siguiente documentación adjunta:

- Constancia de inscripción en la Dirección de Rentas Provincial (formulario 444).
- Contrato de Sociedad.
- Constancia de inscripción en Jubilación, autónomos (DGI planilla 560).
- Fotocopia de la escritura de dominio o contrato de locación (con número oficial y sellado de ley Banco Provincia de Bs. As., o boleto de compraventa legalizado, o autorización de ocupación legalizada (fotocopia).
- Copia del plano de Arquitectura Aprobado y Certificado Final de la Obra.
- Libretas Sanitarias de todo el personal y Autorización del Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires (sólo para industrias alimenticias, ver Ordenanza 2411 / 87).

4 - Bibliografía

El Sol. Información obtenida de: <https://www.elsol.com.ar/como-es-el-mapa-de-la-cerveza-en-la-argentina.html>

Unión Industrial de Zárate. Información obtenida de: http://www.uizarate.com.ar/UIZ_requerimientos.asp

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**Producción de fibra de carbono a partir
de bagazo de cerveza**

Capítulo 5: Investigación y Desarrollo

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final.

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren



Contenido

1 - Introducción	3
2 - Materia prima	3
3- Proceso de obtención de Lignina	4
3.1 –Pretratamiento	4
3.2 Obtención de pulpa de soda	5
3.3 Recuperación de la lignina del licor negro	6
4- Proceso de obtención de las fibras de carbono	8
4.1 Extrusión e hilado	9
4.2 Estabilización	9
4.3 Carbonización	12
5- Bibliografía	13

1 - Introducción

El objetivo del presente capítulo es estudiar los principios de obtención de la lignina conociendo el óptimo almacenamiento de la materia prima y proponer un proceso productivo, definiendo los tiempos de operación, el tiempo de reacción y el rendimiento global del proceso.

2 - Materia prima

Los residuos de la industria cervecera, dentro de los cuales se encuentra la materia prima necesaria para este proyecto son los siguientes.

Grupo	Residuo	Operación donde se genera	Cantidad aprox. generada
Residuos orgánicos	Bagazo	Filtración tras la maceración	20 kg/Hl cerveza (con un 80% de humedad)
	Levaduras	Fermentación y guarda	0.64 kg/Hl cerveza (con un 97% de humedad)
	Fangos de depuradora	Tratamiento de aguas residuales	Variable en función de la carga contaminante y el tratamiento de depuración
(*)	Tierra de Diatomeas	Filtrado de la cerveza	0.14 – 0.25 kg/Hl cerveza
Residuos asimilables urbanos	Basura general	Comedor, papeleras,...	
	Restos de papel y cartón	Envasado y limpieza de instalaciones	
	Plásticos	Envasado y limpieza de instalaciones	0.04 – 0.11 kg/Hl cerveza
	Restos metálicos	Mantenimiento de las instalaciones	
	Vidrio	Envasado	0.5 – 0.9 kg/Hl cerveza
Residuos Peligrosos	Envases usados	Limpieza y mantenimiento	
	Aceites usados	Mantenimiento	
	Resto	Limpieza, mantenimiento y depuración de aguas residuales	

Tabla 1: Composición de los residuos sólidos de la industria cervecera

Se estima que los granos húmedos cerveceros (BSG) contienen 75-80% de agua y se deterioran rápidamente debido al crecimiento de bacterias, levaduras y hongos.

Es aconsejable usarlos lo antes posible después de la recepción y asegurarse de que estén en buenas condiciones antes de su utilización. La duración máxima de almacenamiento recomendada depende de la temperatura y el clima: 2-5 días en temperaturas cálidas y 5-7 días en climas fríos, aunque algunos autores afirman que el almacenamiento de 30 días es factible en invierno.

Los granos de malta húmedos son muy susceptibles a la contaminación microbiológica por la flora fúngica, así como la presencia de diferentes Micotoxinas en raicillas de grano y cebada de cervecero. Las aflatoxinas (AF) son altamente carcinógenas y pueden causar agudos toxicidad en altas concentraciones.

Estudios realizados por el Departamento de Microbiología e Inmunología, de la Universidad Nacional de Río Cuarto, han concluido que, para el grano de malta húmedo, almacenado entre 0 y 7 días, supera los niveles de AFB₁ establecidos por la Normativa sobre productos de alimentación animal. En estas condiciones lo hace una materia prima no apta para el consumo de ganado porcino.

Con respecto a las características de la materia prima, estudios realizados informan que, en períodos de 7 días de almacenamiento, los valores de pH varían, en promedio, de 4,22 a 7,43, mientras que los valores de aW fueron superiores a 0,989.

Es debido a la alta actividad de agua y la sensibilidad de esta materia prima a la contaminación microbiológica, se debe pensar en un método para preservarla. Las opciones más comunes son la adición de un preservante o el ajuste de pH en zonas básicas mayores a 11 o ácidas menores a 2.

3- Proceso de obtención de Lignina

Para la obtención de lignina por precipitación se realiza una acidificación de un licor negro (pH 12.56 y 12.44 g / l de lignina soluble), producido por la fabricación de pasta sódica del bagazo de cerveza y se estudiaron diez valores de pH (variando de 12.56 a 2.15) con el fin de establecer las condiciones óptimas.

3.1 -Pretratamiento

Las muestras para realizar la evaluación de laboratorio corresponden a granos de cerveza residuales de una microcervecería, los cuales presentan la siguiente composición: (% seco peso, w / w): 16.8% celulosa, 28.4% hemicelulosa, 27.8% lignina, 4,6% de cenizas, 15,2% de proteínas, 5,8% de extractos, y 1,4% de grupos acetilo.

Tan pronto como se obtenga, el material, se lava con agua (para la eliminación de los componentes residuales de mosto) y se seca a 50 ± 5 °C hasta aproximadamente 10% de contenido de humedad.



Ilustración 1: Bagazo de cerveza

3.2 Obtención de pulpa de soda

Se realizó la formación de pasta sódica de la BSG pretratada utilizando una solución de NaOH al 2% p / v, en una relación sólido: líquido de 1:20 g: g, a 120 ° C durante 90 min. Posteriormente, se enfrió el medio de reacción en baño de hielo y se filtra en un paño de poliéster 100% para separar el licor negro, que tenía un pH de 12.56.

En esta instancia, se considera que es conveniente la realización de una molturación húmeda en un molino de frotación (discos), teniendo en cuenta de que el BSG ya se encuentra reblandecido. En molienda húmeda se manejan “slurries”, es decir, líquidos con alta concentración de sólidos, en vez de sólidos pulverulentos. El equipo consta de un disco móvil (rotor) y uno fijo (estator) entre los cuales se muele el grano debido a los esfuerzos de cizalla.

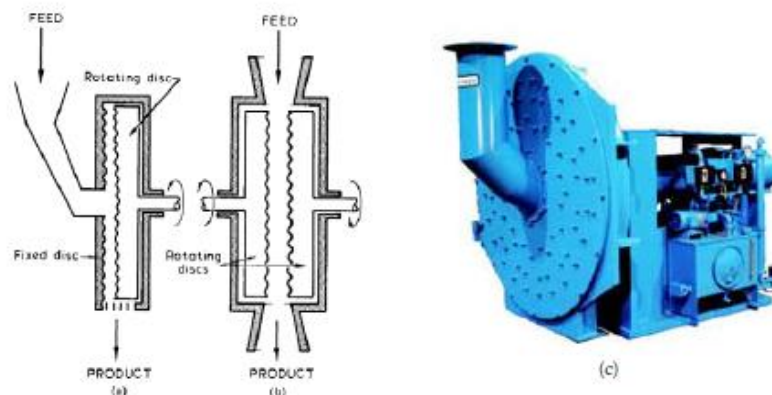


Fig.4: Molinos de Frotación de uno (a) y dos (b) discos. (c) Fotografía de uno de uno de estos molinos.

3.3 Recuperación de la lignina del licor negro

Se trató un volumen de 20 ml de licor negro con diferentes volúmenes de ácido sulfúrico concentrado (98% p / p) con el fin de obtener un rango de diferentes valores de pH (Tabla 1). Después de la adición del ácido, el licor se centrifugó a 4000 rpm durante 10 min.

La lignina precipitada se lava con agua hasta que obtener un sobrenadante neutro, y luego se secó a 60°C hasta masa constante. Los licores obtenidos fueron mantenidos a 4° C durante 24 h y centrifugados nuevamente a 4000 rpm durante 10 min. La lignina así precipitada fue lavada con agua y se seca a 60°C hasta masa constante.

La masa de lignina precipitada total fue considerada como la suma de la masa recuperada después de la adición de ácido y la masa recuperada después del enfriamiento. Los licores obtenidos fueron se caracterizan por el pH, concentración total de lignina soluble, y concentración de los ácidos fenólicos: vanílicos, p-hidroxibenzoico, jeringico, p-cumarico y ferulico.

La eliminación de lignina (LR,%) se calculó mediante la siguiente ecuación, donde SL_i es la concentración inicial de lignina soluble en el licor original, y SL_f es la concentración total de lignina soluble en el licor después de la adición de ácido sulfúrico:

$$LR = \frac{SL_i - SL_f}{SL_i} \times 100$$

Los resultados obtenidos fueron los siguientes, de los cuales se puede obtener como conclusión que el valor "óptimo" de pH final es el correspondiente a la muestra 10:

Volume of concentrated sulfuric acid added in each sample of the brewer's spent grain black liquor, characterization of the obtained liquor (pH and soluble lignin), and quantification of the precipitated lignin mass

Sample	H ₂ SO ₄ (ml)	pH	Soluble lignin (g/l)	Lignin removal (%)	Precipitated lignin mass (g)	Yield ^a (g/100 ml)
1 original	–	12.56	12.44	–	0.0301	0.1505
2	0.14	10.61	12.42	0.16	0.0361	0.1805
3	0.16	9.90	12.40	0.32	0.0373	0.1865
4	0.18	7.71	12.40	0.32	0.0383	0.1915
5	0.20	5.98	10.49	15.67	0.0909	0.4545
6	0.22	4.30	3.92	68.49	0.2939	1.4695
7	0.24	3.23	2.63	78.86	0.3100	1.5500
8	0.26	2.62	2.45	80.30	0.3202	1.6010
9	0.28	2.48	2.33	81.27	0.3209	1.6045
10	0.30	2.15	2.31	81.43	0.3208	1.6040

^a Lignin recovery yield from 100 ml of liquor.

Tabla 2: Volumen de ácido sulfúrico concentrado adicionado en cada muestra de licor negro de bagazo de cerveza, caracterización del licor obtenido y cuantificación de la lignina precipitada.

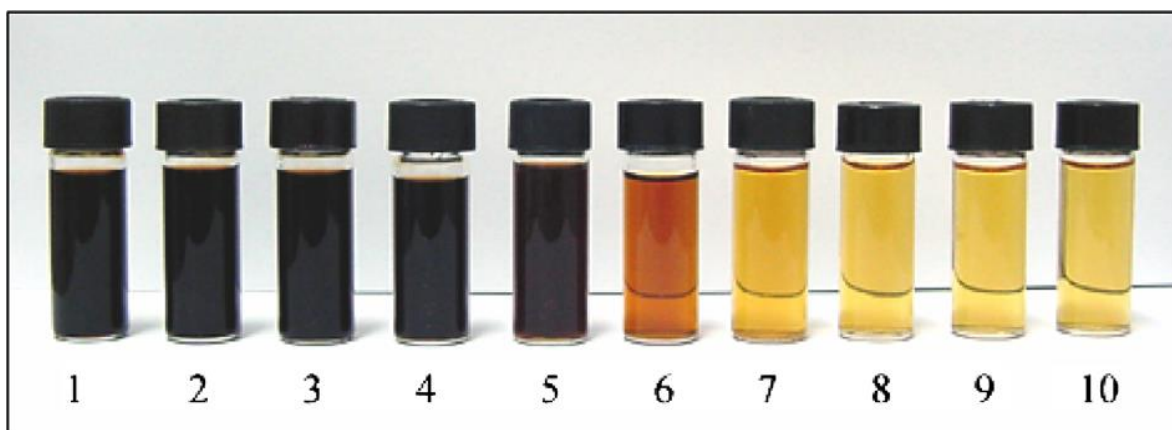


Ilustración 2: Color del licor negro en función de la caída en el valor de pH de 12,56 (muestra 1) a 2,15 (muestra 10).

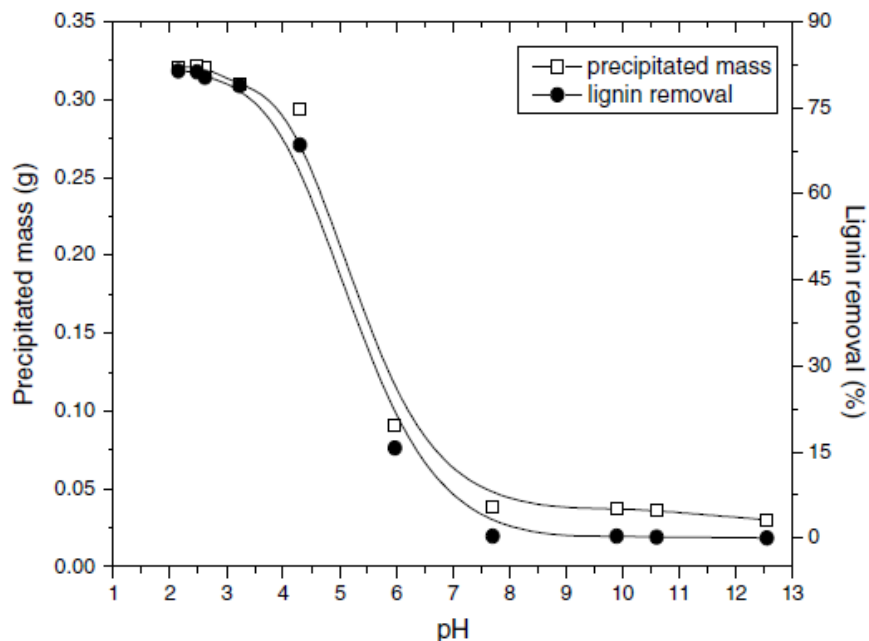


Ilustración 3: Masa precipitada y % lignina recuperada como función de la caída de pH del licor negro de bagazo de cerveza.

Es por esto que se decide que el pH óptimo para recuperar la lignina es de 2,15.

4- Proceso de obtención de las fibras de carbono

El bajo precio y la elevada disponibilidad de la lignina la convierten en un precursor muy interesante para la obtención de fibras y tubos de carbono. En este sentido, se ha estudiado el uso de la lignina para la preparación de nanofibras y nanotubos de carbono mediante la técnica de electrohilado.

Las fuerzas electrodinámicas (EHD) permiten obtener chorros submicrométricos de líquidos a partir de una aguja cuyo diámetro es mucho mayor que el propio chorro. El destino natural de este chorro es romperse en un spray de nanogotas cargadas denominado “electrospray”, a no ser que el chorro solidifique antes de que se produzca esta ruptura.

En este último caso, los procesos EHD han sido aplicados para la producción de nanofibras mediante una técnica conocida como electrohilado. Por esta técnica se han preparado fibras de carbono a partir de lignina.

La lignina presenta una temperatura de transición vítrea mucho menor que las temperaturas de carbonización, así que para evitar la pérdida de forma y la fusión de las fibras se ha de realizar un pretratamiento de estabilización. La oxidación con aire a bajas velocidades de calentamiento se considera el procedimiento más sencillo y económico para conseguir la estabilización de las fibras.

4.1 Extrusión e hilado

La extrusión térmica por hilado de las fibras de lignina se realizó utilizando una extrusora de mezcla equipada con una hiladora. Las temperaturas de extrusión variaron entre 130 y 240°C,

A escala laboratorio no se utilizó una pelletizadora, para no complejizar el proceso.

En otros métodos, la lignina o el precursor utilizado, se calienta y se bombea a través de pequeños chorros en una cámara donde los solventes se evaporan dejando una fibra sólida. Las fibras se lavan y se estiran al diámetro de fibra deseado. El estiramiento ayuda a alinear las moléculas dentro de la fibra y proporciona la base para la formación de los cristales de carbono fuertemente unidos después de la carbonización.

4.2 Estabilización

Antes de que las fibras sean carbonizadas, necesitan ser alteradas químicamente para convertir su unión atómica lineal a una unión de escala más estable térmicamente. Esto se logra calentando las fibras en el aire a aproximadamente 390-590 ° F (200-300 ° C) durante 30-120 minutos. Esto hace que las fibras capten moléculas de oxígeno del aire y reorganicen su patrón de unión atómica. Las reacciones químicas estabilizadoras son complejas e implican varios pasos, algunos de los cuales ocurren simultáneamente. También generan su propio calor, que debe controlarse para evitar el sobrecalentamiento de las fibras.

Comercialmente, el proceso de estabilización utiliza una variedad de equipos y técnicas. En algunos procesos, las fibras se extraen a través de una serie de cámaras calentadas. En otros, las fibras pasan sobre rodillos calientes y a través de capas de materiales sueltos mantenidos en suspensión por un flujo de aire caliente. Algunos procesos utilizan aire caliente mezclado con ciertos gases que aceleran químicamente la estabilización.

El análisis térmico es usado para analizar los efectos de la velocidad de calentamiento y de la temperatura en la temperatura de fusión vítrea (T_g) de la lignina. Las velocidades de calentamiento más bajas y las temperaturas de tratamiento más altas aumentan T_g .

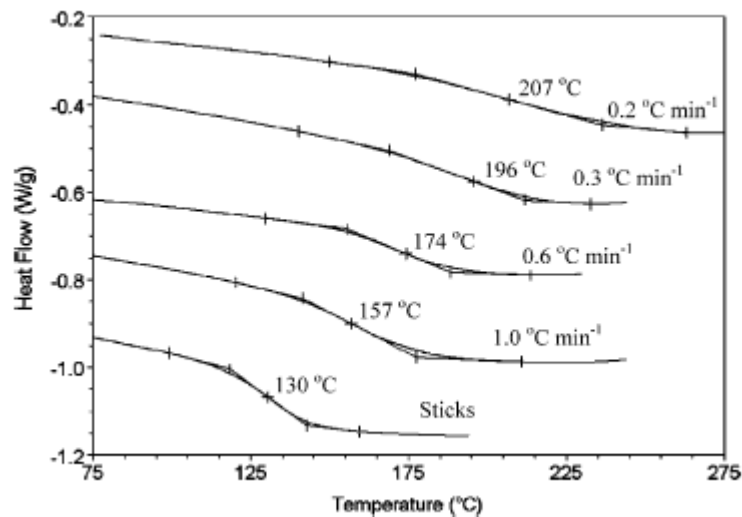


Ilustración 4: Calorimetría diferencial de barrido. Muestras de lignina oxidadas a 220 °C, usando varias velocidades de calentamiento

Sin embargo, se encontró que el T_g varía inversamente con la fracción de hidrógeno de la muestra oxidada, sin importar la temperatura de oxidación o la velocidad de calentamiento.

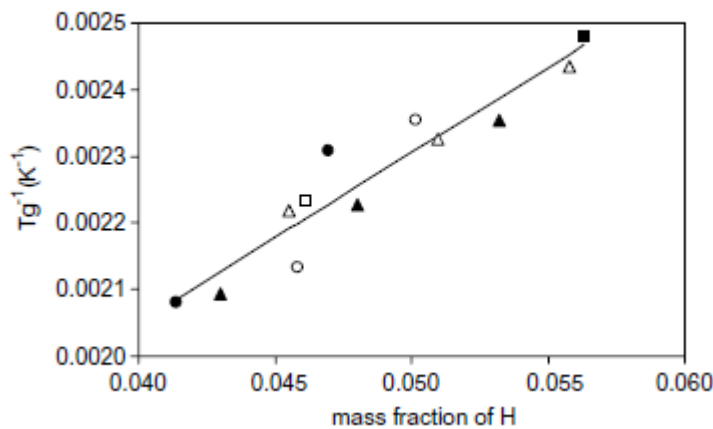


Ilustración 5: Temperatura de transición vítrea como una función de la fracción másica de hidrógeno

La fracción de hidrógeno representa la proporción de enlaces C-H y O-H en la muestra. Su disminución está asociada a mayores proporciones de otros enlaces. Como se detecta un incremento en el contenido de oxígeno y un máximo en el contenido de carbonilo, el incremento de la Tg a una Tox menor o igual a 250 °C es debido a, probablemente, la formación de enlaces C=O/C-O. A Tox mayor o igual a 250 °C no se pudo detectar ninguna Tg (termoestabilización).

Esta relación entre la Tg y el contenido de hidrógeno fue usada para construir un diagrama de transformación a calentamiento continuo, el cual puede usarse para predecir las condiciones óptimas para la termoestabilización, por ejemplo, la velocidad más alta que no conduzca al ablandamiento del material.

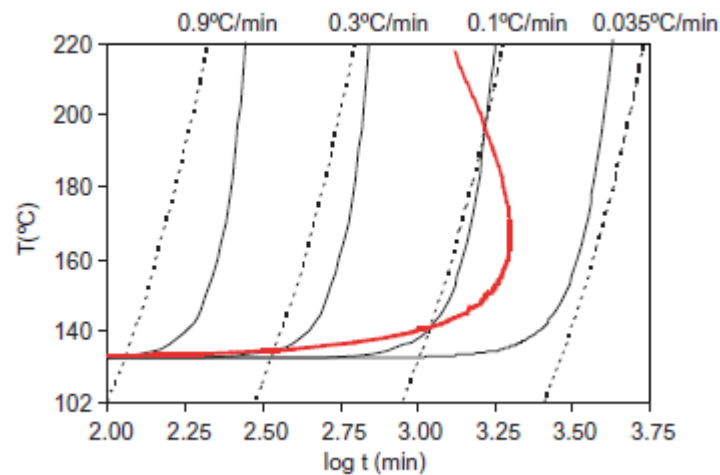


Ilustración 6: Diagrama de transformación a calentamiento continuo. Las líneas punteadas representan la temperatura de operación, las líneas negras rellenas la temperatura de transición vítrea y la curva roja los puntos de operación en los que $T = T_g$

La región a la izquierda de la curva roja representa condiciones que llevan al ablandamiento de la fibra. Para evitar esto, la fibra se debe calentar a una velocidad que caiga fuera de esta región.

Si bien, si se quisiera mantener una velocidad de calentamiento constante, el valor óptimo sería de 0,06 °C/min, el tiempo de residencia sería extremadamente elevado. Por ello, se decide manejar diferentes velocidades de calentamiento.

Lo primero que se debe hacer es mantener la fibra a 130 °C durante un tiempo tal que su logaritmo sea igual a 3.

$$\log \log (t) [\text{min}] = 3$$

$$10^3 = 1000 \text{ min} \rightarrow 16,7 \text{ h}$$

A continuación, se detallan los distintos rangos de calentamiento hasta llegar a los 220 °C.

$$130 \text{ °C a } 180 \text{ °C} \rightarrow 0,06 \text{ °C/} \rightarrow 13,89 \text{ h}$$

$$180 \text{ °C a } 190 \text{ °C} \rightarrow 0,07 \text{ °C/} \rightarrow 2,38 \text{ h}$$

$$190 \text{ °C a } 200 \text{ °C} \rightarrow 0,08 \text{ °C/} \rightarrow 2,08 \text{ h}$$

$$200 \text{ °C a } 220 \text{ °C} \rightarrow 0,1 \text{ °C/} \rightarrow 3,33 \text{ h}$$

$$\text{Tiempo de residencia total} = 38,38 \text{ h}$$

4.3 Carbonización

Una vez que las fibras se estabilizan, se calientan a una temperatura de aproximadamente 1.830-5.500 °F (1.000-3.000 °C) durante varios minutos en un horno lleno de una mezcla de gases que no contiene oxígeno.

La falta de oxígeno evita que las fibras se quemem a las altas temperaturas. La presión del gas dentro del horno se mantiene más alta que la presión del aire exterior y los puntos donde las fibras entran y salen del horno están sellados para evitar que entre el oxígeno. A medida que las fibras se calientan, comienzan a perder sus átomos que no son de carbono, más algunos átomos de carbono, en forma de diversos gases, incluyendo vapor de agua, amoníaco, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y otros. A medida que los átomos no de carbono son expulsados, los átomos de carbono restantes forman cristales de carbono fuertemente unidos que están alineados más o menos paralelos al eje largo de la fibra. En algunos procesos, se usan dos hornos que funcionan a dos temperaturas diferentes para controlar mejor la velocidad de calentamiento durante la carbonización.

Después de la carbonización, el diámetro de la fibra se reduce, debido a que todos los elementos, excepto el carbono, son removidos de la fibra.

5- Bibliografía

Otani S; Fukuoka Y; Igarashi B; Sasaki K., (1969). Method for general performance grades can be produced from com- producing carbonized lignin fiber. US Patent 3,461,082, merical hardwood kraft lignin and Alcell lignin.

Braun, J.L.; Holtman, K.M.; Kadla, J.F.; (2004). Lignin-based carbon fibers: Oxidative thermostabilization of kraft lignin.

Eberle, Cliff; (2013). Creating the Lignin Value Chain. Información obtenida de: https://www.bio.org/sites/default/files/BIO%20WC%20Eberle%2020130618%20DRAFT_cliff_eberle_o.pdf

Jiménez González, Miguel Ángel, (2017). APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIALES PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES.

Mussatto, Solange I.; Fernandes, Marcela; Roberto, Ines C.; (2007). Lignin recovery from brewer's spent grain black liquor. Información obtenida de: www.elsevier.com/locate/carbpol

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**Producción de fibra de carbono a partir
de bagazo de cerveza**

Capítulo 6: Descripción del proceso

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final.

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren

Contenido

1 – Descripción del proceso	3
1.1 Obtención y almacenamiento de la materia prima	3
1.1.1 Transportador	5
1.1.2 Almacenamiento	11
1.2 Molienda húmeda y clasificación	13
1.3 Agitación básica	18
1.4 Primera filtración	19
1.5 Hidrólisis ácida	21
1.6 Segunda filtración	22
1.7 Preparación de soluciones	22
1.8 Secado	23
1.9 Extrusión	24
1.10 Fundición e hilado	25
1.11 Oxidación y carbonización	28
2- Bibliografía	31

1 – Descripción del proceso

1.1 Obtención y almacenamiento de la materia prima

En el capítulo de ubicación de planta, se decidió que la misma se establezca en el Parque Industrial de Zárate, en la cercanía de las plantas de Quilmes e Isenbeck. El mayor beneficio de esta decisión es la posibilidad de evitar grandes costos de transporte de materia prima, dado que la misma es muy voluminosa. Para aprovecharlo, es necesario que la planta de Quilmes pueda cubrir al 100% nuestra demanda, teniendo en cuenta que, ante cualquier eventualidad, se puede obtener materia prima de las demás plantas ubicadas en el partido de Zárate, a través de camiones.

En el capítulo de estudio de mercado, se determinó que nuestra producción será de 400 tn/año. A partir de este valor, se puede calcular la capacidad productiva cervecera que cubriría nuestra necesidad de materia prima, sin tener en cuenta las eficiencias del proceso productivo, como valor estimativo inicial.

Teniendo en cuenta que la carbonización, operación final de nuestro proceso, tiene como función eliminar todo compuesto diferente al carbono, a partir de la composición promedio de la lignina, podemos determinar cuánta lignina se necesita para cubrir nuestro valor de producción.

63,4%	Carbono
30%	Oxígeno
5,9%	Hidrógeno
0,7%	Componentes minerales

Tabla 1: Composición promedio de la lignina correspondiente a la fórmula aproximada $(C_3H_3O_1)n$

De esta manera, 400 tn/año de fibra de carbono corresponden a 400 tn/año de carbono necesario. A su vez, las 400 tn/año de carbono corresponden al 63,4% de la masa de lignina necesaria.

$$\text{Flujo másico de lignina} = 400 \text{ tn C/año} \frac{100 \text{ tn lignina}}{63,4 \text{ tn C}}$$

$$\text{Flujo másico de lignina} = 631 \text{ tn lignina/año}$$

Retomando las relaciones entre lignina, bagazo en base seca, residuo en base seca, residuo y capacidad productiva cervecera, se puede determinar este último valor correspondiente a la capacidad mínima que deberíamos cubrir.

$$\text{Flujo másico de bagazo seco} = 631 \text{ tn lignina/año} \frac{17.204 \text{ tn bagazo seco}}{4.783 \text{ tn lignina}}$$

$$\text{Flujo másico de bagazo seco} = 2.270 \text{ tn bagazo seco/año}$$

$$\text{Flujo másico de residuo seco} = 2.270 \text{ tn bagazo seco/año} \frac{20.240 \text{ tn residuo seco}}{17.204 \text{ tn bagazo seco}}$$

$$\text{Flujo másico de residuo seco} = 2.670 \text{ tn residuo seco/año}$$

$$\text{Flujo másico de residuo} = 2.670 \text{ tn residuo seco/año} \frac{101.200 \text{ tn residuo}}{20.240 \text{ tn residuo seco}}$$

$$\text{Flujo másico de residuo} = 13.352 \text{ tn residuo/año}$$

$$\text{Capacidad cervecera necesaria} = 13.352 \text{ tn residuo/año} \frac{5.060 \text{ hl}}{101.200 \text{ tn residuo}}$$

$$\text{Capacidad cervecera necesaria} = 66.760 \text{ m}^3/\text{año}$$

Como ya se había mencionado, la capacidad de la planta Quilmes de Zárate es de 5.060.000 hl/año, que supera ampliamente a la capacidad necesaria, representando el 13,19% de la capacidad total de dicha planta, por lo cual la planta se diseñará de

forma que el residuo de la producción de cerveza entre directamente a nuestro proceso como materia prima.

1.1.1 Transportador

La selección de un transportador óptimo para los requerimientos de un proceso, depende de numerosas variables. Las más importantes son:

- **Capacidad requerida:** Los transportadores de banda, que se pueden fabricar en tamaños relativamente grandes, para funcionar a velocidades elevadas, transportan económicamente grandes cantidades de materiales. Por otra parte, los transportadores de tornillo helicoidal o sinfin se hacen extremadamente torpes cuando aumenta su tamaño y no se pueden manejar a velocidades elevadas sin crear problemas graves de abrasión.

En nuestro caso, se requiere transportar de una planta a otra, por lo cual se considera que un transportador a tornillo no sería adecuado por la limitación de tamaño. Por este motivo, se elige trabajar con un transportador de banda.

- **Longitud de desplazamiento:** Está limitada para ciertos tipos de transportadores. Con bandas de alta resistencia a la tensión, el límite de longitud para los transportadores de banda puede ser de varios kilómetros. Los transportadores de aire se limitan a 305 m y los vibratorios a centenares de metros o pies. En general, conforme aumenta la longitud del recorrido, la elección entre las alternativas se va haciendo cada vez más estrecha.

En nuestro caso, la distancia que tendrá que cubrir la cinta dependerá del lugar exacto en donde la empresa Quilmes desheche sus residuos. Esta distancia puede variar entre 200 m y poco menos de 1 km, por lo cual se reafirma la

elección del transportador de banda, pero se considera innecesario el uso de una banda de alta resistencia a la tensión.

- **Elevación:** Se puede manejar, en general, en forma más económica mediante elevadores de cangilones verticales o inclinados.

En nuestro caso, será necesaria la elevación al final del transportador de banda, para dar entrada a la materia prima al tanque de almacenamiento.

- **Características de los materiales:** Tanto químicas como físicas, sobre todo la fluidez. También son importantes la capacidad de abrasión, la friabilidad y el tamaño de los terrones. Los efectos químicos pueden prescribir los materiales estructurales con los que se fabrican los componentes de los transportadores. Los efectos de la humedad o la oxidación debido a la exposición a la atmósfera, pueden ser perjudiciales para el material que se transporta y exigir un cierre total de transportador, o incluso una atmósfera artificial.

En nuestro caso, debemos considerar que el residuo estará húmedo y pegajoso.

El transportador estará cerrado para evitar los efectos de la exposición a la atmósfera.

Función	Tipo de transportador
Transporte horizontal de materiales	De banda articulada, de banda, normal, de flujo continuo, de arrastre de tablillas, vibratorio, de cangilones, de cangilones de volteo, de aire.
Transporte de materiales hacia arriba o hacia abajo de una pendiente	De banda articulada, de banda, de flujo continuo, de paletas, de tornillo sin fin.
Elevación de materiales	Elevador de cangilones, flujo continuo, montacarga de cajón, aire.
Manejo de materiales sobre una combinación de trayectorias horizontales y verticales	Flujo continuo, de cangilones de descarga por gravedad, de cangilones de volteo, de aire.
Distribución o colección de materiales para tolvas, depósitos, etc.	De banda, de paletas, de tornillo, sinfin, de flujo continuo, de cangilones de descarga por gravedad, de cangilones de volteo de aire.

Retiro de materiales de vagones del ferrocarril, camiones, etc.	Vaciados de carros, descargador de vagones de granos, agitador de vagones, pala mecánica, aire.
---	---

Tabla 2: Tipo de transportador adecuado para cada función

Características del material	Tipo de transportador
Materiales finos, de flujo libre	De barras, de banda, oscilatorio o vibratorio, de paletas giratorias, de tornillo sinfin.
Materiales no abrasivos y granulares con algunos terrones	De banda articulada, de barras, de banda, oscilatorio o vibratorio, de movimiento alternativo, de placa giratoria, de tornillo sinfin.
Materiales difíciles de manejar porque son abrasivos, con terrones o filamentos, o están calientes	De banda articulada, de barras, de banda, oscilatorio o vibratorio, de movimiento alternativo.
Materiales pesados, con terrones o abrasivos, similares a minerales y guijarros	De banda articulada, oscilatorio o vibratorio, de movimiento alternativo.

Tabla 3: Tipo de transportador adecuado según las características del material a transportar

Material	Peso (kg/m ³)	Tipo de máquina												
		De paletas	De mandil o banda articulada	De tornillo de acero	De tornillo de fundición	De circulación continua	De banda	De cangilones pivoteados	De cajón	Neumático	De cangilones de baja velocidad	De cangilones de alta velocidad	Vibrante	
Cenizas	Húmedas	170-880	a	d	-	Sí	d	d	Sí	Sí	-	-	Sí	
	Secas	560-640	a	d	Sí	Sí	d	d	Sí	Sí	Sí	-	Sí	k
Cemento		1400-1600	-	-	Sí	-	Sí	Sí	-	b	Sí	Sí	Sí	Sí
Productos químicos	Abrasivos	-	a	Sí	-	Sí	-	Sí	Sí	Sí	-	Sí	Sí	Sí
	Corrosivos	-	-	-	-	Sí	-	Sí	Sí	Sí	-	Sí	Sí	
	Pegajosos	-	-	-	-	e	-	-	-	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Arcillas		560-880	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí k	Sí	d	d	Sí	Sí	Sí	Sí
Carbón de hulla	Antracita (k)	720-880	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	j	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Bituminoso (k)	800	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	j	Sí	Sí	-	Sí	f	Sí
Coque (k)		640	-	Sí	-	Sí	-	e	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Cisco de coque		480	-	Sí	-	Sí	-	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Copra (k)		560-640	d	d	Sí	d	Sí	Sí	d	d	Sí	-	Sí	
Semillas de algodón		400-480	-	-	Sí	-	-	Sí	d	-	Sí	Sí	Sí	
Semillas de lino		720	Sí	d	Sí	d	Sí	Sí	d	-	Sí	-	Sí	

Cenizas finas o volantes (limpias)	480-720	d	-	Sí	Sí	Sí	d	Sí	d	f	Sí		Sí
Granos (k)	400-960	d	-	Sí	-	Sí	Sí	-	-	-	Sí		Sí
Minerales densos (terrones)	-	Sí	Sí	-	-	-	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	-	
Minerales ligeros	-	Sí	Sí	Sí	Sí	g	Sí	-	Sí	d	Sí	Sí	d
Polvos metálicos (k)	-	d	d	Sí	-	-	Sí	Sí	b	-	Sí	Sí	h
Roca	-	-	Sí	-	-	-	Sí	-	Sí	Sí	Sí	Sí	
Sal	720-1280	Sí	Sí	Sí	-	Sí	Sí	d	d	Sí	Sí	Sí	
Sulfato sódico anhidro	1200-1520	Sí	d	d	Sí	Sí	Sí	Sí	d	-	-	Sí	
Arena y grava	-	-	d	d	Sí	-	Sí	d	Sí	Sí	-	Sí	
Serrín	240-320	d	d	Sí	-	Sí	Sí	-	d	Sí	Sí	Sí	
Lodos de cloacas, mojados (i)	-	-	-	-	c	-	-	-	Sí	Sí	Sí	Sí	
Carbonato sódico anhidro	400-1040	Sí	d	Sí	Sí	Sí	Sí	-	d	Sí k	Sí	Sí	
Habas de soja (k)	720	-	-	Sí	-	Sí	Sí	-	-	f	Sí	Sí	
Harina de soja (k)	640	-	-	Sí	-	Sí	-	-	-	f	Sí	Sí	
Almidón (k)	400-460	-	-	Sí	-	Sí	Sí	-	-	e	Sí	Sí	
Azúcar (k)	880	-	d	Sí	-	Sí	Sí	-	-	-	Sí	Sí	
Azufre (k)	880-1280	-	Sí	Sí	-	Sí	Sí	-	Sí				
Astillas de madera	320	-	-	Sí	-	Sí	Sí	-	-				
Materiales extremadamente calientes	-	-	Sí	-	Sí	-	-	Sí	Sí				

Los envases, embalajes, sacos, canastas, cajas, etc., se manipulan ordinariamente con transportador de rodillos, elevadores de cadena con rejillas, correas deslizantes planas, tractores y tranvías.

Observaciones:

- a. Sólo del tipo cadena de arrastre.
- b. Con disposición para supresión del polvo.
- c. Mejor del tipo de cinta en espiral.
- d. Posible, pero no corriente.
- e. Si no está caliente al rojo.
- f. No si el grano sufre con la manipulación ruda.
- g. Si no es demasiado abrasivo.
- h. Puede ocasionar perturbaciones.
- i. La electricidad estática puede originar trastornos.
- j. Se necesita banda o correa sintética especial si se ha rociado con aceite.
- k. El polvo es explosivo.
- l. Difícil con cualquier transportador.

Tabla 4: Equipo manipulador de materiales que se recomienda.

Para el tramo horizontal, se ha seleccionado, finalmente, un transportador de banda con forma abarquillada, debido a que la materia prima llegará a granel, cubierto, para evitar los efectos de la atmósfera sobre la materia prima, con encausadores de carga para facilitar la misma y con limpiadores de banda, indicados para materiales pegajosos.

El tramo vertical se realizará con elevador de cangilones con descarga por gravedad, debido a que el material es pegajoso.



Ilustración 1: Transportador de banda cubierto.



Ilustración 2: Transportador de banda abarquillado.



Ilustración 3: Encausador de carga.

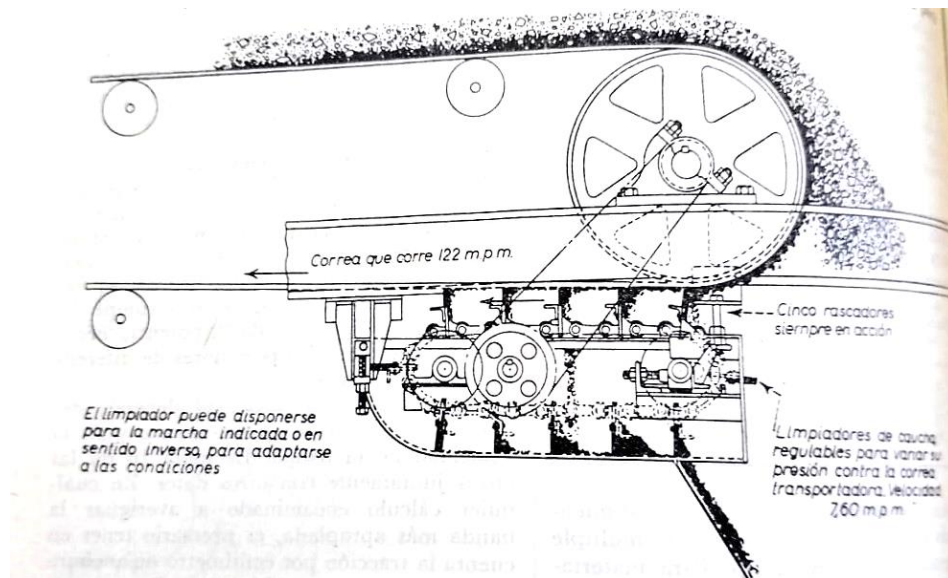


Ilustración 4: Limpiador de banda Hudson para materiales pegajosos.

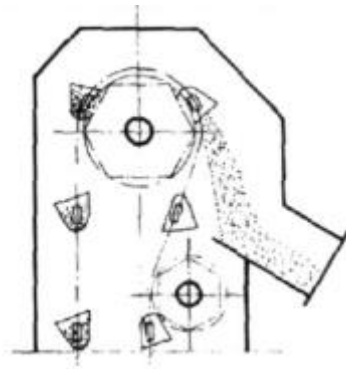


Ilustración 5: Esquema de funcionamiento de los cangilones con descarga por gravedad.



Ilustración 6: Cangilones con descarga por gravedad.

1.1.2 Almacenamiento

Ante la situación de trabajo con materia prima orgánica y húmeda, uno de los riesgos más importantes que se nos presenta es el del ataque de microorganismos. Para evitarlo, se podría recurrir a secar la materia prima o acidificar/alcalinizar. Como

las operaciones que le siguen son en medio acuoso ácido, se decidió hacer el almacenamiento en ácido sulfúrico 0,01 N, que nos garantizaría un pH alrededor de 2.

El almacenamiento de la materia prima en ácido diluido será en tanques cúbicos de fibra de vidrio, para que resistan la corrosión. Para homogeneizar la mezcla, se realizará en el mismo tanque una recirculación con bomba neumática de doble diafragma, ya que presenta una gran hermeticidad y se puede obtener en una amplia variedad de materiales. El más conveniente, en este caso, para los diafragmas, es el polipropileno, que resiste al ácido sulfúrico en concentraciones medias y bajas.



Ilustración 7: Tanque con extremo troncocónico

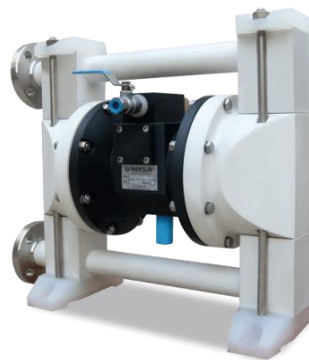


Ilustración 8: Bomba neumática de doble diafragma.

1.2 Molienda húmeda y clasificación

A la hora de seleccionar un molino y clasificador para este proceso, es necesario tener en cuenta que se tiene un material blando, de un diámetro equivalente de entre 2 y 4 mm, suspendido en ácido sulfúrico diluido.

Lo primero que se debe hacer, es identificar los desintegradores que nos ofrecen una molienda fina.

Letra identificadora	Molinos	
j	de martillos	de martillos rígidos
		de martillos oscilantes
		de martillos en anillos
		de jaula múltiple
		de discos (placas dentadas)
k	de discos (esencialmente de placas lisas)	de rueda o muela simple
		de rueda doble
		de piedras o muelas horizontales
l	de energía fluída (molinos de chorro)	de gas (aire o vapor de agua)

Tabla 5: Clasificación de los equipos de molienda

En primera instancia, se propone un molino de discos (o de frotamiento), ya que se considera muy adecuado para nuestra materia prima, además de ser comúnmente usado para la desintegración de granos en otras industrias.

Operación reductora de tamaño		Dureza del material	Tamaño				Relación de reducción	Tipo de equipo
			Límites para la alimentación (mm)		Límites para los productos (mm)			
			Máx.	Mín.	Máx.	Mín.		
Trituración	Primaria	Duro	1520	305	508	102	3:1	A, B, C
			508	102	127	25.4	4:1	A, B, C
	Secundaria	Duro	127	25.4	25.4	5	5:1	A, B, C, D, E

			33	6.3	4.7	0.84	7:1	D, E, H, I
		Blando	508	102	50.8	10	10:1	C, D, E, F, G
Pulverización	Gruesa	Duro	4.7	0.84	0.58	0.076	10:1	H, I
	Fina	Duro	1.17	0.15	0.076	0.01	15:1	H, I, L
Desintegración	Gruesa	Blando	12.7	1.65	0.58	0.076	20:1	H, I, J, K
	Fina	Blando	4 (5)	0.5 (32)	0.076 (200)	0.01 (1250)*	50:1	H, I, J, K, L

Comentarios: Los números entre paréntesis corresponden al número de Tyler del tamiz. Las relaciones de reducción más altas corresponden a las operaciones en circuito cerrado. *10 μ

Tabla 6: Guía para elegir el equipo de molienda

En la Tabla 6, se observa que el molino propuesto cumple con los requerimientos del proceso (tipo de desintegración y tamaño de alimentación).

En términos generales, casi toda la maquinaria trituradora y moledora puede trabajar en circuito cerrado con clasificadores de tamaño. El material procedente de una máquina reductora del tamaño se lleva a un clasificador en el cual se separan las partículas grandes y se devuelven a la máquina, y las del tamaño deseado y menores se sacan como producto. Por este procedimiento, se obtiene un producto con una distribución de tamaño más uniforme que la que se obtendría con el funcionamiento intermitente o continuo en circuito abierto hasta obtener el mismo tamaño máximo límite.

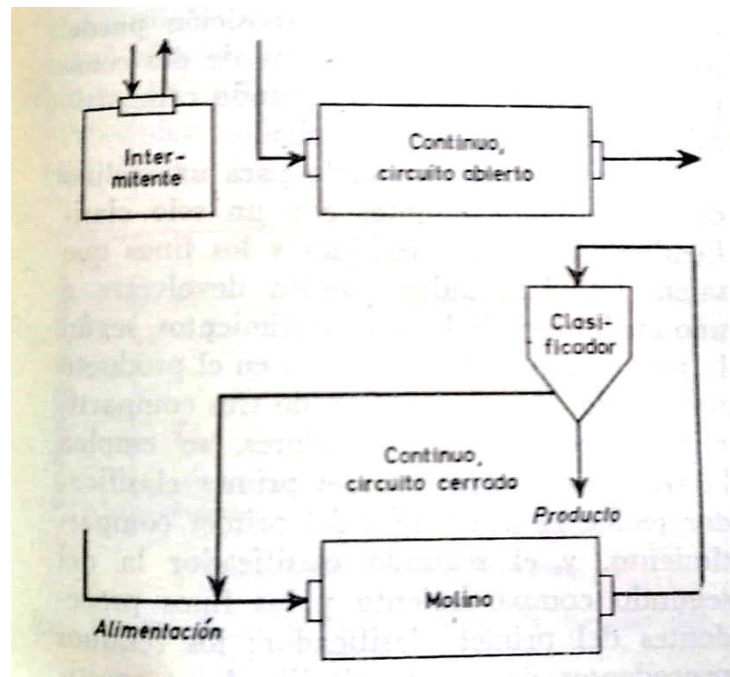


Ilustración 9: Sistemas de molienda

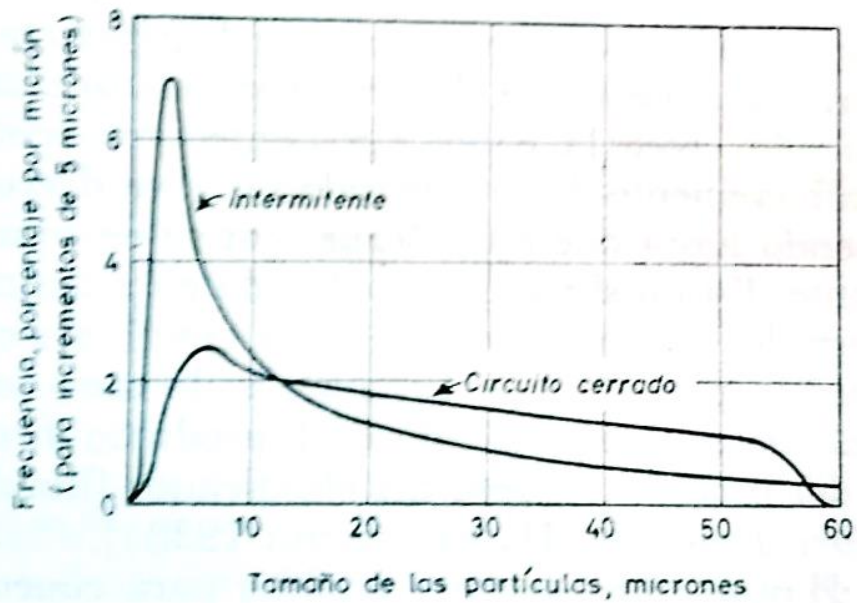


Ilustración 10: Comparación de las distribuciones por tamaños de los productos del sistema de molienda continuo en circuito cerrado y del sistema intermitente

El material parcialmente acabado que sale del molino es separado por medio de un clasificador en dos partes: un producto totalmente acabado, que rebosa, y un producto rastrillado no acabado que se devuelve al molino para una molienda adicional. El material que rebosa es la parte relativamente más fina de la descarga del molino, la que sedimenta más lentamente, y es arrastrada hacia el labio o cubierta extrema del clasificador por el fluido que circula. El producto rastrillado es la porción relativamente más gruesa de la descarga del molino, la que sedimenta más rápidamente y se saca del clasificador impulsada por la acción mecánica de los rastrillos. En la molienda en circuito cerrado, el producto rastrillado suele designarse a menudo por carga circulante, debido a que continua recorriendo el circuito clasificador-molino hasta alcanzar la finura de rebosamiento.

El fin que se persigue con la molienda en circuito cerrado es centralizar la clasificación del producto molido en un punto, esto es, en el clasificador, de modo que el molino, que ahora es responsable de la molienda propiamente dicha, pueda alimentarse con tal intensidad y cargarse de tal manera que funcione al rendimiento máximo. Además, al utilizar un circuito cerrado, aumenta la capacidad sin un incremento correspondiente de la energía o fuerza motriz consumida. Esto puede atribuirse a la eliminación más rápida de las partículas finas y a la reducción de la antieconómica molienda excesiva.

Con respecto a la comparación molienda húmeda-molienda seca, la bibliografía indica que, si la presencia de un líquido en el producto no presenta ningún inconveniente, o si el material alimentado está húmedo o mojado, es preferible, por lo general, la molienda húmeda a la molienda en seco. Esto se debe a que, en la desintegración en seco hasta tamaños finos, se produce el fenómeno llamado “acojinamiento”, con el consiguiente desperdicio de energía. Además, el polvo obtenido en la desintegración de este proceso es explosivo, por lo cual, mantenerlo

suspendido en una solución acuosa elimina el peligro que representaría realizar una molienda seca en este caso.

Utilizando como herramienta la Tabla 7, hacemos la selección definitiva del molino.

Material	Detalles de la reducción de tamaño	Tipo de molino*	Capacidad (kg/h)	hp
Celulosa a la sosa	Desfibrado por xantación	B	2 206	5
Asbesto	Mullido y desfibración	C	681	50
Bagazo	Desfibración	B	829	5
Virutas de bronce	Desde 3 mm hasta tamiz N° 100	A	23	10

* A: Molino de 203 mm (8") de una muela B: Molino de 610 mm (24") de una muela C: Molino de 915 mm (36") de una muela

Tabla 7: Resultados de funcionamiento de los molinos de frotamiento

El molino adecuado para el bagazo es el de frotación de una sola muela.

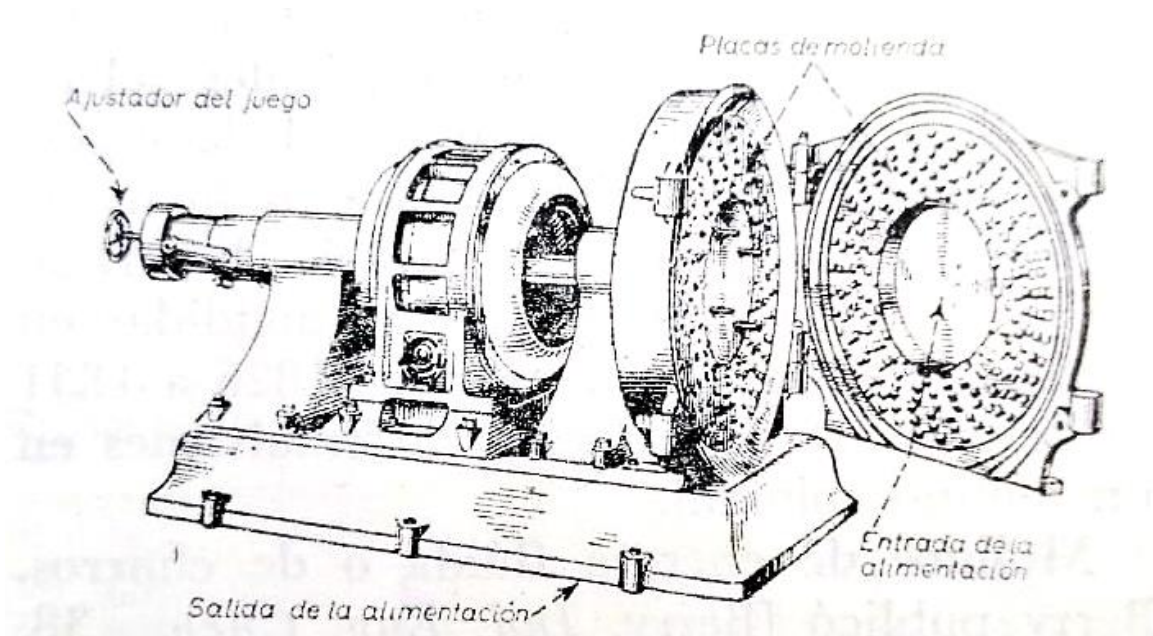


Ilustración 11: Molino de frotamiento de una sola muela

El clasificador que se utilizará para hacer el cierre del circuito de molienda, es un clasificador de tornillo helicoidal.

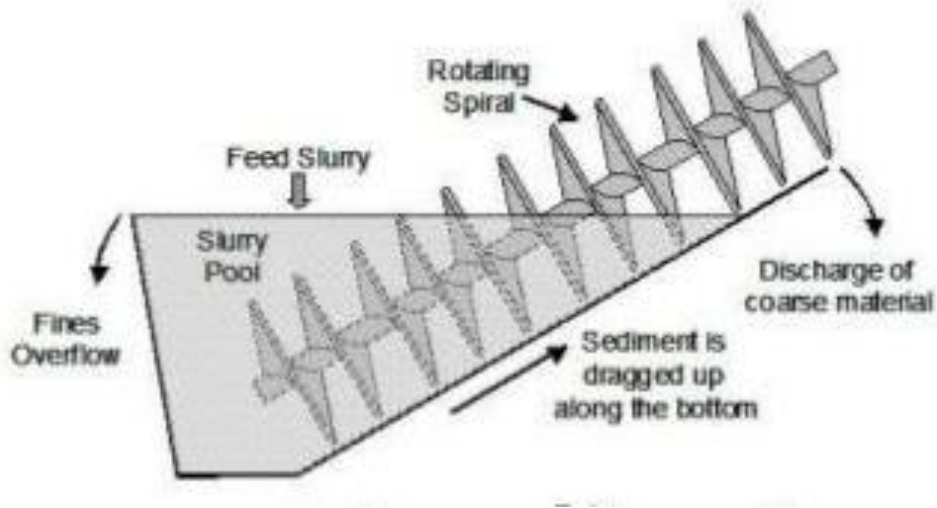


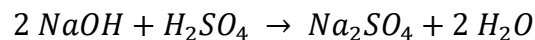
Ilustración 12: Clasificador de tornillo helicoidal

Tanto el disco del molino como el tornillo del clasificador serán de polipropileno para resistir a la corrosión del ácido.

1.3 Agitación básica

Se realizará en un tanque agitado. Al mismo se añadirá la mezcla inicial y una solución de hidróxido de sodio, tal que se neutralice el ácido sulfúrico y quede, finalmente, una solución de hidróxido de sodio al de pH = 12,56. El sistema dentro del tanque se mantendrá a 120 °C, por lo que el mismo estará encamisado, controlado y será de hastelloy para evitar el daño por corrosión.

Se debe tener en cuenta que, debido a la neutralización del ácido sulfúrico, se forma sulfato de sodio, que se mantendrá en solución durante esta etapa.



Ecuación 1: Reacción de neutralización del ácido sulfúrico

1.4 Primera filtración

Para seleccionar el equipo adecuado para esta filtración, se deberá tener en cuenta que es una operación que tiene un impacto directo en la calidad final del producto, dado que, si la solución queda contaminada con algunas trazas de sólidos, las mismas quedarán en la lignina al ser precipitada, disminuyendo su pureza y, por lo tanto, la calidad de la fibra de carbono. Por esto, es importante apuntar la filtración a la obtención de un líquido clarificado.

Materiales típicos	Índole	cm de Hg de vacío o kg/cm ² de presión	Capacidad aproximada del filtro kg/m ² /24 h	Tipo de filtro apropiado		
				Placas y cuadros	Cilíndrico o de envolvente	Continuo de vacío
Lodos de cianuración	Minerales de cuarzo finamente molidos	46-63 cm	1 950-9 760	-	-	X
Concentrados de flotación	Minerales, molidos finamente	46-63 cm	1 950-8 780	-	-	X
Concentrados por gravedad y arenillas	Minerales metálicos y no metálicos casi sin lodos	5-15 cm	48 800-341 700	-	-	X
Lechada de cemento	Caliza y esquisto finamente molidos, o arcilla, etc.	46-63 cm	1 950-9 760	-	-	X
Pulpa y papel	Fibras que se filtran bien	15-51 cm	976-5 860	-	-	X
Cristales, sal, etc.	Granulado, cristalino	5-15 cm	1 450-58 600	-	-	X
Clarificación de licores de azúcar de caña, bebidas, etc.	Jarabes y soluciones con pequeño porcentaje de sólidos	102-127 cm	1 470-57 000 l/m ² /día	X	X	-
Pigmentos	Gasos, pegajosos, finamente divididos, no cristalinos	51-69 cm	976-2 440	-	-	X

Lodos de cloaca	Coloidal y limoso	56-61 cm	122-1 220	-	-	X
Barniz	Líquido turbio viscoso, filtrado en caliente	38-41 cm	204	X	X	-
Aceites minerales, con o sin parafina	Eliminación de la arcilla descolorada por los productos de petróleo	3.5 kg/cm ²	122-1 220	-	X	-
Lodos de caña	Fibra vegetal y jugo de caña	-		-	-	X

Tabla 8: Factores que afectan a la elección del tipo de filtro e índole de las pulpas manipuladas

Como se indica en la Tabla 8, un filtro adecuado para los requerimientos de este proceso es el de marcos y placas, ya que tendremos una relación sólido-líquido de 1:20.

Otro factor importante para tener en cuenta es la corrosión que puede causar el hidróxido de sodio, por lo cual el filtro debe ser construido en materiales adecuados. Para las soluciones causticas y los álcalis, los filtros se construyen de fundición, utilizando aleaciones como el acero inoxidable y el metal monel para los tornillos, las tuercas, los accesorios y el medio filtrante.

Cuando se manipulan materiales corrosivos, los filtros de vacío resultan más afectados que otros tipos, porque tienen más piezas expuestas a ellos y el paso del aire a través del filtro hace que sea mayor la oxidación y la corrosión. Los filtros a presión no están expuestos en la misma proporción, y, por su mayor simplicidad, se prestan más fácilmente a su construcción con materiales resistentes a la corrosión.

Con respecto a la corriente a eliminar, que en este caso es la sólida, será un sólido biodegradable humedecido con una solución de hidróxido de sodio a pH = 12,6. El mismo será lavado para eliminar el hidróxido de sodio. Esta solución será,

posteriormente, neutralizada, mientras que el sólido será enviado a la planta de tratamiento correspondiente.

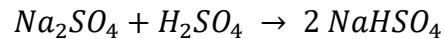


Ilustración 13: Filtro prensa de placas y marcos

1.5 Hidrólisis ácida

Como ya se determinó en el capítulo de Investigación y desarrollo, el pH óptimo para la precipitación de la lignina es de 2.15, por lo cual se añadirá ácido sulfúrico hasta obtener ese valor de pH. El tanque, será el mismo que el utilizado en la agitación básica.

Se debe tener en cuenta que, nuevamente, se producirá una neutralización, por lo cual se obtendrá más sulfato de sodio en solución que, luego al someterse al exceso de ácido sulfúrico, se transformará en bisulfato de sodio en solución. Como en esta etapa el producto de interés precipita, los compuestos que queden en solución no afectarán a la calidad de este.



Ecuación 2: Reacción de obtención de bisulfato de sodio

1.6 Segunda filtración

Se decide utilizar, nuevamente, un filtro prensa de placas y marcos, ya que se puede lavar la torta y obtenerse relativamente seca, además de que sus elementos se pueden fabricar de materiales resistentes al ácido sulfúrico.

El acero inoxidable tipo 316 proporciona un servicio útil a temperatura ambiente en concentraciones de ácido sulfúrico por debajo del 20%. Con respecto al medio filtrante, el metal monel resulta también adecuado para estas condiciones.

El líquido de lavado se mezclará con la corriente líquida de salida y, finalmente, se neutralizará.

1.7 Preparación de soluciones

En esta primera parte del proceso, hay dos operaciones que requieren de la preparación de soluciones: la agitación básica y la hidrólisis ácida. En ambos casos, se utilizará, para dicho fin, un mixer estático con caudalímetros en línea, controlando la salida con termómetro y pHmetro. En el caso de la solución básica, el mixer será de monel. En el caso de la solución ácida, se necesita un material más específico porque se cubrirá un rango de concentraciones de ácido sulfúrico sumamente corrosivo, por lo cual será de hastelloy.



Ilustración 14: Mezclador estático

1.8 Secado

El factor limitante al momento de elegir un equipo para el secado de la lignina en polvo es el hecho de que se trabaja con un polvo explosivo. Para esta condición, un secador adecuado es uno de vacío sinfín cónico.

El calor liberado se transfiere al producto a través de la pared de un recipiente encamisado, lo que provoca la evaporación de los residuos de humedad. Un agitador rotativo (por ejemplo, tornillo, cinta o cuchilla) impulsa el producto a lo largo de la pared del recipiente y promueve la evacuación de los vapores a la superficie, mientras que al mismo tiempo permite el intercambio frecuente de partículas en contacto con la superficie calentada. Un sistema de vacío mantiene el recipiente bajo vacío constante y elimina los vapores al separar primero las partículas de polvo de los vapores en un filtro de polvo en la parte superior del recipiente. El vacío dentro del recipiente también reduce la presión saturada del vapor del solvente para facilitar el secado a temperaturas mucho más bajas.



Ilustración 15: Secador de vacío sinfín cónico

1.9 Extrusión

Se realizará en forma de briquetas, llevando al polvo a su temperatura de fusión vítrea, entre 158 y 185 °C. En el moldeo por extrusión, se utiliza un transportador de tornillo helicoidal, llamado comúnmente extrusora o husillo. El polvo, denominado *feedstock*, es añadido en la tolva y, desde allí, es transportado a través de la cámara de calentamiento hasta la boquilla de descarga. De esa forma, el *feedstock* emerge de la matriz de extrusión en un estado blando, obteniendo un producto extruido de sección transversal constante. Posteriormente, se corta en la medida adecuada.

La extrusión se realiza al vacío para evitar el peligro de explosión del polvo de lignina y para eliminar los residuos volátiles, que se manejarán en instalaciones antiexplosivas.

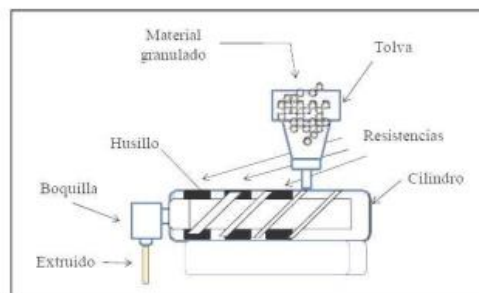


Ilustración 16: Esquema de extrusora y extrusora industrial



Ilustración 17: Extrusión de la lignina en polvo

1.10 Fundición e hilado

La operación de fundición es bastante similar a la extrusión, ya que el mecanismo de calentamiento es el mismo, con la diferencia de que en esta instancia se trabaja con las briquetas, por lo cual ya no hay peligro de explosión y los canales del tornillo serán más amplios.

El hilado se realiza bombeando el fluido obtenido de la fundición a un tambor, enfriado internamente, que gira a alta velocidad. Se lanza un delgado chorro de líquido a alta presión, causando una solidificación extremadamente rápida. Esta operación se realiza bajo una atmósfera inerte de CO_2 , para evitar la oxidación temprana de la fibra. Este efluente será recirculado.

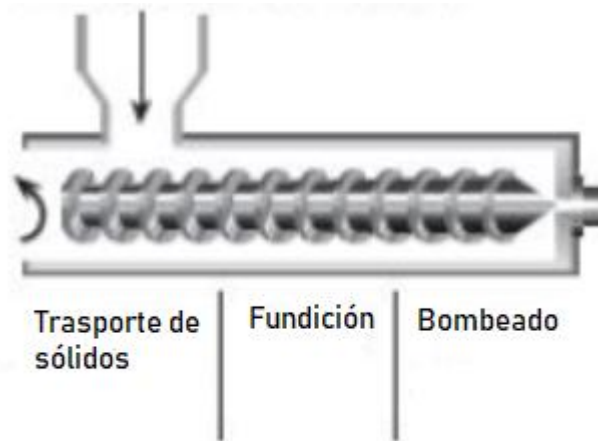


Ilustración 18: Esquema de un equipo de fundición



Ilustración 19: Fundición de las briquetas de lignina

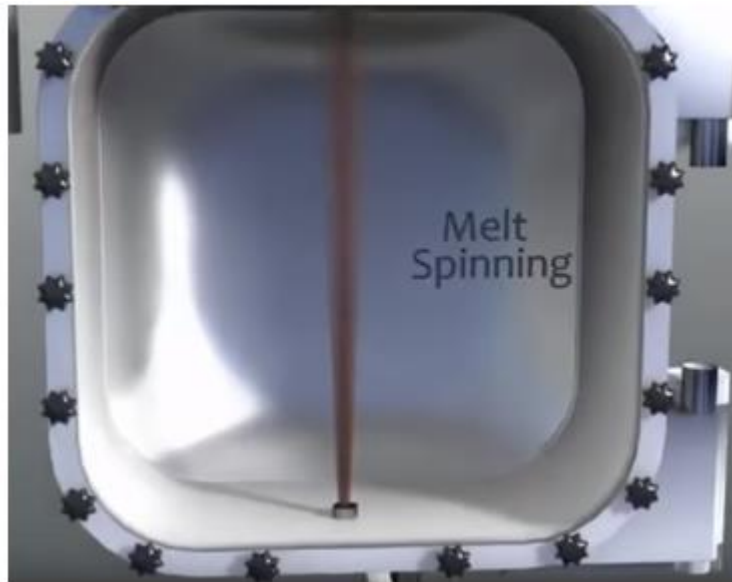


Ilustración 20: Hilado

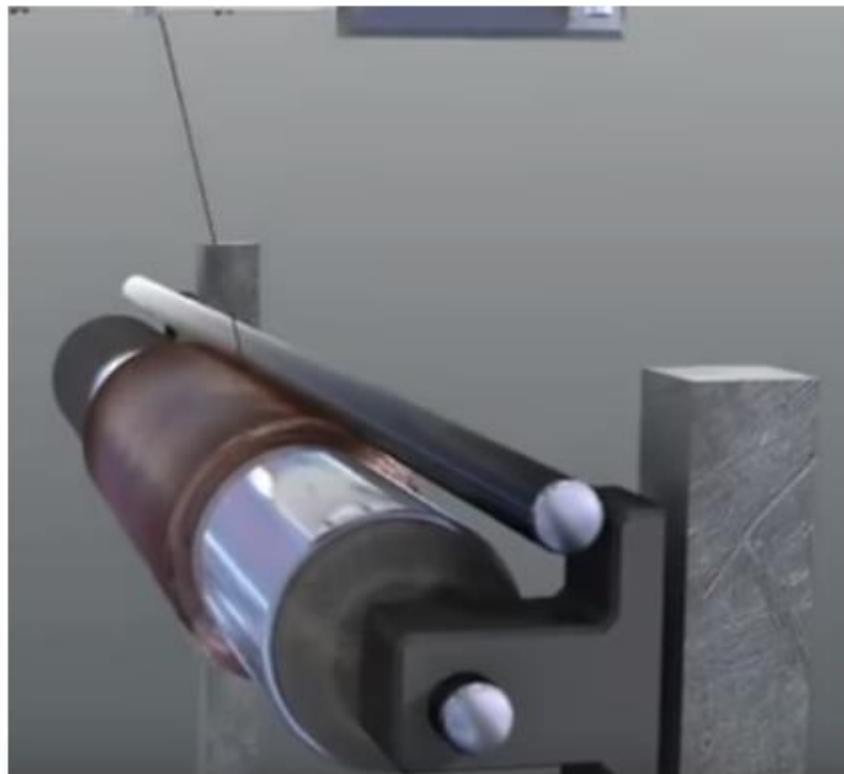


Ilustración 21: Obtención de la forma deseada para el producto final

1.11 Oxidación y carbonización

La oxidación se realiza para estabilizar mecánicamente a la fibra para que soporte las condiciones de carbonización. Para la misma, se necesita de un efluente de oxígeno y que la temperatura de la fibra alcance los 220 °C, a las velocidades de calentamiento determinadas en el capítulo de Investigación y Desarrollo. Por otra parte, la carbonización se realiza para eliminar todos los compuestos distintos al carbono. En este caso, se puede utilizar cualquier velocidad de calentamiento, ya que, la misma, no afecta a la calidad del producto final. En este proceso será de 10 °C/min, llegando, finalmente, a los 1000 °C para alcanzar las propiedades óptimas. Esta operación se realiza bajo una atmósfera inerte de nitrógeno.

El horno por utilizar corresponde al mismo modelo que se suele utilizar en la producción convencional de fibra de carbono, es decir, el horno industrial ranurado. La alimentación energética es a través del calentamiento, mediante electricidad, de varillas de carburo de silicio, pudiendo llegar hasta una temperatura de 1.200 °C. Este horno cuenta con un sistema de precalentamiento, tanto para el nitrógeno como para el oxígeno. El aislamiento del mismo está basado en fibras cerámicas.

Para asegurarse de que la totalidad del producto alcance la temperatura deseada, se cuenta con un sistema de rodillos que se encarga de la disposición óptima de las fibras en el espacio del horno.

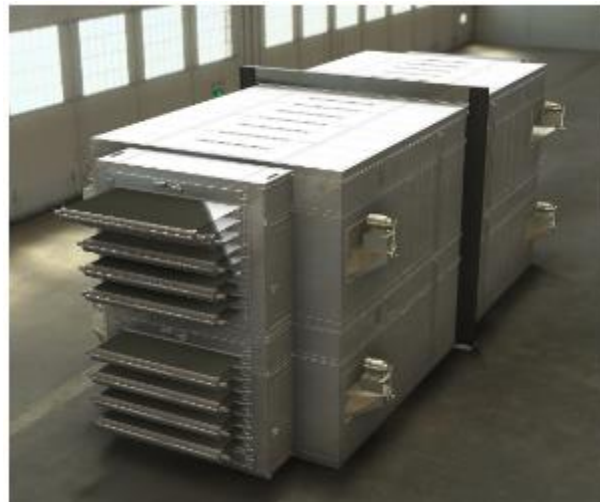


Ilustración 22: Horno industrial ranurado



Ilustración 23: Detalle del sistema de rodillos

Con respecto a los efluentes, en la siguiente tabla se presenta la composición promedio de estos.

	Oxidación	Carbonización
Oxígeno	49,21%	-
Nitrógeno	-	63,41%
Dióxido de carbono	40,32%	-
Monóxido de carbono	0,10%	-
Agua	10,33%	36,59%

Metanol	0,03%	-
Ácido acético	0,01%	-

La legislación de Buenos Aires presenta límites de emisión para algunos de los compuestos presentes en los efluentes de esta operación, específicamente, en el Decreto 1074/18 – Protección a las Fuentes, que fueron comparados con las emisiones de nuestro proceso, considerando un factor de seguridad de 3.

Compuesto	Valor de la emisión [microgramo/m3]	Valor límite legislación [microgramo/m3]	Valor límite legislación con factor de seguridad 3 [microgramo/m3]
Dióxido de carbono	207357,43	-	-
Monóxido de carbono	231,61	10000	3333,33
Agua	23924,97	-	-
Metanol	69,48	3100	1033,33
Ácido acético	23,16	2400	800,00

Se puede observar que las emisiones están muy por debajo de los límites superiores.

2- Bibliografía

Argentina Ambiental. Información obtenida de:
<http://argentinambiental.com/legislacion/buenos-aires/decreto-107418-proteccion-las-fuentes-provision-los-cursos-cuerpos-receptores-agua-la-atmosfera/>

Gargulak, J.; Lebo, S.; McNally, T. (2001). *Lignin*. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology.

Perry, J. (1959). *Manual del Ingeniero Químico*. 3era edición. Editorial Fournier S.A. México, D. F.

Vadequimica. Información obtenida de:
<https://www.vadequimica.com/blog/2015/03/acido-sulfurico-h2so4-acido-oxidante-y-deshidratante/>

Welders Filtration Technology. Información obtenida de:
<https://www.wft.be/es/filtros-prensa/filtro-prensa-de-membrana/>

Cezairliyu, A.; Maglic, K.; Peletsky V. (1994). *Compendium of Thermophysical Property Measurement Methods*. Volumen 1. Plumen Press. New York.

Ácido Sulfúrico. Información obtenida de:
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia4.pdf>

Special Metals. Información obtenida de: http://216.71.103.52/documents/Ni-Cr-Mo%20vs%20Ti%20_part1.pdf

Fast Pack. Información obtenida de:
https://www.canadaperu.org/sites/default/files/fastpack_aceros_para_acido_sulfurico.pdf

Pinturas Angar. Información obtenida de:
<https://www.comprarpintura.biz/es/pintura-suelos-interior/231-epoxi-suelos-2c-alta-resistencia-quimica-.html>

Ingeniería química. *Equipamiento para el bombeo de ácido sulfúrico*. Información obtenida de: <https://iquimica.com.ar/equipamiento-bombeo-acido-sulfurico/>

Pinturas Wall. Información obtenida de:
http://www.pinturaswall.com.ar/productos/fichas/Teco39i_Levipox_546_Epoxi_Fenol-novolac.pdf

Pinar. Información obtenida de:
<http://www.pinar.com.ar/fichastecnicas/especiales/6900.html>

Hidróxido de sodio. Información obtenida de:
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia17.pdf>

Bonnet. *Resistencia a la corrosión de los aceros inoxidable.* Información obtenida de:
<http://bonnet.es/resitcorrosion.pdf>

Hosokawa Micron. Información obtenida de:
<https://www.hosokawamicron.es/tecnologias/secadores/secadores-discontinuo/secador-de-vacio-sinfin-conico-nauta.html>

Cirilo, M. (2011). *Desarrollo del proceso de moldeo por extrusión de polvos para la obtención de varillas de un material compuesto ferrita-polímero.* Información obtenida de:
https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13518/PFC_Miguel_Gil_Cirilo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kleinhans, H. (2015) *Evaluation of the Carbonization of Thermo-Stabilized Lignin Fibers into Carbon Fibers.* Información obtenida de:
<https://pdfs.semanticscholar.org/3e3b/9225e4ebdffcaab115581387dcboe668acf2.pdf>

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**Producción de fibra de carbono a partir
de bagazo de cerveza**

Capítulo 7: Balances de Materia y Energía

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camina

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final - Plantel Docente

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos Prácticos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren

1-Introducción

En este capítulo se desarrollan los balances de materia y energía para, posteriormente, adentrarse en la ingeniería básica del proyecto. La confección de los mismos permite visualizar, ya a escala industrial, los flujos de reactivos, las emisiones y efluentes a tratar o acondicionar.

Los balances de materia fueron efectuados en su mayoría con las relaciones obtenidas de papers, patentes e investigaciones propias sobre cada operación unitaria en la industria.

Los balances de energía fueron calculados en base a estimaciones y correlaciones de propiedades térmicas.

2-Diagrama de bloques del proceso

Para definir correctamente la secuencia de operaciones y corrientes de materiales es necesaria la utilización de un diagrama de bloques, donde se visualizan estos aspectos, su organización interna, entradas y salidas.



Ilustración 1: Diagrama de bloques

3- Estimación Inicial

Para comenzar con el balance de masa es necesario saber cuánta materia prima se necesita para satisfacer la demanda definida. Se sabe que se necesita cubrir una producción anual de 400 toneladas de fibra de carbono, con un equivalente diario de 1,62 toneladas, teniendo en cuenta sólo los días hábiles.

Para obtener una estimación del flujo de materia prima necesario para satisfacer la demanda de producto final, debemos tener en cuenta las pérdidas de materia que se generan en el proceso. Estas pérdidas pueden tener sus causas en cuestiones de rendimiento de los equipos o en cuestiones intrínsecas de la transformación que se está produciendo. Este último caso, corresponde a las operaciones de agitación básica, extrusión, oxidación y carbonización.

En la agitación básica, entra en juego la composición del bagazo que se utiliza como materia prima. Se estima que el 27,80% del mismo corresponde a la lignina, pudiendo recuperar, por reacción química, aproximadamente el 85% de la misma, dando como resultado un rendimiento de operación de 23,63%.

Una de las funciones principales de la extrusión es la eliminación de los componentes volátiles. Por este motivo, en esta operación se pierde alrededor del 48,20% de la materia, obteniendo un rendimiento del 51,80%.

Con respecto a la oxidación, es una operación en la que ocurren una serie de reacciones químicas que cambian la naturaleza del material. Dichas reacciones, generan efluentes que representan al 10% de la materia inicial, por lo cual la operación tiene un rendimiento del 90%.

Por otro lado, en la carbonización se busca eliminar todo el material diferente al carbono que, como se vio previamente, será aproximadamente el 44% de la materia, por lo cual el rendimiento de esta operación será del 56%.

Con respecto a los rendimientos máxicos de los equipos de las operaciones restantes, se estimaron a partir de datos de fabricantes, finalmente estableciendo que el rendimiento, tanto del molino como del filtro, es del 95%. Este valor alto se explica debido a la selección de un circuito cerrado en el molino. Por otro lado, en el filtro, se

estima que los sólidos salen con un 5% de humedad, así como el líquido puede llegar a salir con un 1% de sólidos en suspensión.

Para realizar el cálculo de materia prima necesaria, se realizarán, a continuación, los cálculos del flujo de entrada necesario de cada operación para la obtención de 1,62 toneladas diarias de fibra de carbono, considerando los rendimientos parciales mencionados anteriormente, a través de la Ecuación 1.

$$\text{Caudal de entrada de la operación} = \frac{\text{Caudal de salida de la operación}}{\text{Rendimiento de la operación}}$$

Ecuación 1: Cálculo del caudal de materia prima a tratar

$$\text{Entrada Carbonización} = \frac{1,62 \text{ tn/d}}{0,56} = 2,89 \text{ tn/d}$$

$$\text{Entrada Oxidación} = \frac{2,89 \text{ tn/d}}{0,90} = 3,21 \text{ tn/d}$$

$$\text{Entrada Hilado} = \frac{3,21 \text{ tn/d}}{1,00} = 3,21 \text{ tn/d}$$

$$\text{Entrada Fundición} = \frac{3,21 \text{ tn/d}}{1,00} = 3,21 \text{ tn/d}$$

$$\text{Entrada Extrusión} = \frac{3,21 \text{ tn/d}}{0,518} = 6,21 \text{ tn/d}$$

$$\text{Entrada Secado} = \frac{6,21 \text{ tn/d}}{1,00} = 6,21 \text{ tn/d}$$

$$\text{Entrada Segunda Filtración} = \frac{6,21 \text{ tn/d}}{0,99} = 6,27 \text{ tn/d}$$

$$\text{Entrada Hidrólisis Ácida} = \frac{6,27 \text{ tn/d}}{0,90} = 6,97 \text{ tn/d}$$

$$\text{Entrada Primera Filtración} = \frac{6,97 \text{ tn/d}}{0,95} = 7,34 \text{ tn/d}$$

$$\text{Entrada Agitación Básica} = \frac{7,34 \text{ tn/d}}{0,2363} = 31,05 \text{ tn/d}$$

$$\text{Entrada Molienda + Clasificación} = \frac{32,33 \text{ tn/d}}{0,95} = 32,64 \text{ tn/d}$$

$$\text{Entrada Almacenamiento} = \frac{32,68 \text{ tn/d}}{1,00} = 32,64 \text{ tn/d}$$

A partir de los cálculos, se concluye en que se necesitan 32,64 tn/d de bagazo, almacenados en tanque con una solución ácida, para cumplir con la producción diaria. Por la planificación de la producción, se decide contar con el doble de materia prima en stock, por lo cual, como máximo, en la planta habrá 65,29 tn/d de materia prima en almacenamiento ácido.

Los balances de masa se realizarán teniendo en cuenta el flujo por lote, es decir, el procesamiento de 32,64 toneladas de bagazo.

En la siguiente tabla, se presentan las propiedades de los principales compuestos, utilizados como materia prima o insumo, con los que se trabaja.

Compuesto	Estado	Peso molecular [g/mol]	Densidad [kg/m ³]	Equivalentes	% P/V	Normalidad	Molaridad
Ácido sulfúrico	Líquido	98,078	1.840	2	98% P/P	36,77	18,39
Agua	Líquido	18,015	997	-	-	-	-
Hidróxido de sodio	Sólido	39,997	1.500	1	50% P/V	12,50	12,50
Bagazo	Sólido	-	120	-	-	-	-

Tabla 1: Propiedades de los principales compuestos del proceso

4- Balance de masa

4.1- Ingreso y almacenamiento

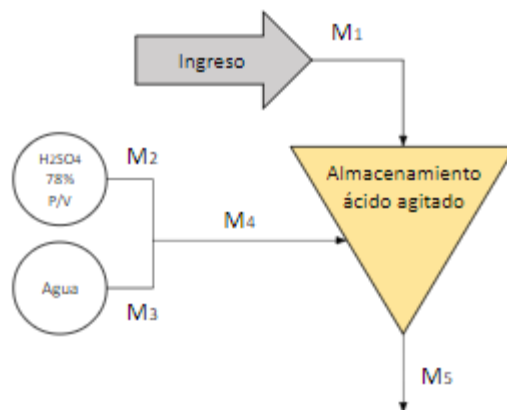


Ilustración 1: Diagrama de flujo del almacenamiento

El ingreso de la materia prima es a través de una cinta transportadora que conecta a la planta de producción de cerveza con la planta de producción de fibra de carbono. Una vez en planta, se fracciona la totalidad de la materia prima en 6 partes iguales, correspondientes a 2 lotes, cada una de las cuales se almacenará en un tanque con solución ácida, a la espera de la siguiente operación unitaria. En este caso, se trabajan 65,29 toneladas de materia prima, las cuales se fraccionan en 6 partes iguales de 10,88 toneladas cada una, con el fin de facilitar el almacenamiento.

$$M_1 = 6 M_0$$

Resultados de la etapa	Codificación	Valor	Unidades
Cantidad de materia prima ingresada	M ₁	65,29	tn
Fracciones	-	6	-
Cantidad de materia prima por fracción	M ₀	10,88	tn

Tabla 2: Resultado de los cálculos de la etapa de ingreso y almacenamiento para el bagazo

Para asegurar que la materia prima no sufra ningún tipo de contaminación microbiológica, el pH de almacenamiento deberá rondar el valor de 2. Esto es equivalente a decir que se debe conseguir una solución de ácido sulfúrico 0,01 N.

Por una cuestión de conveniencia en la homogeneidad de los reactivos usados en todo el proceso, se contará con ácido sulfúrico 98% p/v, equivalente a una solución de ácido sulfúrico aproximadamente 37 N, que se diluirá de acuerdo a los requerimientos de cada operación.

Normalidad de la sc

$$= \frac{98 \text{ g } H_2SO_4}{100 \text{ g sc}} \frac{1840 \text{ kg sc}}{m^3 \text{ sc}} \frac{1000 \text{ g sc}}{\text{kg sc}} \frac{m^3 \text{ sc}}{1000 \text{ l sc}} \frac{\text{mol } H_2SO_4}{98,078 \text{ g } H_2SO_4} \frac{2 \text{ eq } H_2SO_4}{\text{mol } H_2SO_4} = 36,77 \text{ N}$$

$$\text{Molaridad de la solución} = 36,77 \frac{\text{eq}}{\text{l}} \frac{1}{2 \text{ eq}} = 18,39 \text{ M}$$

Para calcular la cantidad de ácido y de agua a agregar, se debe calcular el volumen que ocupa el bagazo en cada tanque que, resultará del cociente entre la masa de bagazo almacenada y la densidad promedio del mismo.

$$V_{MP} = \frac{M_1}{\rho_{MP}}$$

$$V_{MP} = \frac{10881,60 \text{ kg}}{120 \text{ kg/m}^3} = 90,68 \text{ m}^3/\text{tanque}$$

Si se trabaja con tanques de 105 m^3 (7m x 5m x 3m), el volumen que ocupará la solución será la diferencia entre el volumen del tanque y el volumen del bagazo.

$$V_{sc} = 105 \text{ m}^3 - 90,68 \text{ m}^3 = 14,32 \text{ m}^3/\text{tanque}$$

Sabiendo la concentración de la solución inicial de ácido y el volumen que ocupará la solución final, así como la concentración de esta última, a partir de la ecuación de dilución se puede obtener el volumen de solución concentrada necesario y el volumen de agua a agregar.

$$V_{\text{ác}} N_{\text{ác}} = V_{sc} N_{sc}$$

$$V_{\text{ác}} = \frac{14,32 \text{ m}^3 0,01 \text{ N}}{36,77 \text{ N}} = 0,0039 \text{ m}^3/\text{tanque}$$

Considerando que no hay variación de volumen durante la dilución:

$$V_{\text{agua}} = 14,32 - 0,0039 = 14,316 \text{ m}^3/\text{tanque}$$

Calculando la masa de solución y sumándole la masa de materia prima, se obtiene la masa total almacenada. El triple de esta corresponde al lote que se tratará en el proceso.

$$M_{sc} = V_{sc}\rho_{sc}$$

$$M_{sc} = 14,32 \text{ m}^3 * 1840 \text{ kg/m}^3 = 26.348,8 \text{ kg/tanque}$$

$$M_{tk} = 26.348,8 \text{ kg} + 10.881,60 \text{ kg} = 37.230,4 \text{ kg/tanque}$$

$$M_L = 37.230,4 \text{ kg/tanque} \times 3 \text{ tanque/lote} = 111.691,2 \text{ kg/lote}$$

4.2- Molienda y clasificación

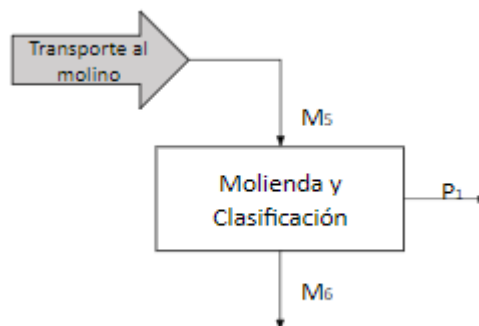
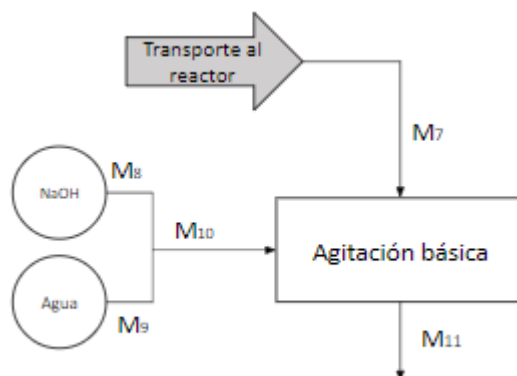


Ilustración 2: Diagrama de flujo de la molienda y clasificación

En esta operación, hay una pérdida del 5% de la masa. Como la única transformación que se produce es de reducción del tamaño de los granos, la caracterización de las corrientes se muestra en la siguiente tabla, teniendo en cuenta solamente el rendimiento.

Tabla 3: Caracterización de las corrientes en la operación de molienda y clasificación

4.3- Agitación básica



	kg totales	tn totales	kg bagazo	tn bagazo	kg sc	tn sc
Entrada	111.691,2	111,6912	32.644,81	32,64481	79.046,4	79,0464
Salida	106.106,64	106,10664	31.012,57	31,01	75.094,08	75,09408
Pérdida	5.584,56	5,58456	1.632,24	1,63	3.952,32	3,95232

Ilustración 3: Diagrama de flujo de la agitación básica

Para que se produzca la solubilización de la lignina, se debe lograr obtener una suspensión a pH = 12,56, poniendo en contacto la materia prima en medio ácido con una solución de hidróxido de sodio. La concentración de esta última se calculará teniendo en cuenta que se debe neutralizar el ácido sulfúrico presente en la solución inicial en la que se encuentra suspendida la materia prima.

$$\text{Ácido a neutralizar} = V_{ac} \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3} \times \text{Molaridad de la solución}$$

$$\text{Ácido a neutralizar} = 0,0039 \frac{\text{tk}}{\text{m}^3} \times 18,39 \frac{\text{l}}{\text{lote}} = 215,16 \text{ mol/lote}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$

Se puede observar en la ecuación de neutralización que, para neutralizar 1 mol de ácido sulfúrico, se necesitan 2 moles de hidróxido de sodio, dando como producto 1 mol de sulfato de sodio y 2 moles de agua. El sulfato de sodio, al provenir de un ácido y una base fuerte, no afectará al pH final de la solución.

$$NaOH_{neutralización} = \text{Ácido a neutralizar} \times \frac{2 \text{ Moles de hidróxido de sodio}}{\text{Mol de ácido sulfúrico}}$$

$$NaOH_{neutralización} = 215,16 \text{ mol}_{H_2SO_4} \times 2 \frac{\text{mol}_{NaOH}}{\text{mol}_{H_2SO_4}}$$

$$NaOH_{neutralización} = 430,32 \text{ mol}_{NaOH}/\text{lote}$$

Para calcular la cantidad total de hidróxido de sodio que deberá tener la solución final, a la cantidad necesaria del mismo para neutralizar el ácido se le deberá sumar la cantidad de hidróxido de sodio necesaria para llevar una solución de $pH = 7$ a una solución de $pH = 12,56$. Para ello, es necesario calcular la concentración de NaOH en una solución de dicho pH.

$$pH + pOH = 14$$

$$pOH = 14 - pH$$

$$pOH = 14 - 12,56$$

$$pOH = 1,44$$

$$pOH = -\log[OH^-]$$

$$[OH^-] = 10^{-pOH}$$

$$[OH^-] = 10^{-1,44}$$

$$[OH^-] = 0,036 \text{ M}$$

Se llega a la conclusión de que se necesita obtener una solución de NaOH 0,036 M/0,036 N.

Sabiendo la cantidad de solución ácida que ingresa a la etapa y calculando la cantidad de agua generada a partir de la neutralización, se puede calcular la cantidad de NaOH necesario para obtener una solución de $pH = 12,56$ a partir de una solución neutra.

$$Agua_{neutralización} = NaOH_{neutralización} = 430,32 \text{ mol}/\text{lote}$$

$$Agua_{pre-neutralización} = \text{Masa de solución ácida} - \text{Masa de ácido sulfúrico}$$

$Agua_{pre-neutralización}$

$$= \text{Masa de solución ácida} - \text{Ácido a neutralizar} \times PM_{H_2SO_4} \times \frac{kg}{1000 g}$$

$$Agua_{pre-neutralización} = 75.094,08 \text{ kg/lote} - 215,16 \text{ mol/lote} \times 98,078 \frac{g}{mol} \frac{kg}{1000 g}$$

$$= 75.072,98 \text{ kg/lote}$$

$$Agua_{post-neutralización} = Agua_{pre-neutralización} + Agua_{neutralización}$$

$Agua_{post-neutralización}$

$$= Agua_{pre-neutralización} + Agua_{neutralización} \times PM_{agua} \times \frac{kg}{1000 g}$$

$$Agua_{post-neutralización} = 75.072,98 \text{ kg} + 430,32 \text{ mol} \times 18,015 \frac{g}{mol} \frac{kg}{1000 g} =$$

$$75.080,73 \text{ kg/lote kg}$$

En el capítulo de Investigación y Desarrollo, se determinó que la relación sólido/líquido óptima para la etapa de agitación básica es de 1:20. La masa de sólidos será igual a la masa de sólidos a la salida de la etapa anterior.

$$\text{Masa de sólidos/Masa de líquido} = 0,05$$

$$\text{Masa de líquido} = \text{Masa de sólidos}/0,05$$

$$\text{Masa de líquido} = 31.012,57 \text{ kg}/0,05 = 620.251,33 \text{ kg/lote}$$

$$\text{Volumen}_{agua} = \text{Masa de líquido}/\text{Densidad del agua}$$

$$\text{Volumen}_{agua} = \frac{620.251,33 \text{ kg}}{997 \text{ kg/m}^3} = 622,12 \text{ m}^3/\text{lote}$$

$$\text{Agua a agregar} = \text{Masa de líquido} - Agua_{post-neutralización}$$

$$\text{Agua a agregar} = 620.251,33 \text{ kg} - 75.080,73 \text{ kg} = 545.170,6$$

$$\text{kg/lote}$$

$$NaOH_{post-neutralización} = \text{Volumen}_{agua} \times \frac{1000 l}{m^3} [NaOH]_{final}$$

$$NaOH_{post-neutralización} = 622,12 \text{ m}^3 \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3} 0,036 \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 22.587,73 \text{ mol/lote}$$

$$NaOH_{total} = NaOH_{neutralización} + NaOH_{post-neutralización}$$

$$NaOH_{total} = 430,32 \text{ mol} + 22.587,73 \text{ mol} = 23.018,05 \text{ mol/lote} \Rightarrow 920,72 \text{ kg/lote}$$

El hidróxido de sodio necesario, se agregará a partir de una solución inicial al 50% p/v, equivalente a una solución 12,5 M.

$$NaOH \text{ concentrado a agregar} = NaOH \text{ total} / \text{Concentración}$$

$$NaOH \text{ concentrado a agregar} = 23.018,05 \text{ mol} / 12 \text{ M}$$

$$NaOH \text{ concentrado a agregar} = 1.918,17 \text{ l/lote}$$

La lignina que se quiere solubilizar en esta etapa, representa al 27,80% de la materia prima sólida.

$$Lignina \text{ total} = \text{Masa de sólidos} \times 0,278$$

$$Lignina \text{ total} = 31.012,57 \text{ kg} \times 0,278 = 8.621,49 \text{ kg/lote}$$

Del total de la lignina, por cuestiones de rendimiento de la reacción, se solubiliza el 85%.

$$Lignina \text{ solubilizada} = Lignina \text{ total} \times 0,85$$

$$Lignina \text{ solubilizada} = 8.621,49 \text{ kg} \times 0,85 = 7.328,27 \text{ kg/lote}$$

$$Lignina \text{ en el sólido} = Lignina \text{ total} - Lignina \text{ solubilizada}$$

$$Lignina \text{ en el sólido} = 8.621,49 \text{ kg} - 7.328,27 \text{ kg} = 1.293,22 \text{ kg/lote}$$

De esta forma, la corriente de salida de la etapa estará compuesta por 627.579,60 kg/lote de líquido (incluyendo la lignina solubilizada) y 23.684,30 kg/lote de sólido,

4.4- Filtración

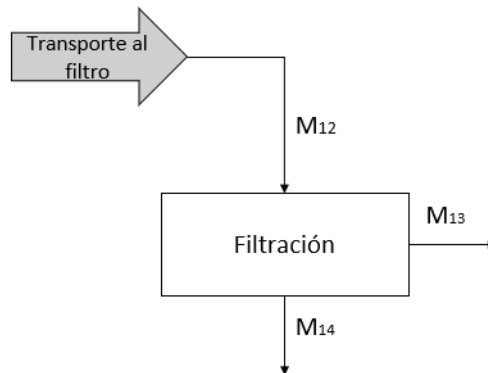


Ilustración 4: Diagrama de flujo de la primera filtración

Se sabe que, en esta etapa, el 1% de los sólidos quedan en suspensión en el líquido de salida, por cuestiones de rendimiento del equipo.

$$\text{Sólidos en suspensión}_{\text{salida}} = 0,01 \times \text{Sólidos en suspensión}_{\text{entrada}}$$

$$\text{Sólidos en suspensión}_{\text{salida}} = 0,01 \times 23.684,30 \text{ kg} = 236,84 \text{ kg/lote}$$

$$\text{Sólido}_{\text{salida}} = \text{Sólidos en suspensión}_{\text{entrada}} - \text{Sólidos en suspensión}_{\text{salida}}$$

$$\text{Sólido}_{\text{salida}} = 23.684,30 \text{ kg} - 236,84 \text{ kg} = 23.447,45 \text{ kg/lote}$$

Otra consecuencia del rendimiento es que los sólidos separados saldrán con un 5% de humedad.

$$\text{Sólido}_{\text{salida}} + \text{Líquido presente como humedad} = \text{Sólido húmedo}$$

$$23.447,45 + M_L = S_H$$

$$0,05 \times S_H = M_L \Rightarrow S_H = M_L / 0,05$$

Reemplazando en valor del sólido húmedo:

$$23.447,45 + M_L = M_L / 0,05$$

$$\frac{M_L}{0,05} - M_L = 19,77$$

$$\frac{0,95M_L}{0,05} = 23.447,45 \Rightarrow 19M_L = 23.447,45 \Rightarrow M_L = 1.234,077 \text{ kg} \Rightarrow S_H$$

$$= 24.681,53 \text{ kg/lote}$$

$$Líquido_{salida} = Líquido_{entrada} - M_L$$

$$Líquido_{salida} = 620.251,33 - 1.234,077 \text{ kg} = 619.017,25 \text{ kg/lote}$$

4.5- Hidrólisis ácida

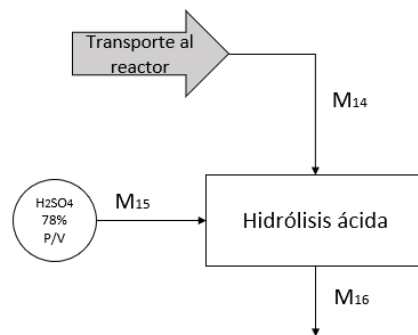


Ilustración 5: Diagrama de flujo de la hidrólisis ácida

En esta etapa, se pretende precipitar la lignina para lograr la purificación de la misma. En la etapa de agitación básica se solubilizaron 7.328,27 kg/lote de lignina, de los cuales se perdió una pequeña parte en la etapa de filtración en forma de humedad. Para hacer el cálculo del valor exacto, se debe calcular la proporción lignina:solución básica al finalizar la etapa de solubilización.

$$Líquido_{salida} + Lignina \text{ solubilizada} = 620.251,33 \text{ kg/lote}$$

$$\text{Porcentaje de lignina en la corriente líquida} = \frac{Lignina \text{ solubilizada}}{620.251,33} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de lignina en la corriente líquida} = (7.328,27/627.579,60) \times 100$$

$$= 1,18\%$$

De la corriente líquida, se pierde de 1.234,08 kg como humedad en cada fracción de lote, es decir que, teniendo en cuenta el porcentaje, se pierden 14,56 kg de lignina. De esta forma, quedan 7.313,71 kg de lignina disponibles para precipitar. La conversión que se alcanza es de 0,85.

$$\text{Lignina precipitada} = 7.313,71 \text{ kg} \times 0,85 = 6.216,65 \text{ kg/lote}$$

Es importante tener en cuenta que, los sólidos en suspensión que habían sido arrastrados de la etapa anterior, serán parte de las impurezas en la lignina que se utilizará para realizar la fibra de carbono.

$$\text{Pureza de la lignina} = \frac{\text{Lignina precipitada}}{\text{Lignina precipitada} + \text{Impurezas}} \times 100$$
$$\text{Pureza de la lignina} = \frac{6.216,65}{6216,65 + 236,84} \times 100 = 96,33\%$$

Para que se produzca la precipitación de la lignina, se debe lograr tener una solución a pH = 2,15, poniendo en contacto la solución básica con una solución de ácido sulfúrico. La concentración de esta última se calculará teniendo en cuenta que se debe neutralizar el hidróxido de sodio presente en la solución inicial.

Parte del hidróxido de sodio, también se pierde como humedad en la filtración. Para calcular la cantidad exacta, se debe calcular la relación de hidróxido de sodio en la corriente líquida antes de entrar al filtro.

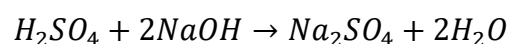
$$\text{Relación de NaOH} = \frac{\text{Masa de NaOH}}{\text{Masa total de la corriente líquida}}$$

$$\text{Relación de NaOH} = \frac{920,72}{620251,33} = 0,0015$$

$$\text{NaOH en la corriente líquida} = \text{Relación de NaOH} \times \text{Masa de NaOH}$$

$$\text{NaOH en la corriente líquida} = 0,0015 \times 619.017,25 \text{ kg} = 928,53 \text{ kg/lote}$$

La ecuación de neutralización es la misma que en el caso de la agitación básica.



$\text{Ácido}_{\text{neutralización}}$

$$= 928,53 \text{ kg NaOH} \times \frac{\text{mol NaOH}}{39,997 \text{ g NaOH}} \times \frac{1000 \text{ g NaOH}}{\text{kg NaOH}} \frac{\text{mol H}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol NaOH}}$$

$$= 11607,44 \text{ mol/lote}$$

$$\text{Ácido concentrado}_{\text{neutralización}} = 11607,44 \text{ mol} \times \frac{\text{l}}{18,39 \text{ mol}} = 631,18 \text{ l/lote}$$

$$\text{Agua}_{\text{neutralización}} = 11607,44 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \times \frac{2 \text{ mol agua}}{\text{mol H}_2\text{SO}_4} = 23.214,88 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow 417,87 \text{ kg} \Rightarrow 0,41787 \text{ m}^3/\text{lote}$$

$\text{Volumen líquido}_{\text{post-neutralización}}$

$$= \text{Solución básica} + \text{Ácido concentrado}_{\text{neutralización}}$$

$$+ \text{Agua}_{\text{neutralización}}$$

$$\text{Volumen líquido}_{\text{post-neutralización}} = 622,12 \text{ m}^3 + 0,63118 \text{ m}^3 + 0,41787 \text{ m}^3$$

$$= 623,17 \text{ m}^3/\text{lote}$$

Para calcular la cantidad total de ácido sulfúrico que deberá tener la solución final, a la cantidad necesaria del mismo para neutralizar el hidróxido de sodio, se deberá sumar la cantidad de ácido sulfúrico necesaria para llevar una solución de pH = 7 a una solución de pH = 2,15. Para ello, es necesario calcular la concentración de ácido sulfúrico en una solución de dicho pH.

$$\text{pH} = -\log[H^+]$$

$$[H^+] = 10^{-\text{pH}}$$

$$[H^+] = 10^{-2,15} = 0,0071 \text{ M}$$

Como el ácido sulfúrico diluido genera dos protones hidrógeno, la concentración de ácido a pH = 2,15 será de 0,0035 M.

En este caso, no puede considerarse que el volumen de agua es igual al volumen de solución luego de agregar el ácido concentrado, debido a que el ácido se agrega en forma de solución, por lo cual hay que considerar que el volumen a agregar podría llegar a ser significativo. Por este motivo, se plantea un sistema de ecuaciones para

determinar el volumen de ácido concentrado a agregar, así como la cantidad de ácido puro que debe haber en solución.

$$\text{Moles de ácido} = (623,17 \text{ m}^3 + V_{\text{ác concentrado}}) \times \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3} \times 0,0035 \text{ mol/l}$$

$$V_{\text{ác conc}} = \text{Moles de ácido} \times \frac{\text{l}}{18,39 \text{ mol}}$$

Reemplazando el volumen de ácido concentrado en la primera ecuación:

$$\text{Moles de ácido} = \left(623,17 \text{ m}^3 + \text{Moles de ácido} \times \frac{\text{l}}{18,39 \text{ mol}} \right) \times \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3} \times 0,0035 \text{ mol/l}$$

Despejando:

$$\text{Moles de ácido} = 2.692,71 \text{ mol/lote}$$

$$V_{\text{ác conc}} = 146,42 \text{ l/lote}$$

$$\text{Volumen total final del líquido} = 623,32 \text{ m}^3/\text{lote}$$

$$\text{Masa total final del líquido} = 621.452,54 \text{ kg/lote}$$

4.6- Filtración

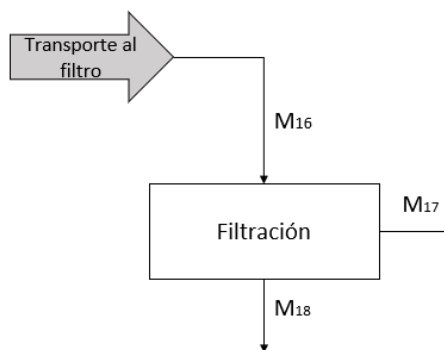


Ilustración 6: Diagrama de flujo de la segunda filtración

Se sabe que el 1% de los sólidos quedan en suspensión en el líquido de salida, por cuestiones de rendimiento del equipo. Estos sólidos en suspensión representarán a la pérdida de lignina durante esta etapa.

$$\text{Sólidos en suspensión}_{\text{salida}} = 0,01 \times \text{Sólidos en suspensión}_{\text{entrada}}$$

$$\text{Sólidos en suspensión}_{\text{salida}}$$

$$= 0,01 \times (\text{Lignina precipitada} + \text{Sólidos en suspensión}_{1^{\circ} \text{ filtración}})$$

$$\text{Sólidos en suspensión}_{\text{salida}} = 0,01 \times (6.216,78 \text{ kg} + 236,84 \text{ kg}) = 64,54 \text{ kg/lote}$$

$$\text{Sólido}_{\text{salida}} = \text{Sólidos en suspensión}_{\text{entrada}} - \text{Sólidos en suspensión}_{\text{salida}}$$

$$\text{Sólido}_{\text{salida}} = 6.216,78 \text{ kg} + 236,84 \text{ kg} - 64,54 \text{ kg} = 6.389,09 \text{ kg/lote}$$

Para la próxima etapa, se tendrá que tener en cuenta que estos sólidos saldrán con un 5% de humedad.

4.7- Secado

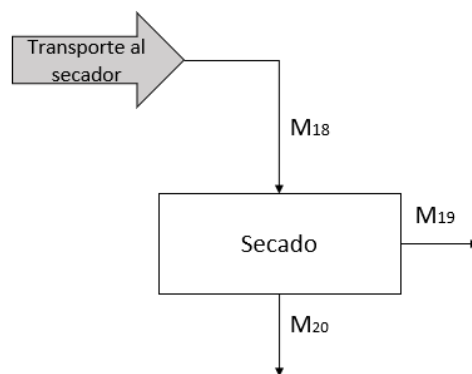


Ilustración 7: Diagrama de flujo del secado

El agua a eliminar será la humedad contenida en la totalidad de sólidos.

$$\text{Sólido}_{\text{salida}} + \text{Líquido presente como humedad} = \text{Sólido húmedo}$$

$$6.389,09 \text{ kg} + M_L = S_H$$

$$0,05 \times S_H = M_L \Rightarrow S_H = M_L/0,05$$

Reemplazando en valor del sólido húmedo:

$$6.389,09 \text{ kg} + M_L = M_L/0,05$$

$$\frac{M_L}{0,05} - M_L = 6.389,09 \text{ kg/lote}$$

$$\begin{aligned} \frac{0,95M_L}{0,05} = 6.389,09 \text{ kg} &\Rightarrow 19M_L = 6.389,09 \text{ kg} \Rightarrow M_L = 336,27 \text{ kg} \Rightarrow S_H \\ &= 6.725,35 \text{ kg/lote} \end{aligned}$$

Se eliminarán, entonces, 336,27 kg de humedad, obteniendo una corriente de lignina sólida seca de 6.389,09 kg/lote y otra de vapor de 336,27 kg/lote.

4.8- Extrusión, fusión e hilado

En esta operación, el 48,20% de la masa de lignina se pierde como volátiles.

$$\text{Pellets} = \text{Masa de lignina} - 0,4820 \times \text{Masa de lignina}$$

$$\text{Pellets} = 6.389,09 \text{ kg} - 0,4820 \times 6.389,09 \text{ kg} = 3.309,55 \text{ kg/lote}$$

$$\text{Efluente gaseoso} = \text{Masa de lignina} - \text{Pellets}$$

$$\text{Efluente gaseoso} = 6.389,09 \text{ kg} - 3.309,55 \text{ kg} = 3.079,55 \text{ kg/lote}$$

Los 3.309,55 kg/lote de lignina, se mantendrán aproximadamente constantes durante la fundición y el hilado, ya que este último se realiza bajo atmósfera inerte.

4.9- Oxidación

Durante la oxidación, se pierde el 10% del peso de la fibra como CO₂ y H₂O. Si se tenían 3.309,55 kg/lote de lignina en forma de hilo, luego de la oxidación se tendrán

$$\text{Efluentes oxidación} = 0,10 \times \text{Fibra de lignina}$$

$$\text{Efluentes oxidación} = 0,10 \times 3.309,55 \text{ kg} = 330,95 \text{ kg/lote}$$

$$\text{Fibra oxidada} = \text{Fibra de lignina} - \text{Efluentes oxidación}$$

$$\text{Fibra oxidada} = 3.309,55 \text{ kg} - 330,95 \text{ kg} = 2.978,59 \text{ kg/lote}$$

4.10- Carbonización

En esta operación, el objetivo es lograr que casi toda la totalidad de la fibra esté compuesta por carbono. A continuación, se muestra la composición de la fibra oxidada y de la fibra de carbono.

Elemento	Fibra oxidada (FO)	Fibra de carbono (FC)
C	55,35	97,31
H	3,47	2,26
O	41,18	0,43

$$C_{FO} = 0,5535 \times 2.978,59 \text{ kg} = 1.648,65 \text{ kg/lote}$$

$$H_{FO} = 0,0347 \times 2.978,59 \text{ kg} = 103,36 \text{ kg/lote}$$

$$O_{FO} = 0,4118 \times 2.978,59 \text{ kg} = 1.226,58 \text{ kg/lote}$$

$$FC = FO - (H_{FO} - H_{FC}) - (O_{FO} - O_{FC})$$

$$FC = 2.978,59 \text{ kg} - (103,36 \text{ kg} - H_{FC}) - (1.226,58 \text{ kg} - O_{FC})$$

$$H_{FC} = FC \times 0,0226$$

$$O_{FC} = FC \times 0,0043$$

Reemplazando los valores de masa de hidrógeno y oxígeno en la fibra de carbono:

$$FC = 2.978,59 \text{ kg} - (103,36 \text{ kg} - FC \times 0,0226) - (1.226,58 \text{ kg} - FC \times 0,0043)$$

Despejando:

$$FC = 1.694,23 \text{ kg} \rightarrow 1,69 \text{ tn/lote}$$

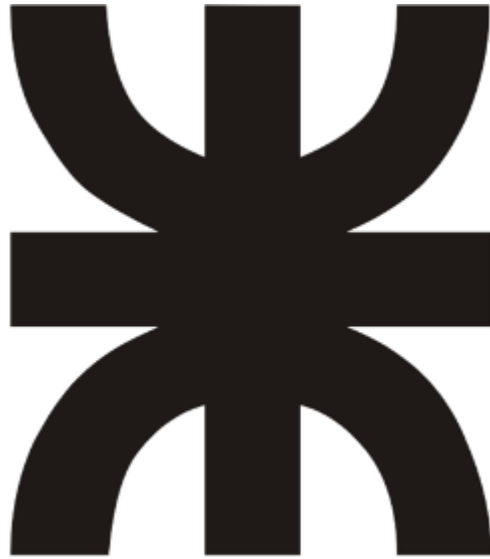
5-Planificación de la Producción

Día	Almacenamiento	Molienda y clasificación	Agitación básica	1° Filtración	Hidrólisis	2° Filtración	Secado	Almacenamiento intermedio	Extrusión, fusión e hilado	Oxidación	Carbonización	Almacenamiento final
L	L2, L3	L1	L1	L1	L1	L1	L1	L1	-	-	-	-
Ma	L3, L4	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L1, L2	-	-	-	-
Mi	L4, L5	L3	L3	L3	L3	L3	L3	L1, L2, L3	-	-	-	-
J	L5, L6	L4	L4	L4	L4	L4	L4	L4	L1, L2, L3	L1, L2, L3	-	-
V	L6, L7	L5	L5	L5	L5	L5	L5	L4, L5	-	L1, L2, L3	L1, L2, L3	L1, L2, L3
L	L7, L8	L6	L6	L6	L6	L6	L6	L4, L5, L6	-	-	-	-
Ma	L8, L9	L7	L7	L7	L7	L7	L7	L4, L5, L6, L7	-	-	-	-
Mi	L9, L10	L8	L8	L8	L8	L8	L8	L4, L5, L6, L7, L8	-	-	-	-
J	L10, L11	L9	L9	L9	L9	L9	L9	L9	L4, L5, L6, L7, L8	L4, L5, L6, L7, L8	L4, L5, L6, L7, L8	L4, L5, L6, L7, L8



V	L11, L12	L10	L10	L10	L10	L10	L10	L10	L9, L10		L4, L5, L6, L7, L8	L4, L5, L6, L7, L8	L4, L5, L6, L7, L8
---	----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---------	--	--------------------------	-----------------------	-----------------------

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**Producción de fibra de carbono a partir
de bagazo de cerveza**

Capítulo 8: Ingeniería Básica

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final - Plantel Docente

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos Prácticos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren

Contenido

1-Objetivo	3
2-Molino de discos	3
2.1- Diseño de los elementos estructurales y de molienda.....	3
2.2- Torque necesario para girar el disco motriz	8
2.3- Potencia del motor	9
3- Reactor de Agitación Básica	10
3.1- Resumen	10
3.2- Material de construcción	11
3.3- Diseño de la agitación: Agitador de turbina	12
3.4- Diseño a presión interna.....	15
3.5- Verificación por presión externa para las paredes.....	17
3.6- Verificación por presión externa para los cabezales	20
3.7- Diseño térmico	21
4- Intercambiador de calor.....	25
4.1- Elección del tipo de intercambiador de casco y tubos	26
4.2- Diseño preliminar	26
4.2.1- Diferencia de temperaturas media logarítmica (DTML) y su factor de corrección (Ft)	28
4.2.2- Aproximación del coeficiente total de transferencia (Uaprox) y del área de intercambio (Aaprox)	30
4.3- Verificación del diseño	31
4.3.1- Cálculos del lado tubos	31
4.3.2- Cálculos del lado coraza	34
4.3.3- Verificación de la temperatura de pared.....	41
4.3.4- Verificación del área de intercambio.....	43
5- Bibliografía	44

1-Objetivo

En el presente capítulo se presentará el diseño de los siguientes capítulos en función de los balances de materia y energía del capítulo anterior:

- Molino de discos
- Reactor de Agitación Básica
- Intercambiador de Calor

2-Molino de discos

2.1- Diseño de los elementos estructurales y de molienda

Se analizan los diferentes elementos que conforman al molino para obtener las variables esenciales de funcionamiento del mismo.

A la temperatura de trabajo (50, +/-5 °C) se tienen los siguientes datos para la materia prima:

		Valor	Unidad
Viscosidad cinemática	μ	1,507	Kg/m*s
Viscosidad dinámica	ν	2,5	cSt
Densidad de la mezcla	ρ	603	kg/m ³
Calor específico	Cp	3133,82	kJ/(kg*°C)

Tabla 1: Propiedades de la materia prima a la temperatura de trabajo

Para empezar el cálculo, se necesita saber la velocidad máxima a la que una gota de suspensión sale del disco, formando una parábola.

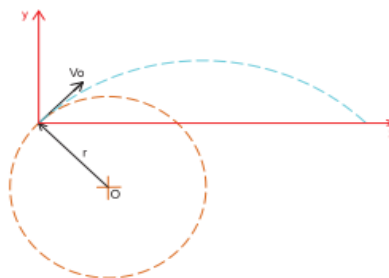


Figura 1: Velocidad máxima de la gota

$$V_{0x} = V_0 \cos \alpha$$

$$V_{0y} = V_0 \sin \alpha$$

Donde V_{0x} y V_{0y} son las velocidades iniciales de la gota en ambos ejes.

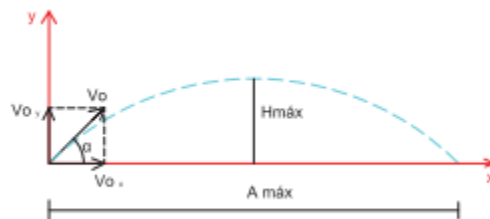


Figura 2: Descomposición de la velocidad máxima

$$\vec{V}_0 = V_{0x} \vec{i} + V_{0y} \vec{j}$$

$$\vec{V}_0 = V_0 \cos \alpha \vec{i} + V_0 \sin \alpha \vec{j}$$

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{g}t$$

Reemplazando:

$$\vec{V} = V_0 \cos \alpha \vec{i} + (V_0 \sin \alpha - gt) \vec{j}$$

$$\vec{r} = (V_0 \cos \alpha t) \vec{i} + \left(V_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} gt^2 \right) \vec{j}$$

La primera ecuación es la que rige el movimiento y la segunda la que rige la posición. La variable t es el tiempo en segundos.

Con la siguiente ecuación, se puede determinar la altura máxima que alcanza la gota al salir disparada:

$$h_{max} = V_0 \text{sen} \alpha t - \frac{1}{2} g t^2$$

Siendo el tiempo de subida:

$$t_s = \frac{V_0 \text{sen} \alpha}{g}$$

Y en el h_{max} la $v_y = 0$, de donde:

$$h_{max} = \frac{V_0^2 \text{sen}^2 \alpha}{2g}$$

El alcance máximo (A) es la distancia máxima que debe desplazarse la gota para que no abandone el recipiente.

$$A = r_x = \frac{V_0^2 \text{sen} 2\alpha}{g}$$

El alcance máximo, se obtiene cuando el ángulo de lanzamiento (α) es de 45 grados.

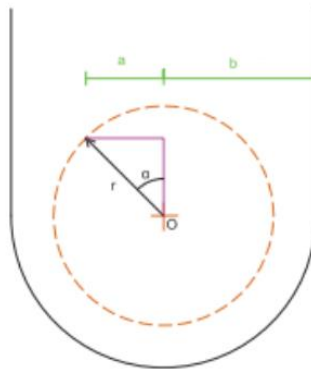


Figura 3: Ilustración de las variables de diseño

$$A = b + a$$

$$a = r * \text{sen} 45^\circ$$

Donde b es el radio del disco, que depende de la capacidad necesaria para el proceso. Para determinar esta variable, se cuenta con el siguiente gráfico obtenido de un catálogo. El mismo relaciona, para diferentes materiales a desintegrar, la capacidad del molino con el porcentaje de partículas menores a 1 mm obtenidas a la salida del mismo.

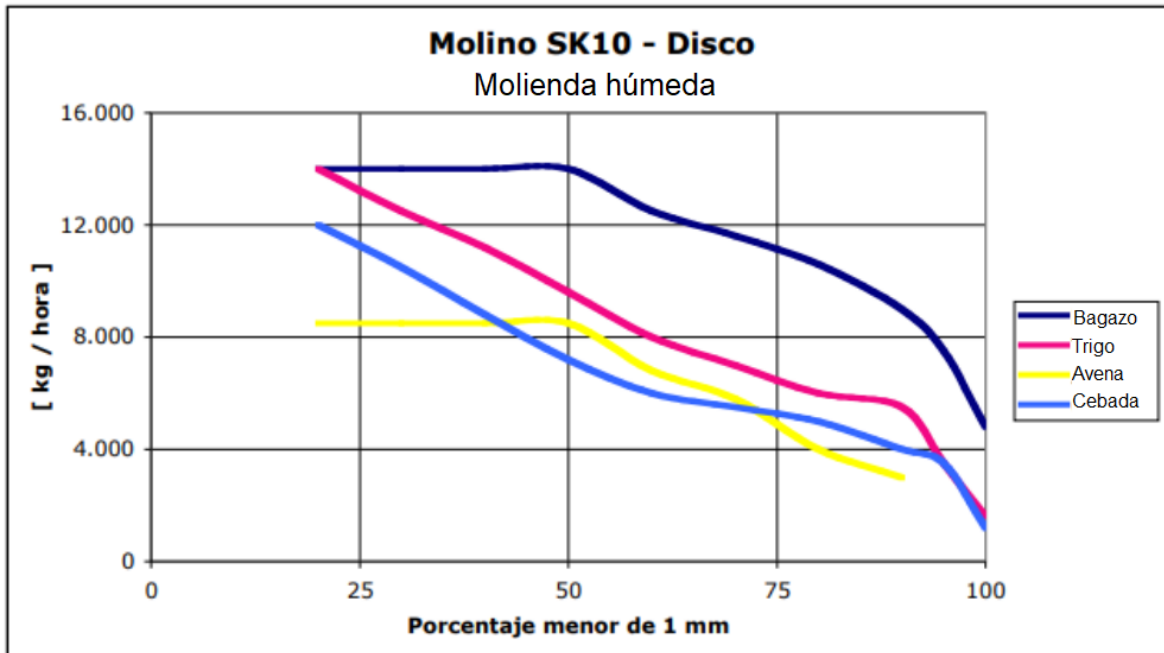


Figura 4: Capacidad del molino en función del porcentaje de partículas con diámetro menor a 1 mm a la salida.
Fuente: http://www.los-seibos.com/Molino_a_disco_files/MolinoDisco2.pdf

Como se tendrá un circuito cerrado, el tamaño de salida de partícula de controlará con un clasificador, por lo cual no se busca, prioritariamente, la eficiencia en el molino, sino la capacidad.

Se puede observar que, para el bagazo, un molino con una capacidad de 14000 kg/h puede mantener en su salida un porcentaje de partículas menores a 1 mm del 50%, siendo el tiempo de operación, para un lote completo, de 5 horas y media.

Por catálogo, el molino que presenta mejor performance para la molienda húmeda de bagazo de cerveza es el SK 10.

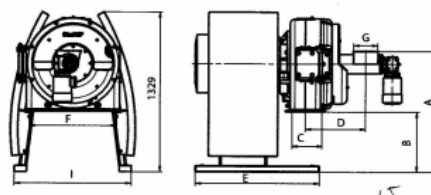


Figura 5: Diagrama del molino

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Mo- tor	Pe- so	Rui- do	Disc os
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	rpm	kg	dB	Di- ám.
SK2500 5,5 kW	629	227	87	60,5	215	392	100	300	410	123	2800	155	80	300
SK2500 7,5 kW	629	227	87	60,5	215	392	100	300	410	123	2800	161	80	300
SK5000 15 kW	884	325	101	58	400	582	150	482	482	130	2800	313	80	455
SK5000 22 kW	894	335	101	58	400	582	150	482	482	126	2800	368	80	455
SK10 55 kW	1005	500	198	492	900	760	200	715	950	31	2800	1400	80	550

Tabla 2: Dimensiones para los distintos modelos de molino

El diámetro de la carcasa de los discos corresponde a la dimensión F (760 mm), por lo cual, el valor de $b = 380$ mm.

El diámetro del disco será de 550 mm, siendo el radio de 275 mm, por lo cual $a = 234$ mm, de donde $A = 614$ mm = 61,4 cm = 0,614 m.

Reacomodando y reemplazando valores, se encuentra la velocidad de salida máxima de la gota V_0 , es decir, la velocidad máxima de giro del disco:

$$V_0 = \sqrt{\frac{A * g}{\text{sen}(2 \alpha)}} = \sqrt{\frac{0,614 * 9,81 \frac{m}{s^2}}{\text{sen}(90)}} = 2,60 \frac{m}{s}$$

$$h_{\max} = 0,222 \text{ m} = 22,2 \text{ cm}$$

A su vez, para el cálculo de la potencia es necesario tener el valor de velocidad angular:

$$\omega = \frac{V_0}{r}$$

$$\omega = 9,45 \text{ rad/s} = 1,50 \text{ rev/s} = 90 \text{ rpm}$$

2.2- Torque necesario para girar el disco motriz

Para saber la potencia que necesita el motor, es necesario calcular el torque que requiere el disco para girar, venciendo el esfuerzo cortante que ejerce la capa de materia prima entre los discos. Para este cálculo, se aproxima el disco a un elemento completamente cónico. Además, se considera que la capa de materia prima que se va a encontrar entre los discos es constante.

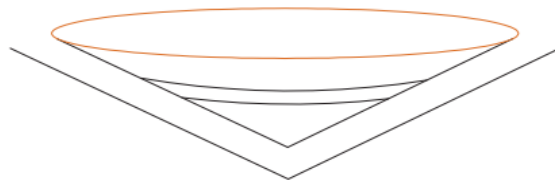


Figura 6: Aproximación de la geometría del disco

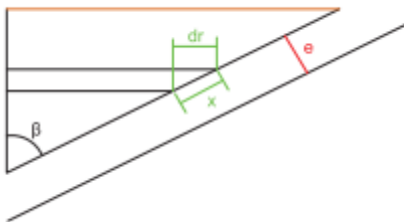


Figura 7: Datos para el cálculo del torque

$$T = \frac{\mu \pi^2 n R^4}{60 e \operatorname{sen} \beta}$$

Donde,

μ : Viscosidad

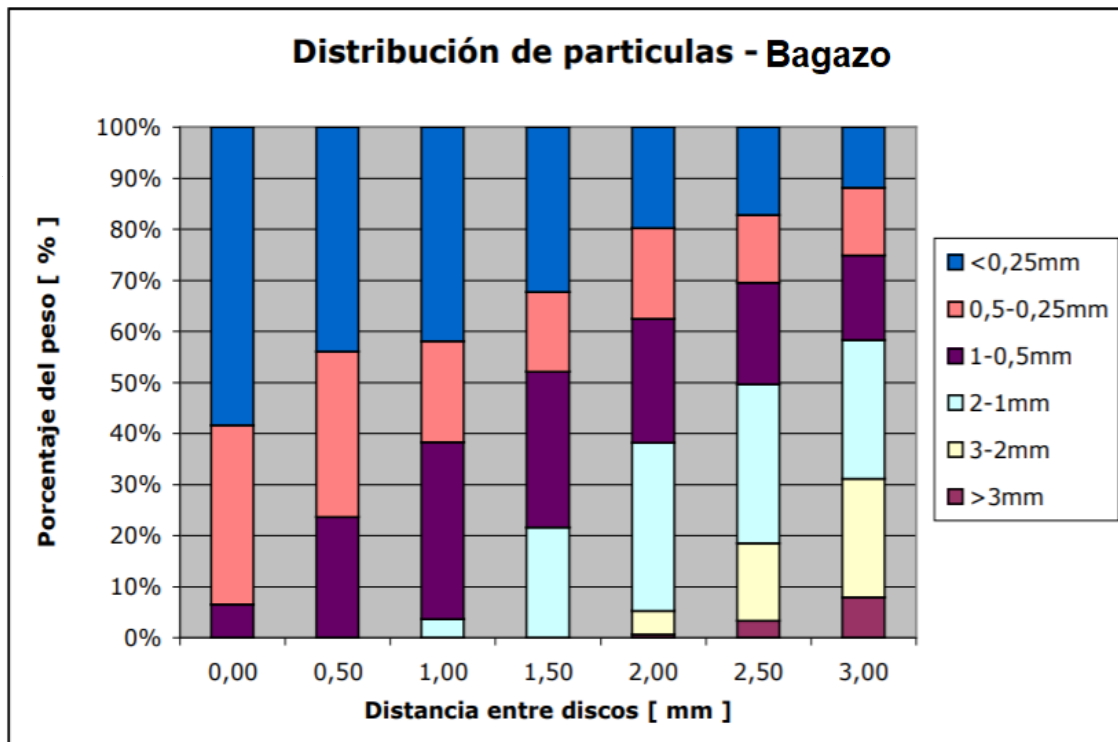
n: RPM

R: Radio del disco cónico

e: Espacio entre discos

β : Angulo de conicidad

Para determinar el espacio entre discos, se debe estudiar el comportamiento del molino en el siguiente gráfico.



Se puede ver que a mayor distancia entre discos, mayor el porcentaje de partículas más grandes a la salida del mismo. A la vez, una menor separación entre discos implicaría una mayor necesidad energética debido a la fricción.

Se decide utilizar una separación de 0,5 mm para evitar la aparición de partículas de 2-1 mm.

Si el ángulo de conicidad es de 88°, $T = 4,256 \text{ Nm}$.

2.3- Potencia del motor

La potencia requerida por el motor puede calcularse como:

$$P_{req} = T \cdot \omega = 6,384 \text{ W}$$

La potencia real del motor se calcula tomando en cuenta la eficiencia del mecanismo de transmisión del 80%.

$$P = P_{req}/\mu$$

$$P = 7,98 \text{ W} = 0,01 \text{ HP}$$

Se puede observar que la potencia necesaria para vencer la fricción es baja, por lo cual la adquisición de un motor adecuado no representará problemas.

3- Reactor de Agitación Básica

Este reactor, tanque agitado encamisado, recibe la materia prima proveniente de la etapa de la filtración posterior a la molienda.

Se pretende que este reactor también sea útil para la etapa de hidrólisis ácida, que a pesar de que no necesita un control de temperatura ni calentamiento, disminuirá el costo final total del proyecto sin dificultar el proceso productivo de la planta. El diseño del reactor, considerando las condiciones más críticas se hará para la etapa de agitación básica.

Dadas las características del medio de reacción durante la etapa de agitación básica, se ha calculado la potencia de agitación para la presencia de sólidos en suspensión.

3.1- Resumen

Se ha decidido que se contarán con 8 tanques, teniendo en cuenta el mayor volumen que se tendrá que procesar correspondiente a la etapa de agitación básica. El volumen total se tratará en dos etapas.

Corrientes de entrada	
Alimentación	76 Ton/día
Características	
Volumen total [m ³]	49,5
Diámetro interior [m]	3,4
Altura [m]	5,1

Tiempo de operación [h]	1,5
Temperatura de operación [°C]	120
Ciclos/día	2
Calentamiento	Camisa de Vapor a 2,24 kg/cm ²
Volumen ocupado	76%
Relación H/D	1,5

Tabla 3: Datos de las corrientes de entrada y características del tanque

3.2- Material de construcción

Las características del medio de reacción en ambos casos hacen que se considere principalmente que el material deberá ser resistente a álcalis, ácido diluido, y a altas temperaturas. Se consideraron las siguientes alternativas:

- Acero al carbono revestido con vidrio: Se descarta esta opción debido a que encarece notablemente los equipos y su mantenimiento.
- Acero al carbono revestido con epoxi: se debe tener en cuenta que la resina epoxi genera problemas con la transferencia de energía térmica, como también, generará problemas de mantenimiento debido a las altas temperaturas del proceso.
- Acero Hastelloy[®]c-276: Resulta ser la mejor opción debido a que es compatible con las condiciones de proceso, es de fácil inspección, y resiste temperaturas de hasta 538°C en condiciones corrosivas.

Para el material de construcción elegido, la aleación Hastelloy C-276, se pueden utilizar todos los métodos comunes de soldadura, aunque no se recomiendan los procesos de oxiacetileno y arco sumergido cuando el artículo fabricado se usa en el servicio de corrosión. Esto será un punto a tener en cuenta para su construcción.

Las características relevantes para el diseño son las siguientes, todas obtenidas de catálogo para este tipo de material:

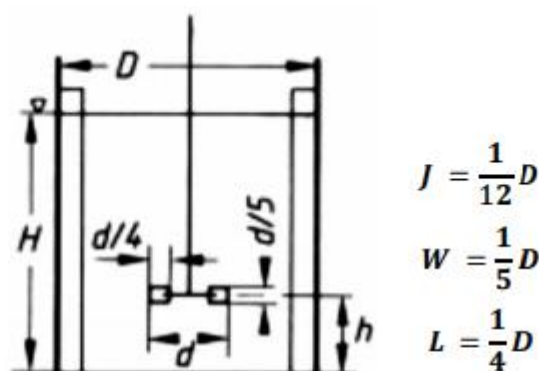
Propiedades	Valor	Unidad
-------------	-------	--------

Calor Específico	427	J/ (K* kg)
Densidad	8,94	g /cm ³
S- Tensión máxima admisible del material (hojas)	3839	kg/ cm ²
Módulo de Elasticidad	170-220	GPa

Tabla 4: Características relevantes para el diseño

3.3- Diseño de la agitación: Agitador de turbina

Se utilizará un agitador de turbina, el cual ocupará el 30% del diámetro del tanque, plano abierto de seis aspas. Las hojas serán inclinadas a 45°, las cuales imparten una combinación de flujos axial y radial. Este tipo de agitador es útil para sólidos en suspensión ya que las corrientes fluyen hacia abajo y luego levantan los sólidos depositados, como también este tipo de agitación es útil para amplia diversidad de viscosidades. Para este tipo de agitación se calculan las dimensiones a partir de las siguientes relaciones:



Turbine
 $D/d=3.33$
 $h/d=1.00$
 6 paddles

Figura 8: Dimensiones simétricas para un agitador de turbina de 6 aspas. Fuente: ULLMANN'S, Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley – VCH, séptima edición, Weinheim, 2010, Capítulo de agitación, p.9, Figura 8.



Figura 9: Agitador de turbina de 6 aspas

Dimensiones	Valor	Unidad
Diámetro de tanque	3,4	m
Volumen del cabezal inferior	3,15	m ³
Altura de tanque ocupada (Altura del líquido)	3,89	m
Altura total	5,11	
Diámetro del agitador	1,13	m
Tamaño del bafle	0,28	m
Distancia del agitador del fondo del tanque	1,13	m
Altura de las paletas	0,68	m
Longitud de las paletas	0,85	m

Tabla 5: Dimensiones del agitador

Para el cálculo de la potencia necesaria se prevén los siguientes cálculos:

$$P = N_p \cdot n^3 \cdot D^5 \cdot \rho$$

Siendo las siguientes:

		Valor	Unidad
Número de potencia	Np	6,2	-
Velocidad de giro del agitador	n	55,8	rps
Densidad de la mezcla	ρ	1,02	kg/m ³
Diámetro del agitador	D	1,13	m

Tabla 6: Variables para el cálculo de la potencia

Para el cálculo de la velocidad de giro del agitador se considera que la velocidad de giro es igual a la velocidad de giro crítica (como condición límite), y el mismo se hace a través de la correlación de Zwietering:

$$nc = S \times v^{0,1} * Dp^{0,2} * \left(g \times \frac{\Delta\rho}{\rho m} \right)^{0,45} * \frac{B^{0,13}}{Da^{0,85}} * \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}}$$

Se determinan los parámetros correspondientes.

		Valor	Unidad
Factor de forma (para turbina de 6 palas – Fuente: McCabe, 2001)	S	7,5	-
Viscosidad cinemática	v	0,294*10 ⁻⁶	m ² /s
Densidad de la mezcla	ρ_m	1,02	kg/dm ³
Tamaño medio de la partícula sólida	Dp	5 . 10 ⁻⁶	m
Densidad de la partícula*	ρ_p	0,32	kg/dm ³
Diferencia de densidad entre la mezcla y la partícula	Δρ	0,7	kg/dm ³
(Peso del sólido / peso del líquido) * 100	B	1,57	
Aceleración de la gravedad	g	9,8	m/seg ²
Diámetro del agitador	D	1,13	m

Tabla 7: Parámetros de la correlación de Zwietering

Se tomó como dato la densidad aparente del bagazo de cerveza húmedo pelletizado.
 (Fuente: INTA)

Por lo tanto, se determina el valor de la velocidad crítica de agitación:

Velocidad crítica del agitador	nc	56	rpm
--------------------------------	-----------	----	-----

Para luego determinar la potencia requerida:

Potencia consumida	P	9,45	kW
--------------------	----------	------	----

Comparando con los siguientes valores teóricos, se puede apreciar que la potencia requerida está dentro de los valores esperados:

$$P_{requerida} = \frac{P}{Volumen\ a\ procesar} = 0,25 \frac{kW}{m^3}$$

Agitation	Applications	Power, kW/m ³
Mild	Blending, mixing	0.04–0.10
	Homogeneous reactions	0.01–0.03
Medium	Heat transfer	0.03–1.0
	Liquid-liquid mixing	1.0–1.5
Severe	Slurry suspension	1.5–2.0
	Gas absorption,	1.5–2.0
	Emulsions	1.5–2.0
Violent	Fine slurry suspension	>2.0

Tabla 8: Requerimientos de potencia en tanques agitados

3.4- Diseño a presión interna

Debido a que el tanque estará sometido a la presión de operación normal (presión hidrostática de la columna de líquido sumado a la presión atmosférica) como también a presión externa proveniente del encamisado, se calculará el espesor requerido para ser sometido a presión interna y luego se verificará a presión externa.

Por lo tanto, se procede en primer lugar al cálculo de presión interna, siendo la presión de operación igual a la atmosférica.

		Valor	Unidad
Presión hidrostática	$P_{\text{hidrostática}} = \rho * g * h_{\text{liq}}$	0,5	kg/cm ²
Presión de trabajo (atm+ hidrostática)	$P_{\text{trabajo}} = P_{\text{operación}} + P_{\text{hidrostática}}$	1,53	kg/cm ²
Presión de diseño	$P_{\text{diseño}} = P_{\text{trabajo}} * 1,2$	1,84	kg/cm ²

Tabla 9: Cálculo de presión interna

Luego, se realiza el cálculo de los espesores, conforme a las normas del código ASME.

El espesor del cuerpo cilíndrico se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$t = \frac{P \times R}{S \times E - 0,6 \times P} + C$$

		Valor	Unidad
Presión de diseño	$P_{\text{diseño}}$	1,8372	kg/cm ²
Radio del cilindro	R	1,7	m
Tensión máxima admisible del material	S	3839	kg/ cm ²
Eficiencia de soldadura o juntas	E	0,9	-
Sobreespesor por corrosión	C	1,5	mm

Tabla 10: Variables para el cálculo del espesor del cuerpo cilíndrico

Por lo tanto:

		Valor	Unidad
Espesor de la envolvente	$t_{\text{envolvente}}$	1,5905	mm

Teniendo en cuenta un espesor normalizado de chapa, se toma como espesor final: 1/8 (3,2 mm)”. ”.

Para el cálculo del espesor de los cabezales toriesféricos, teniendo en cuenta que el cabezal inferior deberá soportar la presión de la columna de líquido, y que el superior no estará expuesto a esta presión, pero si a la presión generada por los vapores que puedan generar debido a la evaporación de líquido, se decide que ambos cabezales tengan el mismo espesor. Asimismo, esto complejizará menos su construcción. A continuación, la ecuación para el cálculo del espesor para cabezales toriesféricos.

$$t = \frac{0,885 * P * L}{S * E - 0,1 * P} + C1$$

		Valor	Unidad
Presión de diseño	$P_{\text{diseño}}$	1,84	kg/ cm ²
Diámetro interno del tanque	L	3,4	m
Tensión máxima admisible del material	S	3839	kg/ cm ²
Eficiencia de soldadura o juntas	E	0,9	
Sobreespesor por corrosión	C	1,5	mm

Tabla 11: Variables para el cálculo del espesor de los cabezales toriesféricos

Por lo tanto:

		Valor	Unidad
Espesor de los cabezales	$t_{\text{cabezales}}$	3,100	mm

Entonces, el espesor normalizado que se toma para los cabezales es de 1/8 (3,2 mm)”.

3.5- Verificación por presión externa para las paredes

A continuación, se realiza el esquema de cálculo para la verificación a Presión Externa para la envolvente:

$$D_0 = D_i + 2 * t_{\text{envolvente}} = 3,40335 \text{ m}$$

Dado que los cabezales actúan como refuerzos naturales:

$$H_{\text{cabezales}} = \frac{D_0}{4} = 0,8508375 \text{ m}$$



Inicialmente se hace la verificación sin refuerzos, y en caso de no verificar se adicionan refuerzos:

$$L^0 = H_T + 2 * \frac{1}{3} * H_{cabezales} = 5,66725 \text{ m}$$

Con los siguientes valores se obtiene gráficamente A, siendo t'_s el espesor corroído:

$$\frac{L}{D_0} = 1,66$$

$$\frac{D_0}{t'_s} = 2039,52$$

$$A = 0,00006 = 6 * 10^{-5}$$

Dado que el valor de A cae a la izquierda de las líneas de temperaturas, la presión admisible se determinará por la siguiente fórmula, siendo E, el módulo de Young o de elasticidad (se toma la peor condición, el valor inferior del rango obtenido por catálogo):

$$P_{admisible} = \frac{2 * A * E}{3 * (D_0/t'_s)}$$

El resultado de la Presión máxima admisible obtenida por este método es de 0,129 kg/ cm², insuficiente para el requerimiento de la camisa.

Por lo tanto, se procede a hacer el cálculo considerando refuerzos:

$$L^x = \frac{L^0}{nro \text{ de refuerzos} + 1}$$

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Primera Aproximación - Adición de 1 refuerzo - t ¼"			
		Valor	Unidad
E min	Modulo de Young, mínimo	170	Gpa
E min	Modulo de Young, mínimo	1734000	kg/cm2
Dint		3,4	m

t normalizado	Espesor normalizado	0,25	pulg
t's	espesor corroido	0,00485	m
H cab		0,853175	m
Do	D exterior	3,4127	m
H total	Altura total	5,10	m
L		5,66878333	
L/do		1,66108458	
Do/t's		703,649485	
A	Factor A	0,00005	
P adm	Presión Máx. Admisible	0,08214317	kg/cm2

Tabla 12: Resultados de las aproximaciones para las paredes

Se verificó adicionando mayor cantidad de refuerzos, pero en ningún caso verificaba, Por lo tanto, se determina aumentar el espesor de pared a 3/4" con dos refuerzos, con lo cual se obtiene una presión máxima admisible superior a la presión externa de operación.

6° Aproximación - Aumento a espesor 3/4" y 2 refuerzos			
		Valor	Unidad
E min	Modulo de Young, mínimo	170	Gpa
E min	Modulo de Young, mínimo	1734000	kg/cm2
Dint		3,4	m
t normalizado		0,75	pulg

t's	espesor corroído	0,01755	m
H cab		0,859525	m
Do	D exterior	3,4381	m
H total	Altura total	5,10	m
Lo	L sin refuerzos	5,67301667	
L2	L con 2 refuerzos	1,89100556	
L/do		0,5500147	
Do/t's		195,903134	
A		0,0006	
T	Temperatura	248	°F
B		8000	psi
P adm		54,448678	psi
P adm		3,82774207	kg/cm2

Tabla 13: Resultados de las aproximaciones para las paredes

3.6- Verificación por presión externa para los cabezales

Del espesor calculado por presión interna, se toma el espesor corroído, y se procede a determinar el valor del factor A mediante la siguiente fórmula:

$$A = \frac{0,125}{(R_0/t'_s)}$$

Siendo:

$$R_0 = D_0 * k_1, \text{ para cabezales toriesféricos } k_1=1$$

$$D_0 = D_i + 2 * t_{\text{envolvente}}$$

$$A = 33,71$$

Teniendo el valor de A y la temperatura de diseño, se obtiene gráficamente el valor del factor B, del gráfico correspondiente. Luego se determina la Presión admisible mediante la fórmula:

$$P_{admisible} = \frac{B}{(R_0/t'_s)}$$

Cabezal - Espesor 3/4"		
t's	0,01755	m
Do	3,4351	m
A	0,000639	-
B	7100	psi
P adm	36,27405	psi
P adm	2,550066	kg/cm ²

Tabla 14: Resultado de la primera aproximación para los cabezales

Por lo tanto, se determina que los cabezales verifican para un espesor de 3/4".

3.7- Diseño térmico

Para calcular el coeficiente convectivo interno, se utiliza la siguiente la correlación de Chilton, Drew y Jebens (Geankoplis, 1999), desarrollada para recipientes encamisados con agitación mecánica:

$$\frac{hi \cdot D}{k} = 0,36 * \left(\frac{d^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{Cp \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \quad \text{para } N < 200 \text{ rpm}$$

		Valor	Unidad
Diámetro interior del tanque	D	3,4	m
Conductividad térmica ¹	k	0,234	kcal/m ³ h ² °C
Calor específico de la solución	Cp	15,76	kcal/kg · K
Viscosidad de la solución ¹	μ	0,0010152	kg/(m ³ h)

Velocidad crítica del agitador	nc	3348	rph
Densidad de la mezcla	ρ_m	1020	kg/m ³
Diámetro del agitador	D	1,13	m

Se obtienen estos datos del agua a 100°C.

Para la relación de viscosidades, se desconoce la viscosidad de la pared, por lo que se asume que será igual a la viscosidad a la temperatura de trabajo y que la relación es igual a 1.

$$h_i = 270,42 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 * \text{K} * \text{h}}$$

En primer lugar, se calcula la masa de vapor requerida para el calentamiento. En resumen, estos son los calores requeridos para cada tanque por ciclo, calculados en el capítulo anterior de Balances de Materia y Energía.

		Valor	Unidad
Calor de reacción	Q_r	109,79	<i>kJ</i>
Calor de neutralización	Q_n	-91,16	kJ
Calor a ceder por el vapor	$Q_{aportado}$	10,74	GJ

Tabla 15: Calores requeridos por ciclo en cada tanque

Dado que durante la agitación básica el primer paso es la neutralización, y luego el calentamiento de la mezcla hasta 120°C, se calcula el calor real a aportar por la masa de vapor durante esta primera etapa. Teniendo en cuenta que se utilizará vapor a 2,2 bar (2,24 kg/cm²), se procede a calcular la masa de vapor necesaria, como también las dimensiones de la camisa. Se toma en cuenta un exceso de un 25% en el calor requerido, para contrarrestar las pérdidas calóricas:

$$Q_{a \text{ aportado por el vapor}} = (Q_n - Q_{aportado}) * 1,25$$

También se calcula la cantidad de vapor requerida por la reacción:

$$Q_{r \text{ total}} = Q_r * 1,25$$

Por lo tanto:

		Valor	Unidad
Calor a ceder por el vapor (5% exceso)	Q_a aportado por el vapor	11278681,72	kJ
Calor total requerido por la reacción	Q_r total	1,37,24	kJ
Entalpia vapor saturado ¹	h_{vapor}	2770,35	kJ/kg
Entalpia liquido saturado ¹	h_{liq}	709,3	kJ/kg
Calor cedido por el vapor saturado	Δh	2061,05	kJ/kg
Masa vapor fase calentamiento	$m_{vapor 1}$	5472,3	kg
Masa vapor fase reacción	$m_{vapor 2}$	0,67	kg
Caudal de vapor	V	0,67	m ³ /seg
Tiempo de calentamiento	t_c	35	min
Volumen especifico del vapor ¹	v'_{vapor}	0,001064	m ³ /kg
Velocidad del vapor ²		90	m/seg
Diámetro interior de camisa	D_i camisa	3,45	m
Diámetro exterior tanque	D_o	3,435 ¹	m
H operativa (90% H total del líquido)	$H_{operativa}$	3,4983	m
Espesor anular de camisa requerido ³		6,37	cm

Tabla 16: Diseño térmico

Consideraciones:

¹ Datos obtenidos de Tabla de propiedades termodinámicas del agua

² Dato obtenido del código ASME: Velocidad mínima recomendada para fluidos en cañerías para vapor saturado a 2 kg/cm²

³ Se considera un espesor de película de condensado de 5 cm como peor condición.

Con estos datos, se calcula el coeficiente de transferencia del lado de la camisa. Se opta por utilizar una correlación empírica que se basa en la película condensada en tubos verticales. Esta correlación utiliza las propiedades del líquido condensado para

predecir el coeficiente de transferencia. Se podrá usar la ecuación si el Reynolds para película condensada está entre los valores de 2100 y 100000.

En primer lugar, se calcula el número adimensional de Re:

$$Re_{pelicula} = 4 \times \frac{\Gamma}{viscosidad}$$

	Valor	Unidad
Tasa de carga máxima	Γ	Kg/(m*h)
Viscosidad del condensado	0,0010152	kg/(m*h)

Tabla 17: Variables para el cálculo del Reynolds de película

Se define tasa de carga como el flujo de masa del condensado por longitud de perímetro del tanque.

$$Re_{pelicula} = 79334,19$$

Dado que el valor se encuentra dentro del rango 2100- 100.000, se define el coeficiente de transferencia de la camisa:

$$h_{camisa} \times \left(\frac{\mu_j^2}{k_j^3 \times \rho^2 \times g} \right)^{1/3} = 0,0076 \times Nre^{0,4}$$

$$h_{camisa} = 10,78 \frac{kW}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Con estos datos, se procede a calcular el coeficiente global de transferencia:

$$Rt = \frac{1}{U} = \frac{1}{h_{camisa}} + \frac{1}{hi} + \frac{e_{pared\ tanque}}{k_{pared\ tanque}} + \frac{e_{aislante}}{k_{aislante}} + \frac{e_{pared\ externa}}{k_{pared\ externa}} f_{ensuciamiento}$$

Espesor pared tanque	$e_{pared\ tanque}$	0,01905	m
h_i		270,415616	m
Coefficiente de conductividad térmico del acero	k acero	54	W / m °C
Espesor del encamisado	$e_{encamisado}$	0,00635	m
Coefficiente de conductividad térmico del Hastalloy	k Hastalloy	47	W / m °C
Coefficiente de conductividad térmico de los flejes	K flejes de chapa externos	45	W / m °C
Coefficiente de conductividad térmico del aislante	k aislante	55,5	W / m °C
Espesor de aislante	$e_{aislante}$	0,09	m
Espesor de flejes de chapa externos	$e_{flejes\ de\ chapa\ externos}$	0,02	m

Tabla 18: Datos para el cálculo del coeficiente global de transferencia

Se tiene en cuenta, para el espesor de pared de la camisa de 1/4” de acero inoxidable y un factor de ensuciamiento de 0,0002 m²* K/W:

$$Rt = 10,09 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

4- Intercambiador de calor

La decisión de colocar un sistema de intercambio de calor entre la agitación básica y la filtración, se basa en la diferencia entre la temperatura de operación de ambas etapas. Mientras que en la agitación básica se necesita mantener una temperatura de 120 °C, en la filtración, una temperatura de operación aceptable es de 80 °C.

Las opciones disponibles para realizar este intercambio son:

- Aeroenfriador: no resultaría conveniente ya que se deben tratar grandes volúmenes de fluido de proceso bajo techo.
- Intercambiador de calor de placas y juntas: las juntas de caucho serían un problema ya que el fluido de proceso es corrosivo y está a alta temperatura.
- Intercambiador de cascos y tubos: todos los elementos que lo conforman pueden realizarse de materiales aptos. Se elige esta alternativa.

4.1- Elección del tipo de intercambiador de casco y tubos

Las normas T.E.M.A. definen tres clases de intercambiadores:

- Clase R: Para los requerimientos generalmente severos, de la industria petrolera y otras aplicaciones de proceso asociadas a la misma.
- Clase C: Para aplicaciones comerciales y de procesos de propósito general
- Clase B: Para la industria química de procesos.

Se elige diseñar un intercambiador de calor de clase B, ya que las condiciones del proceso no son muy exigentes como para justificar la construcción de un intercambiador clase C o clase R.

El intercambiador será de placa de tubos fija, con cabezal tipo L, por los siguientes motivos:

- Es el segundo tipo de intercambiador menos costoso.
- Cuenta con una junta de dilatación en carcasa para lograr la expansión diferencial.
- Si bien no cuenta con haz extraíble, los tubos son individualmente reemplazables. Además se pueden limpiar por dentro de forma mecánica o química y, por fuera, de forma química.
- No hay limitaciones para el número de pasos en los tubos.
- Eliminación de juntas internas.

El fluido de proceso pasará por dentro de los tubos ya que, los mismos, son más fáciles de limpiar por dentro. El refrigerante que se utilizará es agua.

Se define un arreglo triangular para lograr mayores coeficientes de transferencia.

4.2- Diseño preliminar

Se necesitan enfriar 626,58 toneladas de fluido de proceso, correspondiente a un lote contenido en 8 tanques, llenados y vaciados en dos ciclos para completar la totalidad del lote. Al ser una cantidad muy grande de fluido a enfriar, se decide colocar dos intercambiadores (IC) a la salida de cada tanque, para que el tiempo de operación sea acorde a lo planificado.

Una vez determinadas estas cuestiones, se realiza el cálculo de la cantidad de fluido a enfriar por cada ciclo de agitación básica.

$$\frac{\text{Fluido a enfriar}}{\text{ciclo}} = 626,58 \frac{\text{tn}}{\text{lote}} \times 8 \text{ tk} \times \frac{\text{tk}}{2 \text{ ciclos}} = 39,16 \text{ tn/ciclo}$$

$$\frac{\text{Fluido a enfriar}}{\text{IC}} = 39,16 \frac{\text{tn}}{\text{ciclo}} \times \frac{\text{ciclo}}{2 \text{ IC}} = 19,58 \text{ tn/IC}$$

Para poder alcanzar un tiempo de operación razonable, se establece que el caudal de vaciado de cada tanque sea de 20 kg/s, siendo, entonces, el caudal fluido de proceso que pasa por cada intercambiador de 10 kg/s. Con este dato, se puede calcular el tiempo de la operación de intercambio de calor (IC).

$$\text{Tiempo de operación}_{\text{IC}} = \frac{\text{s}}{10 \text{ kg}} \times 19.581 \frac{\text{kg}}{\text{ciclo}} = 1.958 \frac{\text{s}}{\text{ciclo}} = 33 \text{ minutos}$$

Luego, se necesita determinar el caudal de refrigerante (R), que va a estar sujeto a la energía térmica que se necesita extraer del fluido de proceso (FP), es decir, la ecuación calorimétrica.

$$m_{FP} C_{pFP} \Delta T_{FP} = m_R C_{pR} \Delta T_R$$

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Referencia
Caudal del fluido de proceso	m_{FP}	10	kg/s	-
Calor específico del fluido de proceso	C_{pFP}	3,77	kJ/kg K	1
Temperatura de entrada del fluido de proceso	T_1	120	°C	2
Temperatura de salida del fluido de proceso	T_2	80	°C	3
Caudal de refrigerante	m_R	Incógnita	-	-
Calor específico del refrigerante	C_{pR}	4,19	kJ/kg K	-
Temperatura de salida del refrigerante	t_2	50	°C	4
Temperatura de entrada del refrigerante	t_1	20	°C	5

Tabla 19: Variables del balance de energía

Referencias

1. Se considera el calor específico similar al del mosto de la cerveza verde.
2. Temperatura de operación de la agitación básica.
3. Temperatura de operación de la filtración.
4. Esta temperatura fue seleccionada teniendo en cuenta que el agua que sale del intercambiador puede ser utilizada para la caldera, siendo esta etapa un precalentamiento de la misma.
5. Temperatura ambiente.

Despejando la incógnita, se obtiene que el valor del caudal de refrigerante.

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Caudal de refrigerante	m_R	12,01	kg/s	-

Luego, se obtiene el valor del calor que se intercambia en cada equipo.

$$Q = m_{FP} C p_{FP} \Delta T_{FP} = m_R C p_R \Delta T_R$$

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Calor	Q	1.508	kJ/s	-

Para realizar el diseño, se deben determinar ciertas variables mecánicas necesarias para realizar los cálculos.

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Referencia
Diámetro externo	Do	1	"	1
Diámetro interno	Di	0,75	"	2
Velocidad por tubos	v	2	m/s	3
Espaciado entre tubos	Pitch	1,25	"	4

Tabla 20: Variables mecánicas necesarias para el diseño

Referencias

1. El diámetro externo de los tubos de un IC suele variar entre $\frac{3}{4}$ " y $1 \frac{1}{2}$ ". Un menor diámetro dificultaría la limpieza y un mayor diámetro resultaría en una relación poco eficiente de área de intercambio/área de flujo.
2. BWG 10. Fuente: Cao, E. *Transferencia de calor en ingeniería de procesos*, Cuarta edición, Apéndice 8.
3. La velocidad permitida en tubos se encuentra en un rango de 1 m/s a 5 m/s.
4. Se decide utilizar el espaciado mínimo recomendado (Pitch = 1,25.Do), puesto que permite obtener el menor diámetro de carcasa para un número dado de tubos.

4.2.1- Diferencia de temperaturas media logarítmica (DTML) y su factor de corrección (Ft)

Si el intercambio de calor fuera en un equipo de doble tubo, la evolución de las temperaturas de las corrientes sería similar a la observada en la Figura 1.

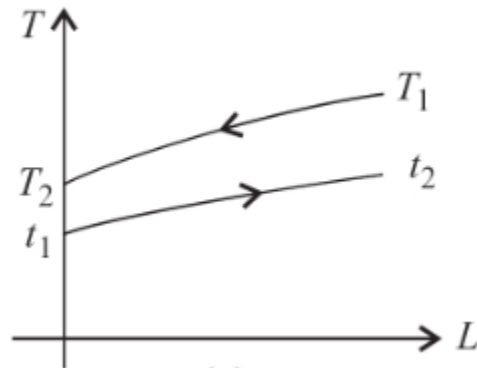


Figura 10: Variación de la temperatura de las corrientes en función de la longitud del doble tubo

$$DTML = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{\ln \frac{(T_1 - t_1)}{(T_2 - t_2)}} = 64,87 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para obtener la DTML de cualquier otra configuración de intercambio, se debe calcular el Ft que, a la vez, sirve de criterio para seleccionar la configuración, dado a que fija un límite máximo al intercambio de calor entre las dos corrientes para la misma.

Si bien cualquier IC con Ft > 0 puede, teóricamente, funcionar, para valores menores a 0,7, con una pequeña modificación de los parámetros, el Ft disminuye drásticamente, por lo que se buscará trabajar con Ft > 0,75.

$$Ft = \frac{\sqrt{R^2 + 1}}{R - 1} \frac{\ln [(1 - Px)/(1 - R \cdot Px)]}{\ln \left[\frac{\left(\frac{2}{Px} \right) - 1 - R + \sqrt{R^2 + 1}}{\left(\frac{2}{Px} \right) - 1 - R - \sqrt{R^2 + 1}} \right]}$$

Donde

$$Px = \frac{1 - \left[\frac{R \cdot S - 1}{S - 1} \right]^{1/Ns}}{R - \left[\frac{R \cdot S - 1}{S - 1} \right]^{1/Ns}}$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Referencia
Número de pasos en carcasa	Ns	2	-	-

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Razón de capacidad térmica	R	1,33	-	-
Efectividad del lado frío	S	0,30	-	-
Función de relación	Px	0,18	-	-
Factor de corrección	Ft	0,99	-	-

Tabla 21: Cálculo del Ft

4.2.2- Aproximación del coeficiente total de transferencia (Uaprox) y del área de intercambio (Aaprox)

Para terminar de dimensionar de forma aproximada al equipo, se calcula un área de transferencia aproximada, seleccionando un coeficiente total de transferencia aproximado en función de los fluidos que intercambian calor.

$$A_{aprox} = \frac{Q}{Ft \cdot DTML \cdot U_{aprox}}$$

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Referencia
Coficiente total de transferencia aproximado	U_{aprox}	60	W/m^2K	1

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Área de transferencia aproximada	A_{aprox}	392,14	m^2	-

Referencias

1. Fuente: Kern, D. *Procesos de transferencia de calor*, Primera edición, Tabla 8.

Finalmente, se estima un tamaño de IC que sea proporcionado y que cuya área de intercambio se aproxime al área calculada.

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Número de tubos	N	688	-	-
Largo de tubos	L	7	m	-

Tabla 22: Dimensiones del diseño propuesto

4.3- Verificación del diseño

Conociendo los caudales y las secciones de flujo, se pueden calcular los números de Reynolds para tubo y ánulo. Con dichos valores, se obtienen los coeficientes peliculares por medio de las correlaciones que se verán a continuación.

Las propiedades físicas de los fluidos son obtenidas a la temperatura media entre la entrada y la salida.

El valor de la viscosidad a la temperatura de pared no puede calcularse desde el principio, puesto que es un valor desconocido. Lo que se hace, por lo tanto, es suponer que los factores de corrección $\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-0,14}$ son unitarios. Con esta simplificación, se obtienen factores provisorios para los coeficientes h_o (coraza) y h_i (tubos). Se plantea, entonces, la ecuación de transferencia de calor por convección para cada lado de la pared, es decir:

$$h_i(T-T_w) = h_o(T_w-t)$$

Luego, se despeja T_w y se calculan los factores de corrección. Si son significativos, se ajustan los valores de los coeficientes peliculares.

4.3.1- Cálculos del lado tubos

Coefficiente pelicular

El cálculo de este coeficiente, se hace a través del número adimensional Nusselt.

$$Nu = \frac{h_i D_i}{k}$$

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Referencia
Coefficiente pelicular del lado tubos	h_i	Incógnita	-	-
Conductividad del fluido de proceso	k	0,58	W/m.K	1

Tabla 23: Variables para el cálculo del Nusselt

Referencias

1. Fuente: Cao, E. *Transferencia de calor en ingeniería de procesos*, Cuarta edición, Apéndice 9.

Para obtener el Nusselt, se plantea una correlación en función del Reynolds y del Prandtl, que variará en función del régimen de flujo obtenido. Por lo tanto, se procede a calcular el Reynolds.

$$Re = \frac{\rho v D_i}{\mu_{FP}}$$

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Referencia
Densidad del fluido de proceso	ρ_{FP}	1	kg/l	1
Viscosidad dinámica del fluido de proceso	ν_{FP}	0,355	g/m.s	2

Tabla 24: Variables para el cálculo del Reynolds

Referencias

1. En el capítulo de Balances de Materia y Energía, se determinó que la solución final correspondiente a la agitación básica tiene una concentración de 0,036 M. Se calcula la concentración porcentual.

$$\% \frac{P}{V} = 0,036 \frac{\text{mol}}{l} \frac{l}{1000 \text{ ml}} \frac{39,997 \text{ g}}{\text{mol}} 100 = 0,14\%$$

La temperatura se estima en unos 40 °C, que es el promedio entre la temperatura de entrada (120 °C) y la temperatura de salida (80 °C).

Para una solución de NaOH al 1%, a 40 °C, la densidad es de 1,003 g/ml, por lo cual estimamos que nuestro fluido de proceso, al tener una concentración de NaOH del 0,14%, tendrá una densidad similar a la del agua a dicha temperatura.

Fuente: Perry, R. *Manual del Ingeniero Químico*, Sexta edición, Tomo I, Sección 3, Tabla III.

2. Fuente: Cao, E. *Transferencia de calor en ingeniería de procesos*, Cuarta edición, Apéndice 9.

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Reynolds	Re	106.721,13	-	-

El régimen es turbulento ($Re > 10.000$), por lo cual, la correlación adecuada es la siguiente.

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,33} \left(\frac{\mu_{FP}}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

Siendo el número de Prandtl:

$$Pr = \frac{C_{p_{FP}} \mu_{FP}}{k}$$

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Prandlt	Pr	2,31	-	-
Nusselt	Nu	319,39	-	-
Coficiente pelicular del lado tubos	h_i	9.749,77	W/m^2K	-
Coficiente pelicular del lado tubos referenciado al diámetro externo	h_{io}	7.293,14	W/m^2K	1

Tabla 25: Cálculo del coeficiente pelicular del lado tubos

Referencias

- $h_{io} = h_i \frac{D_i}{D_o}$

Pérdida de carga

La caída de presión para el fluido que circula por los tubos del IC, puede considerarse como la suma del efecto de la pérdida de carga en los tubos y de la pérdida de carga producida por los cambios de dirección en los cabezales.

a) Pérdida de carga en tubos: se calcula a partir de la ecuación de Fanning.

$$\Delta P_t = 4 \cdot f \cdot n \frac{L}{D_i} \frac{v^2}{2\rho} \left(\frac{\mu_{FP}}{\mu_w} \right)^a$$

El factor de fricción para la zona de flujo turbulento puede calcularse a partir de la ecuación de Drew, Koo y Mc Adams.

$$f = 0,0014 + 0,125Re^{-0,32} = 0,0045$$

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Referencia
Número de pasos en los tubos	n	4	-	-
Factor de potencia	a	-0,14	-	1

Tabla 26: Variables para el cálculo de la pérdida de carga en los tramos rectos de tubos

Referencias

- Valor para régimen turbulento.

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Pérdida de carga en tubos	ΔP_t	0,053	Pa	-

b) Pérdida de carga producida por los cambios de dirección en los cabezales: se puede calcular a través de la siguiente ecuación.

$$\Delta P_r = 4n \frac{v^2}{2\rho}$$

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Pérdida de carga en los cabezales	ΔP_r	0,032	Pa	-
Pérdida de carga total en tubos	ΔP_T	0,085	Pa	1

Tabla 27: Cálculo de pérdida de carga total en tubos

Referencias

- $\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta P_r$

4.3.2- Cálculos del lado coraza

Para realizar este cálculo se utilizará el Método de Bell-Delaware, que se basa en datos de pérdida de carga y transferencia de calor correspondientes a un banco ideal de tubos (banco de tubos de ancho infinito). Los datos correspondientes al banco ideal se corrigen, luego, con coeficientes que tienen en cuenta las características propias de cada IC (áreas de fuga, cortes de deflectores, corrientes de by pass etc.).

Datos correspondientes al banco ideal de tubos

Los datos se correlacionan en función del número de Reynolds, definido como:

$$Re_m = \frac{m_R D_o}{S_m \mu_R}$$

Siendo:

$$S_m = (D_s - NCL \cdot D_o)B$$

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Referencia
Diámetro de carcasa	D_s	37	"	1
Cantidad de tubos en la fila central	NCL	28	-	2
Separación entre deflectores	B	0,188	m	3
Viscosidad del refrigerante	μ_R	0,911	g/m.s	4

Tabla 28: Variables para el cálculo del Rem

Referencias

- Para un IC T.E.M.A. tipo L, tubos de 1" en arreglo triangular de 30°, pitch 1,25", 2 pasos en coraza, un diámetro interno de 37" puede incluir, como máximo, 708 tubos. Fuente: Cao, E. *Transferencia de calor en ingeniería de procesos*, Cuarta edición, Apéndice 4, Tabla A-4-4.

2. Para un IC T.E.M.A. tipo L, tubos de 1" en arreglo triangular de 30°, pitch 1,25", 4 pasos en tubos, diámetro de coraza de 37". Fuente: Cao, E. *Transferencia de calor en ingeniería de procesos*, Cuarta edición, Apéndice 5, Figura A5-10.
3. Por normas T.E.M.A., el límite mínimo es de 1/5Ds, y nunca menor a 2". Se tomó como valor al valor mínimo.
4. Fuente: Cao, E. *Transferencia de calor en ingeniería de procesos*, Cuarta edición, Apéndice 9.

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Área de flujo cruzado	S_m	0,0143	m^2	-
Reynolds de flujo cruzado	Re_m	7.792,10	-	-

Tabla 29: Cálculo del Rem

Se define la densidad de flujo másico como:

$$G_m = \frac{m_R}{S_m} = 279,47 \text{ kg/s.m}^2$$

Para obtener, en principio, los valores del coeficiente pelicular y de la pérdida de carga del banco ideal de tubos, para luego aplicarle las correcciones adecuadas, se utilizan los datos obtenidos que se expresan en función del factor de fricción (f) y del coeficiente de Colburn (j).

$$f = \frac{2\Delta P_b \rho}{4G_m^2 NCL} \left(\frac{\mu_R}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

$$j = \frac{h_B}{Cp_R G_m} Pr^{2/3} \left(\frac{\mu_R}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

Siendo ΔP_b y h_B la pérdida de carga y el coeficiente pelicular del banco ideal de tubos, respectivamente.

Estos factores pueden calcularse a partir de correlaciones que difieren en función del régimen de flujo. A su vez, se expresan en función de variables que difieren por la geometría (en este caso, triangular) y por la relación Pt/Do.

En este caso, Pt/Do = 2,25

Para $Re > 3.000$:

$j = a \cdot Re^a$		
Pt/Do	a	b

1,25	0,275	-0,38
1,50	0,275	-0,38
2,26	0,275	-0,38

Tabla 30: Correlación y variables para el cálculo de j

$$\ln(f) = a + b \cdot \ln(Re_m) + c \cdot \ln^2(Re_m) + d \cdot \ln^3(Re_m)$$

Pt/Do	a	b	c	d
1,25	5,293	-1,864	0,158	-0,00472
1,50	3,447	-1,547	0,143	-0,00454
2,26	-2,164	-0,583	0,094	-0,00399

Tabla 31: Correlación y variables para el cálculo de f

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Factor de Colburn	j	0,0091	-	-
Factor de fricción	f	0,904	-	-
Coefficiente pelicular del banco ideal	h_B	262,65	W/m^2K	-
Pérdida de carga en el banco ideal	ΔP_b	3.967,51	Pa	-

Tabla 32: Cálculo del coeficiente pelicular y pérdida de carga para el banco ideal de tubos

Influencia del número de filas de tubos

El número de filas de tubos tiene influencia sobre el coeficiente pelicular cuando $Re_m < 100$. En el caso de estudio, no tendrá influencia, dado que tampoco tiene algún efecto sobre el factor de fricción.

Efectos de by-pass

Cuando el número de pares de dispositivos de sellado del banco de tubos es mayor a la mitad de tubos de cross flow, se puede anular el efecto de este factor de corrección por by-pass, tanto en el cálculo del coeficiente pelicular como en el cálculo del factor de fricción.

Los tubos de cross flow serán aquellos comprendidos entre bordes de dos deflectores consecutivos. Para determinar esta variable, se tiene en cuenta que el corte del deflector es del 25% (uno de los más utilizados en la industria). Es decir que la longitud de la ventana del deflector será el 25% del diámetro de carcasa, es decir, 9,25". De esta forma, la longitud del deflector será igual al diámetro de carcasa menos la longitud de ventana, siendo el resultado de 27,75".

La zona en la que se encontrarán los tubos de cross flow será definida por la longitud que determina el diámetro de la carcasa excluyendo a la longitud de dos ventanas, correspondiendo a dos deflectores consecutivos.

$$L_{cf} = D_s - 2L_w = 18,50''$$

Siendo L_{cf} la longitud característica de la sección de cross flow y L_w la longitud característica de la ventana.

De esta forma, el número de tubos de cross flow se puede calcular de la siguiente manera.

$$N_c = \frac{L_{cf}N}{D_s} = 344$$

Se decide colocar 172 dispositivos de sellado para que se anulen los efectos de by-pass.

Efecto de la ventana del deflector

- a) Sobre la transferencia de calor: El coeficiente correspondiente al banco ideal es afectado por un factor de corrección que tiene en cuenta todo lo que hace a la resistencia de la ventana.

$$h_{NL} = \varphi h_B$$

$$\varphi = 1 - r + 0,524r^{0,32} \left(\frac{S_m}{S_w} \right)^{0,03}$$

$$r = \frac{N_{wt}}{N}$$

$$S_w = \pi \left(\frac{D_s}{2} \right)^2 \frac{A}{360} - \text{sen} \left(\frac{A}{2} \right) \frac{D_s}{2} \left(\frac{D_s}{2} - BC \right) - N_{wt} \frac{\pi}{4} D_0^2$$

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Referencia
Número de tubos en la ventana	N_{wt}	172	-	1
Corte del deflector	BC	9,25	"	-
Ángulo central del deflector	A	119,85	°	2

Tabla 33: Variables para el cálculo del factor de corrección del coeficiente pelicular por el efecto de la ventana del deflector

Referencias

1. $N_{wt} = \frac{N - N_c}{2}$

2. Este ángulo será el formado por el triángulo definido por el borde del deflector y el centro del IC. Para obtener este valor, se hizo un dibujo del corte del IC en el programa FreeCAD que permite medir ángulos.

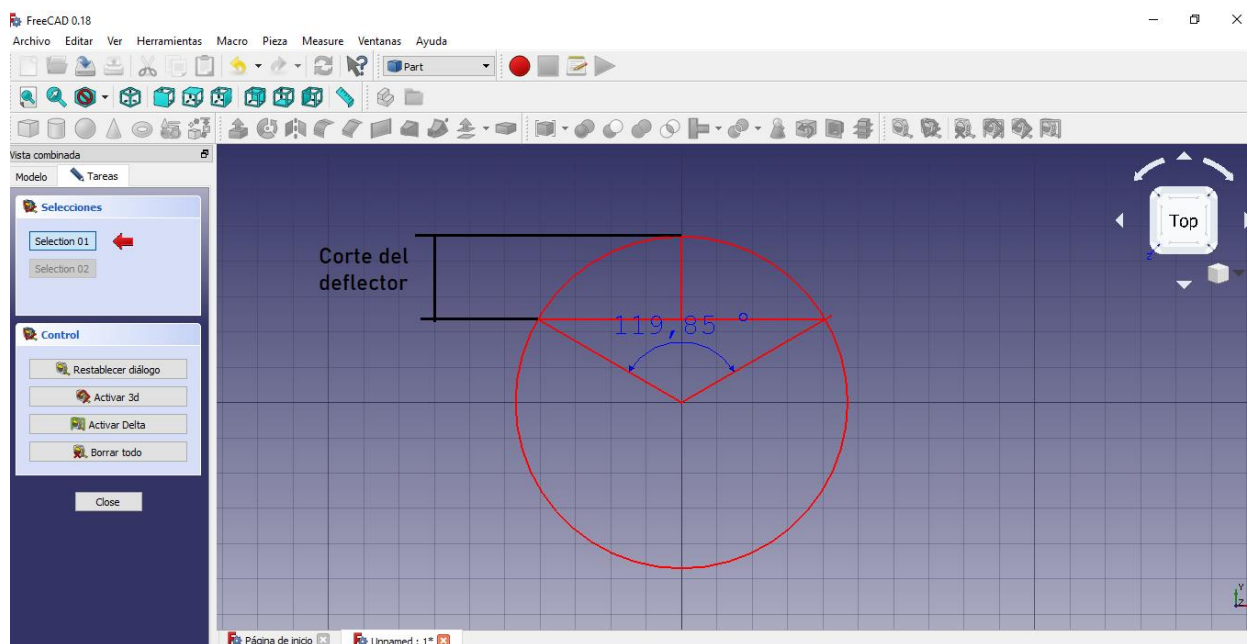


Figura 11: Captura de pantalla del método de cálculo del ángulo central del deflector

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Área de flujo a través de la ventana	S_w	0,1694	m^2	-
Fracción de número de tubos en la ventana	r	0,25	-	-
Factor de corrección	φ	1,073	-	-
Coefficiente pelicular de un IC con deflectores, pero sin fugas (ya que este efecto todavía no fue tratado)	h_{NL}	281,74	W/m^2K	-

Tabla 34: Cálculo del coeficiente pelicular con correcciones por el efecto de la ventana

- b) Sobre la pérdida de carga: Se observó que, para correlacionar los datos de la ventana, era necesario utilizar una velocidad que sea el promedio geométrico de las velocidades en la ventana y en el flujo cruzado.

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Referencia
Velocidad del fluido en flujo cruzado	v_m	0,28	m/s	1
Velocidad del fluido en la ventana	v_w	0,071	m/s	2
Velocidad promedio	v_z	0,1412	m/s	3

Tabla 35: Velocidades necesarias para el cálculo del efecto de la ventana sobre la pérdida de carga

Referencias

1. $v_m = \frac{G_m}{\rho}$
2. $v_w = \frac{m_R}{S_w \rho}$
3. $v_x = \sqrt{v_m v_w}$

Para $Re_m > 100$, la correlación para calcular la pérdida de carga en la ventana es la siguiente.

$$\Delta P_w = (2 + 0,6N_w) \frac{\rho v_z^2}{2} = 20,11 Pa$$

Efecto de fugas

Las fugas se producen entre deflector y tubo y entre deflector y carcasa. El tratamiento analítico de las mismas fue simplificado por Bell, que supuso que la relación entre el caudal de fugas y el caudal de flujo cruzado es independiente del régimen de flujo y solo depende de la relación entre el área de fugas y el área de flujo cruzado.

- a) Efecto sobre la transmisión de calor: Se encuentra una curva que vincula al valor del coeficiente pelicular para un equipo con fugas con el coeficiente pelicular para un equipo sin fugas con igual caudal total, en función de la relación entre el área total de fuga y el área de flujo cruzado. Esta curva se puede obtener a partir de las siguientes expresiones.

$$\left(1 - \frac{h_L}{h_{NL}}\right)_0 = 0,45 \frac{S_L}{S_m} + 0,1 \left[1 - \exp\left(-30 \frac{S_L}{S_m}\right)\right]$$

Y luego

$$\left(1 - \frac{h_L}{h_{NL}}\right)_{IC} = \left(1 - \frac{h_L}{h_{NL}}\right)_0 \frac{2S_{TB} + S_{SB}}{S_L}$$

Siendo

$$S_L = S_{TB} + S_{SB}$$

$$S_{TB} = N_{BT} \frac{\pi}{4} (D_{BT}^2 - D_0^2)$$

$$S_{SB} = \left(\frac{360 - A}{360} \right) \frac{\pi}{4} (D_S^2 - D_B^2)$$

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Referencia
Diámetro del deflector	D_B	0,893	m	1
Diámetro del agujero del deflector por el que atraviesa el tubo	D_{BT}	0,0258	m	2
Número de tubos que atraviesan el deflector	N_{BT}	516	-	3

Tabla 36: Variables para el cálculo del efecto de las fugas sobre el coeficiente pelicular

Referencias

- $D_B = 0,95 \cdot D_S$
- $D_{BT} = D_0 + 1/64$ "
- $N_{BT} = N - N_{wt}$

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Área de fuga entre deflector y carcasa	S_{SB}	0,202	m^2	-
Área de fuga entre tubo y deflector	S_{TB}	0,0082	m^2	-
Área de fuga total	S_L	0,2106	m^2	-
$\left(1 - \frac{h_L}{h_{NL}}\right)_0$	-	0,658	-	-
$\left(1 - \frac{h_L}{h_{NL}}\right)_{IC}$	-	0,760	-	-
Factor de corrección para el cálculo del coeficiente pelicular	$\frac{h_L}{h_{NL}}$	0,2399	-	-

Tabla 37: Cálculo del factor de corrección del coeficiente pelicular por efecto de fugas

- b) Efecto sobre la pérdida de carga: Los cálculos se realizan de manera similar al caso del efecto sobre la transferencia de calor, a través de las siguientes expresiones.

$$\left(1 - \frac{\Delta P_L}{\Delta P_{NL}}\right)_0 = 0,57 \frac{S_L}{S_m} + 0,27 \left[1 - \exp\left(-20 \frac{S_L}{S_m}\right)\right] = 0,977$$

$$\left(1 - \frac{\Delta P_L}{\Delta P_{NL}}\right)_{IC} = \left(1 - \frac{\Delta P_L}{\Delta P_{NL}}\right)_0 \frac{S_{TB} + 2S_{SB}}{S_L} = 1,80$$

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
-----------	---------	-----------	--------	------------

Factor de corrección para el cálculo de la pérdida de carga	$\frac{\Delta P_L}{\Delta P_{NL}}$	-0,804	-	-
---	------------------------------------	--------	---	---

Conclusiones

- a) Transmisión de calor: el coeficiente pelicular del IC se puede obtener con la siguiente ecuación.

$$h_0 = h_{NL} \frac{h_L}{h_{NL}} = 67,59 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- b) Pérdida de carga: la caída de presión total en la carcasa se obtiene sumando las caídas de presión correspondientes todas las secciones de flujo cruzado y a todas las ventanas del deflector.

$$\Delta P_{total} = 2\Delta P_{BP} \left[1 + \frac{N_w}{N_c} \right] + [(N_B - 1)\Delta P_{BP} + N_B\Delta P_w] \left(\frac{\Delta P_L}{\Delta P_{NL}} \right) = 3,59 \text{ kPa}$$

4.3.3- Verificación de la temperatura de pared

Se plantea un balance de calor a ambos lados de la pared del tubo.

$$h_{i0}(T_w - t) = h_0(T - T_w)$$

Despejando la temperatura de pared;

$$T_w = \frac{h_0 T + h_{i0} t}{h_{i0} + h_0}$$

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Referencia
Temperatura promedio del fluido caliente	T	100	°C	-
Temperatura promedio del fluido frío	t	35	°C	-
Viscosidad del refrigerante a su temperatura promedio	μ_R	0,000720	kg/(m.s)	1
Viscosidad del fluido de procesos a su temperatura promedio	μ_{FP}	0,000282	kg/(m.s)	1

Tabla 38: Variables para el cálculo de la temperatura de pared

Referencias

1. Fuente: http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/viscoh2o.pdf

Incógnita	Símbolo	Resultado	Unidad	Referencia
Temperatura de pared	T_w	99,40	°C	-
Viscosidad del refrigerante a la temperatura de pared	μ_w	0,000283	kg/(m.s)	1
Viscosidad del fluido de proceso a la temperatura de pared	μ_w	0,000283	kg/(m.s)	1
Factor de corrección de la viscosidad del refrigerante por temperatura	$\left(\frac{\mu_R}{\mu_w}\right)^{-0,14}$	0,877	-	-
Factor de corrección de la viscosidad del fluido de procesos por temperatura	$\left(\frac{\mu_{FP}}{\mu_w}\right)^{-0,14}$	1,0005	-	-

Tabla 39: Cálculo de los factores de corrección por temperatura

Referencias

1. Fuente: http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/viscohzo.pdf

Se puede observar que, para el caso del refrigerante, el factor de corrección difiere de 1, por lo cual se corrigen los cálculos pertinentes.

En el caso del fluido del proceso, el valor es muy próximo a 1 por lo que no se realizan las correcciones.

Corrección por temperatura de pared

Los cálculos afectados son los correspondientes al coeficiente pelicular y pérdida de carga del banco ideal de tubos y, por consecuencia, aquellos en los que estén involucradas estas variables. Con un apóstrofe se identifican los valores corregidos.

$$h'_B = \frac{h_B}{0,877} = 299,49 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\Delta P'_{BP} = \frac{\Delta P_{BP}}{0,877} = 4,523,96 \text{ kPa}$$

$$h'_{NL} = \varphi h'_B = 321,35 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h'_0 = h'_{NL} \frac{h_L}{h_{NL}} = 77,09 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\Delta P'_{total} = 2\Delta P'_{BP} \left[1 + \frac{N_w}{N_c}\right] + [(N_B - 1)\Delta P'_{BP} + N_B\Delta P_w] \left(\frac{\Delta P_L}{\Delta P_{NL}}\right) = 4,17 \text{ kPa}$$

4.3.4- Verificación del área de intercambio

El coeficiente limpio se puede calcular como:

$$U_c = \left(\frac{1}{h_{i0}} + \frac{1}{h'_{o'}} \right)^{-1} = 77,09 \text{ W/m}^2\text{K}$$

El coeficiente total de transmisión de calor se obtendrá como:

$$U = \left(\frac{1}{U_c} + R_f \right)^{-1} = 74,02 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Siendo:

$R_f = 0,004 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Resistencia de ensuciamiento para soluciones causticas. Fuente: Cao, E. *Transferencia de calor en ingeniería de procesos*, Cuarta edición, Apéndice 6.)

El área calculada será:

$$A_{calc} = \frac{Q}{U\Delta T} = 313,41 \text{ m}^2$$

El área real del equipo se calcula con la geometría del mismo.

$$A_{real} = N \cdot \pi \cdot D_o \cdot L = 384,10 \text{ m}^2$$

El área real es mayor al área calculada, por lo que el equipo es capaz de realizar la transferencia de energía térmica necesaria.

El exceso de área del equipo será:

$$\text{Área en exceso} = \frac{A_{real} - A_{calc}}{A_{calc}} \cdot 100 = 22,56\%$$

5- Bibliografía

Cao, E. *Transferencia de calor en ingeniería de procesos*, Cuarta edición.

Van Ness, H.; Smith, J.; Abbott, M.; *Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química*; Séptima edición.

Perry, R. *Manual del Ingeniero Químico*, Sexta edición.

Código ASME.

Fáunderz, C.; Fierro, E.; Valderrama, J.; *Método de Contribución de Grupos: una Herramienta Fundamental en cursos Avanzados de Termodinámica y Física de Fluidos para la Estimación de Propiedades de Sustancias*. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So718-50062016000300011

Lignina. Disponible en: https://www.ecured.cu/Lignina#Grupos_Funcionales

Condiciones óptimas de diseño y de funcionamiento hidráulico. Disponible en: <http://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/libro2-hidrologia/HU4.8-03.pdf>

Manual de cálculos. Planta de producción de cloruro de vinilo. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2018/199194/TFG_OsmanIndustries_parte11.pdf

Propiedades del agua en función de la temperatura. Disponible en: http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/viscoh2o.pdf

Rueda, S.; Sánchez, A.; *Diseño y construcción de una máquina para acondicionamiento final de chocolate*. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10381/4/CD-6179.pdf>

Bagazo. Disponible en: http://karin.fq.uh.cu/acc/2016/CIENCIAS_TECNICAS/032/New/Documentaci%C3%B3n/Parte%20VI/Bibliograf%C3%ADa/Cap.%20II/Bagazo.pdf

Widman International SRL. Disponible en:
<https://www.widman.biz/Seleccion/mezcla.html>

Cárdenas, G.; Paz, D.; *Secadero de bagazo o economizador: análisis comparativo de su influencia en el rendimiento energético neto de una caldera bagacera*. Disponible en:
<http://www.eeaoc.org.ar/upload/contenido/pdf/20130217111407000000.pdf>

Molino de disco Los Seibos. Disponible en: http://www.los-seibos.com/Molino_a_disco_files/MolinoDisco2.pdf

Método por factor de corrección en la diferencia de temperatura media logarítmica (LMTD). Disponible en:
<http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/HeatExchanger/node20.html>

Mantilla, J.; *Equipos de transferencia de calor: una guía de estudio*. Disponible en:
<http://bdigital.unal.edu.co/51125/7/9789587190106.pdf>

Merck. Disponible en: http://www.merckmillipore.com/AR/es/product/Sodium-hydroxide-solution-min.-100-0-1.11,MDA_CHEM-105588

GoodFellow. Disponible en: <http://www.goodfellow.com/S/Hastelloy-C276-Aleacion-Resistente-al-Calor.html>

Hidráulica general y aplicada, gráficos y tablas, UTN-FRBA. Disponible en:
<https://www.slideshare.net/PabloZuiga1/359757087-viscosidadcinematicadeaireyaguapdf>

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**Producción de fibra de carbono a partir
de bagazo de cerveza**

Capítulo 08 bis: Instrumentación y control

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final - Plantel Docente

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos Prácticos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren

Contenido

1-	Esquema de control	3
1.1-	Descripción de los lazos	3
1.1.1-	Lazo 01: Control de temperatura en el reactor tanque agitado	3
1.1.2-	Lazo 02: Control de pH en el reactor tanque agitado	4
1.1.3-	Lazo 03: Control de nivel de líquido en el reactor tanque agitado	4
1.1.4-	Lazo 04: Control de nivel de líquido en el tanque de NaOH	4
1.1.5-	Lazo 05: Control de nivel de líquido en el tanque de H ₂ SO ₄	4
1.1.6-	Control de presión dentro de la camisa del reactor tanque agitado	4
2-	Selección de la instrumentación a instalar para el Lazo 01	4
2.1-	Sensor de temperatura	4
2.1.1-	Termopar	5
2.1.2-	Detector de temperatura resistivo (RTD)	5
2.1.3-	Termistor	5
2.2-	Selección del tipo de sensor de temperatura	6
2.3-	Especificaciones del sensor de temperatura	10
2.4-	Selección del transmisor	10
2.5-	Especificaciones del transmisor de temperatura	11
2.6-	Selección del controlador	12
2.7-	Especificaciones del controlador	13
2.8-	Selección de la válvula de control	13
2.8.1-	Cálculo del diámetro de la cañería	14
2.8.2-	Cálculo de la capacidad	14
2.9-	Especificaciones de a válvula de control	15
3-	Bibliografía	16

1- Esquema de control

Para el desarrollo de este anexo, se eligió como equipo al tanque agitado y encamisado, específicamente en la operación de agitación básica, y los lazos de control más relevantes asociados al mismo.

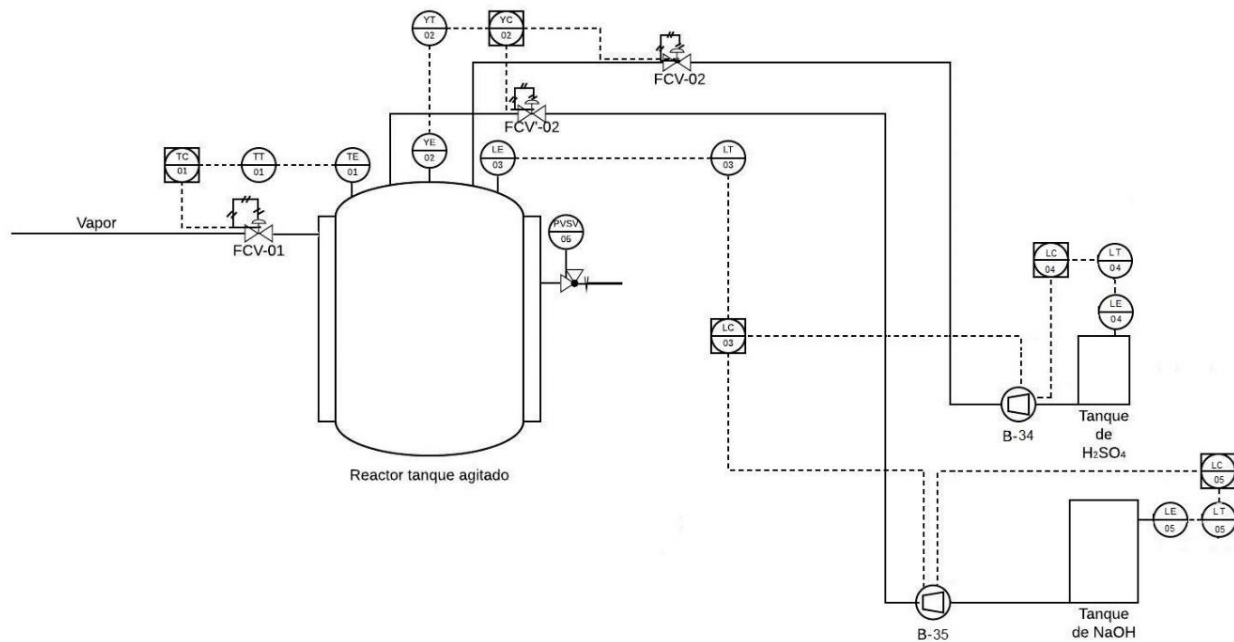


Figura 1: Lazos de control asociados al reactor tanque agitado

1.1- Descripción de los lazos

1.1.1- Lazo 01: Control de temperatura en el reactor tanque agitado

Como ya fue explicado en capítulos anteriores, la reacción de solubilización de la lignina se produce a 120 °C, por lo que se busca mantener esta temperatura durante 90 minutos. Para ello, se medirá la temperatura en el tanque de forma constante. Cuando el valor de la misma se encuentre por debajo del límite inferior de temperatura, se abrirá la válvula de control de caudal FCV-01 con una apertura dada, para que el vapor de la caldera pase a la camisa y eleve la temperatura. Cuando la temperatura sobrepase el límite superior de temperatura, la válvula disminuye su apertura o se cierra por completo, según sea el caso.

1.1.2- Lazo 02: Control de pH en el reactor tanque agitado

Este control se realiza durante el agregado de NaOH. Cuando el valor de pH llega al valor deseado, se cierra la válvula FCV'-02. Una vez realizada esta acción, si el valor del pH final es menor al deseado, se abre la válvula FCV'-02 con una apertura determinada y se repite el control anterior. Si, en cambio, el valor del pH es mayor al deseado, se abre la válvula FCV-02 con una apertura determinada y se repite el control anterior tomando como referencia esta válvula.

1.1.3- Lazo 03: Control de nivel de líquido en el reactor tanque agitado

Si, por algún motivo, el pH deseado no se alcanza en lo que el volumen del tanque deja lugar, o si falla algún elemento del lazo de control del pH, se debe hacer la parada de emergencia para que el reactor tanque agitado no rebalse. Por este motivo, se mide el nivel de líquido en el mismo, y si se da la situación de que el nivel sobrepase el valor de nivel máximo permitido, se producirá la parada de las bombas B-34 y B-35.

1.1.4- Lazo 04: Control de nivel de líquido en el tanque de NaOH

Si, por algún motivo, se utiliza un caudal mayor de NaOH del que el tanque puede aportar, detectando con un sensor un nivel inferior al límite mínimo, se produce la parada de la bomba B-35.

1.1.5- Lazo 05: Control de nivel de líquido en el tanque de H₂SO₄

Si, por algún motivo, se utiliza un caudal mayor de H₂SO₄ del que el tanque puede aportar, detectando con un sensor un nivel inferior al límite mínimo, se produce la parada de la bomba B-34.

1.1.6- Control de presión dentro de la camisa del reactor tanque agitado

Si la presión se eleva por encima del valor máximo permitido, se produce la apertura de la válvula der alivio PVSV-06.

2- Selección de la instrumentación a instalar para el Lazo 01

2.1- Sensor de temperatura

Para realizar la elección de un sensor de temperatura adecuado, en principio, se describirá brevemente el principio de funcionamiento de los principales sensores de uso industrial.

2.1.1- Termopar

Su funcionamiento se basa en el principio de Seebeck, que establece que hay un flujo de corriente eléctrica en un circuito de dos metales diferentes si las dos uniones están a temperaturas diferentes.



Figura 2: Circuito de termopar sencillo. Referencias: M_1 Metal 1, M_2 Metal 2, T_H Temperatura a medir, T_C Temperatura de referencia.

El voltaje que se produce con este efecto termoeléctrico depende de la diferencia de temperatura entre las dos uniones y los metales que se utilicen.

2.1.2- Detector de temperatura resistivo (RTD)

Su funcionamiento se basa en el principio de que la resistencia eléctrica de los metales puros se incrementa con la temperatura y, ya que la resistencia eléctrica se puede medir con bastante precisión, esto proporciona un medio para medir la temperatura con mucha exactitud.

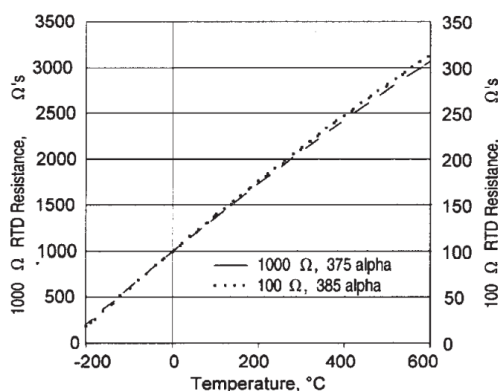


Figura 3: Curva de resistencia vs temperatura para una RTD de platino de 1000 Ω y una de 100 Ω

Para la lectura de la resistencia y, en consecuencia, de la temperatura, generalmente, se utiliza un puente de Wheatstone, que es un arreglo de cuatro resistencias para determinar el valor de una resistencia desconocida.

2.1.3- Termistor

Su funcionamiento se basa, como en el caso del RTD, en la variación de la resistencia con la temperatura, con la diferencia de que el termistor está compuesto por un

material semiconductor sinterizado que presenta un gran cambio en la resistencia en proporción a un cambio pequeño en la temperatura. Por este motivo, también, a diferencia del RTD que cambia la resistencia de un modo casi lineal, los termistores presentan un cambio de la resistencia claramente no lineal.

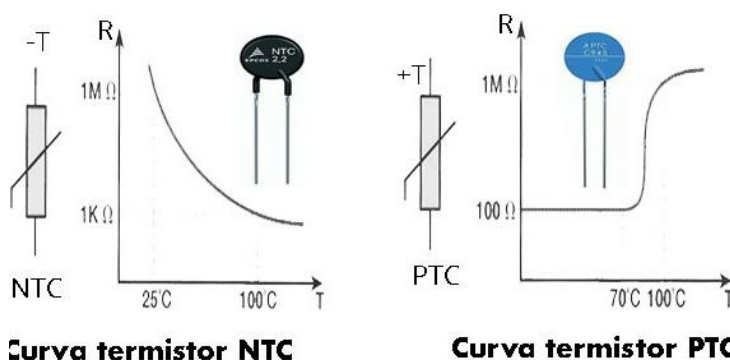


Figura 4: Curvas de resistencia vs temperatura para un termistor con coeficiente de temperatura negativo (NTC) y para uno con coeficiente de temperatura positivo (PTC)

En general, los termistores tienen coeficientes de temperatura negativos, lo que significa que la resistencia del termistor disminuye a medida que aumenta la temperatura.

2.2- Selección del tipo de sensor de temperatura

Lo primero a analizar para realizar esta selección, son las ventajas y desventajas de cada uno.

Sensor	Ventajas	Desventajas
Termopar	<ul style="list-style-type: none"> - No hay problemas de cable conductor de resistencia. - Respuesta más rápida. - Sencillo, resistente. - Económico. - Funcionamiento a alta temperatura. - Detección de temperatura del punto. 	<ul style="list-style-type: none"> - No lineal. - Baja tensión. - Menos estable, repetible. - El menos sensible.
RTD	<ul style="list-style-type: none"> - El más estable, preciso. - Resistente a la contaminación. - El más lineal. - Detección de temperatura del área. - La medición de temperatura más repetible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se requiere una fuente de corriente. - Tiempo de respuesta lento. - Baja sensibilidad a pequeñas fluctuaciones de la temperatura.
Termistor	<ul style="list-style-type: none"> - Alta salida, rápido. 	<ul style="list-style-type: none"> - No lineal.

	<ul style="list-style-type: none"> - Medición de ohmios de dos cables. - Económico. - Detección de temperatura del punto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rango limitado. - Frágil. - Se requiere una fuente de corriente. - Auto calentamiento.
--	--	---

Tabla 1: Ventajas y desventajas de los sensores de temperatura de uso industrial

Luego, se analiza la performance de cada uno bajo los mismos criterios de selección.

Criterios	Termopar	RTD	Termistor
Rango de temperaturas	-268 °C a +2.316 °C	-240 °C a +649 °C	-73 °C a +260 °C
Intercambiabilidad	Buena	Excelente	Deficiente a razonable
Estabilidad a largo plazo	Deficiente a razonable	Buena	Deficiente
Precisión	Mediana	Alta	Mediana
Repetibilidad	Razonable	Excelente	Aceptable a buena
Sensibilidad (salida)	Baja	Mediana	Muy alta
Respuesta	Media a rápida	Media	Media a rápida
Linealidad	Razonable	Buena	Deficiente
Auto calentamiento	No	Muy bajo a bajo	Alto
Sensibilidad de punto (extremo)	Excelente	Razonable	Buena

Tabla 2: Performance de los distintos tipos de sensores de temperatura bajo criterios de selección

Se concluye que las mejores características para este tipo de sistema, las tiene un sensor tipo RTD. Éste deberá ser de inmersión con vaina protectora para la corrosión.

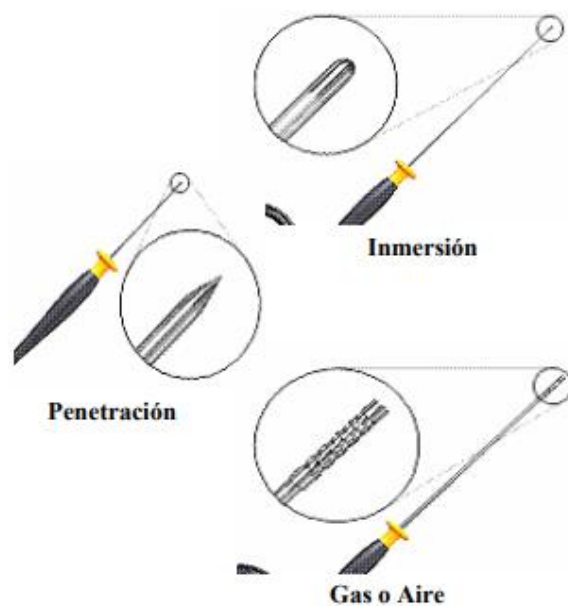


Figura 5: Tipos de sensores de temperatura en función del estado de agregación del sistema a medir

Con respecto a la selección del material de la RTD, a pesar de ser más costosa que otras variedades, la resistencia de platino ofrece confiabilidad, linealidad y estabilidad. Por estos motivos es ampliamente usada en la industria, lo que resulta ventajoso.

<i>Metal</i>	<i>Resistividad</i> $\mu\Omega/\text{cm}$	<i>Coefficiente temp.</i> $\Omega/\Omega, ^\circ\text{C}$	<i>Intervalo útil</i> <i>de temp.</i> $^\circ\text{C}$	\varnothing <i>min.</i> <i>de hilo</i> <i>mm</i>	<i>Coste</i> <i>relativo</i>	<i>Resis.</i> <i>sonda</i> <i>a 0° C,</i> <i>ohmios</i>	<i>Preci-</i> <i>sión</i> $^\circ\text{C}$
Platino	9,83	0,00392	— 200 a 950	0,05	Alto	25, 100, 130	0,01
Níquel	6,38	0,0063 a 0,0066	— 150 a 300	»	Medio	100	0,50
Cobre	1,56	0,00425	— 200 a 120	»	Bajo	10	0,10

Tabla 3: Comparación de RTD de platino, níquel y cobre

Campo	Sensores Tradicionales
Investigación Agrícola	Termistor, Termopar Tipo T, Semiconductor
Automóvil	Termistor, Pt100, Bimetálico
Procesos Químicos y de los Materiales	Pt100, Termopar
Criogénicos	Resistencia de Óxido de Metal
Investigación Ambiental	Termistor, Termopar Tipo T, Pt100, Semiconductor
Industria General	Pt100
Educación, Pasatiempos	Semiconductor, Termistor, Termopar Tipo T, Pintura
Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado	Ni1000, Termistor, Pt100, Pintura
En Productos Manufacturados	Semiconductor, Termistor, Pt100
Metalúrgica	Termopar Tipo K o N

Tabla 4: Aplicación de sensores tradicionales según campo

Dentro del catálogo de Oakton, se seleccionó una RTD con capa de FEP (correspondiente a la letra E), ya que está diseñado para las aplicaciones más comunes de inmersión en líquido, además de contar con la capa de FEP sobre la envoltura de la misma para ser utilizada con ácidos y bases fuertes.

Especificaciones e Información para Pedidos

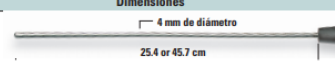
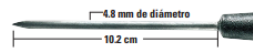

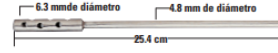

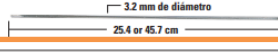
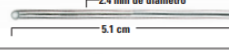
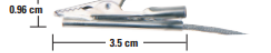
Clave	Número de Catálogo	Rango de temperatura	Longitud de la punta	Dimensiones
A	WD-08117-70	-50 a 500°C (-58 a 932°F)	25.4 cm	
	WD-08117-72		45.7 cm	
B	WD-08117-85	-50 a 500°C (-58 a 932°F)	10.2 cm	
C	WD-08117-75	-50 a 500°C (-58 a 932°F)	20.3 cm	
D	WD-08117-90	-50 a 500°C (-58 a 932°F)	25.4 cm	
E	WD-08117-87	-50 a 500°C (-58 a 932°F)	25.4 cm	
	WD-08117-73		25.4 cm	
E	WD-08117-74	-50 a 500°C (-58 a 932°F)	45.7 cm	
G	WD-08117-80	-50 a 500°C (-58 a 932°F)	5.1 cm	
H	WD-08117-89	-50 a 500°C (-58 a 932°F)	3.8 cm	

Tabla 5: Selección de RTD del catálogo de Oakton

2.3- Especificaciones del sensor de temperatura



Modelo: Sonda RTD con recubrimiento de teflón
WD-08117-87 de Oakton

Características

Resistencia: 100 Ohm

Rango: -50 a 260 °C

3 pines

Punta de sonda: de 10" con funda 316SS, mango de nylon de 5", cable en espiral de PVC de 5 pies con alivio de tensión.

Diseñado para las aplicaciones de inmersión más comunes y líquidas. Tiene un recubrimiento de Teflon® sobre la carcasa de la punta para usar con ácidos y químicos fuertes.

2.4- Selección del transmisor

La señal de salida del sensor RTD es débil, el voltaje es sensible a interferencias electromagnéticas y de radiofrecuencia (comunes en plantas de procesamiento químico). Por ello, es necesario colocar un transmisor de temperatura, ya que amplifica la señal, la filtra, la condiciona y aumenta su intensidad.

Al no necesitar de características especiales, para este elemento del lazo de control, se seleccionó un transmisor universal para carril DIN, del catálogo Omega.

2.5- Especificaciones del transmisor de temperatura



Modelo: Transmisor universal para carril DIN, serie TXDIN1600.

Características

Entrada universal Pt100, termopar, mV, mA

Entrada aislada

Relés aislados entre sí

Salida de relés dobles de 250 Vca 1 amp

Aislamiento: Entrada-salida probada a 500 Vcc

Ambiente: En funcionamiento de -20 a 70 °C 10 a

95% HR sin condensación

Almacenamiento: -40 a 85 °C

Aprobaciones: Homologado por la CE para BS EN 61326

Dimensiones: 17,5 de ancho x 56,4 de profundidad x 90 mm de largo

Material: Poliamida 6,6

Autoextinción

Terminales: Terminal de tornillo

Cable: 2,5 mm máx.

Tipo: Salida de tensión de 3 hilos con rangos programables: 0 a 10, 0 a 5, 2 a 10, 1 a 5 y 0 a 1V

Alimentación: De 15 a 28 Vcc

Tiempo de respuesta: <500 mseg. para alcanzar el 95% del valor final; tiempo de inicio <3 seg.

Precisión de calibración: ± 5 mV

Accionamiento de salida: 2 mA con accionamiento de 5 k Ω a 10 V

Protección: Conexión inversa y protección contra sobretensión, corriente de sobretensión máxima de 100 mA

Ajuste del usuario: Botones superior e inferior, se activa para calibrado cuando la salida está en calibrado e intervalo, opción de bloqueo de ajuste

2.6- Selección del controlador

La variable por controlar será la temperatura, que es de dinámica lenta y con perturbaciones de baja frecuencia. Para estos casos, tanto un PI como un PID son adecuados.

Se prefiere un PID dado que combina las ventajas de las siguientes acciones:

- Acción proporcional: puede reducir, pero no eliminar, el error en estado estacionario.
- Acción integral: elimina errores estacionarios, pero puede inestabilizar al sistema si el tiempo de integración (tiempo en el que el error inicial su presencia) disminuye mucho.
- Acción derivativa: anticipa el efecto de la acción proporcional para estabilizar más rápidamente la variable controlada después de cualquier perturbación.

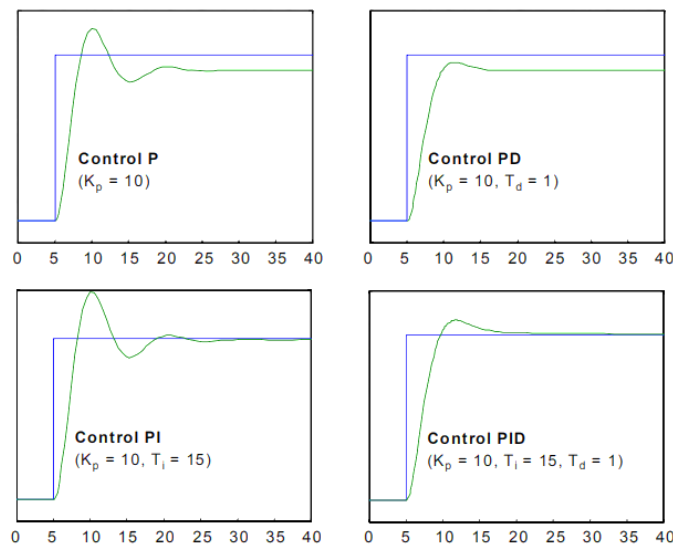


Figura 6: Comparación de las acciones de control ante un cambio brusco en la referencia

2.7- Especificaciones del controlador



Modelo: Controlador PID de temperatura CS6S

Características

Modos de control configurables (PID, PI, P, PD, ON/OFF)

Optimización automatizada incorporada

Salidas de control por seleccionar. Relé, nivel lógico o 4 ... 20 mA

Entrada multifuncional para Pt100, termopares y señales estándar de la industria

2.8- Selección de la válvula de control

A continuación, se enumeran los distintos tipos de válvulas de control, junto con sus características principales.

- Globo: es la válvula de control por excelencia.
- Esférica: cada vez más utilizada para control, a partir de los asientos metal-metal.
- Mariposa: generalmente se usan en diámetros grandes.
- Tapón: similar a la esférica, muy usada para corte de gas.
- Diafragma: utiliza un elemento flexible, lo cual permite trabajar con sólidos y corrosivos.
- Compuerta: es la válvula de aislamiento o corte más utilizada.

Para realizar la selección, se debe calcular, en un principio, el diámetro de la cañería en la que se instalaría la válvula, ya que es un factor importante en la decisión.

Para realizar este cálculo, se toman los siguientes datos del capítulo de Ingeniería Básica:

Calor aportado por el vapor = 19,18 MJ

Tiempo de calentamiento = 20 min

Velocidad del vapor por la cañería = 20 m/s

El vapor llega saturado a la camisa, para lo cual, saldrá de la caldera con cierto sobrecalentamiento, que se controlará de tal forma que se pierda ese exceso de temperatura en el tramo de cañería hasta llegar a la camisa (considerando que los elementos de esa cañería estarán aislados para la protección del personal).

2.8.1- Cálculo del diámetro de la cañería

$$Q_{vap} = m_{vap}\lambda$$

$\lambda = 526,4$ kcal/kg (dato tomado de la tabla de propiedades termodinámicas del agua para vapor saturado a 2 kg/cm²)

$$m_{vap} = 8,71 \text{ kg}$$

$$\dot{m}_{vap} = m_{vap} / t_{cal} = 0,436 \text{ kg/min}$$

$$V_{vap} = \dot{m}_{vap} v''$$

$v'' = 0,8915$ m³/kg (dato tomado de la tabla de propiedades termodinámicas del agua para vapor saturado a 2 kg/cm²)

$$V_{vap} = 0,39 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$r_c = \sqrt{A_c/\pi} = 0,078 \text{ m}$$

$$A_c = V_{vap}/v$$

$$D_c = 0,16 \text{ m} = 6,12 \text{ ''}$$

$$A_c = 0,019 \text{ m}^2$$

De esta forma, se verifica que el diámetro es menor a 8", lo cual nos permite seleccionar una válvula globo dado que, en el caso contrario, la misma resultaría muy costosa, teniendo que recurrir a una válvula esférica con asientos especiales.

2.8.2- Cálculo de la capacidad

La capacidad (Cv) se define como el caudal de agua en GPM (US) que atraviesa la válvula completamente abierta a 60 °F, con una caída de presión de 1 psi.

Este cálculo es apto para líquidos que no flashean, gases y vapores en válvulas globo, gases y vapores en válvulas esféricas y mariposa.

$$C_v = 0.25 \cdot Q_s \cdot \sqrt{\frac{T}{\Delta P \cdot P_2}}$$

Siendo:

Q_s : Caudal de vapor en kg/h = 26,16

T: Temperatura en K = 393,15

ΔP : Pérdida de carga generada por la válvula en kPa = 500 (dato obtenido del catálogo VALMEC)

P_2 : Presión a la salida de la válvula en kPa = 193,13 (2 bar)

2.9- Especificaciones de a válvula de control



Modelo: Válvula globo bridada con actuador neumático VALMEC

Características

Apta para uso con vapor

Acero inoxidable (incluidos los asientos)

$C_v = 640$

Diámetro = 8"

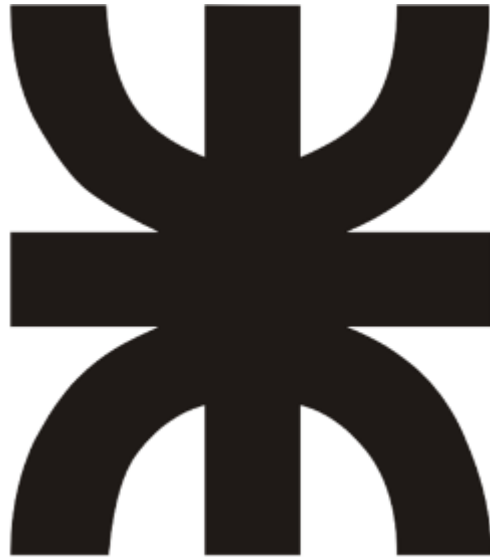
3- Bibliografía

- Friz, V. (s.f.). *Interpretación de los Diagramas y Lazos de Control*. Obtenido de UDEC:
http://www2.udec.cl/~vladimirfriz/Resumen_basico-Norma_ISA.pdf
- García, F. M. (11 de Enero de 2007). *Controladores PID*. Obtenido de UNED:
<http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/El%20controlador%20PID.pdf>
- Guía de comparación de sensores de temperatura*. (s.f.). Obtenido de Watlow:
<https://es.watlow.com/en/resources-and-support/engineering-tools/knowledge-base/temperature-sensors-comparison-guide>
- Mecafenix, F. (4 de Junio de 2018). *Sensor de temperatura RTD*. Obtenido de Ingeniería Mecafenix:
<https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-temperatura-rtd/>
- Oakton WD-08117-87 Teflon Coated RTD Probe*. (s.f.). Obtenido de TEquipment:
<https://www.tequipment.net/Oakton/WD-08117-87/Temperature-Probes/>
- Seleccionando su Transmisor de Temperatura Correcto para Su Aplicación*. (s.f.). Obtenido de Omega:
<https://es.omega.com/technical-learning/seleccionando-transmisor-temperatura-para-aplicacion.html>
- Smith C., C. A. (1991). *Control Automático de Procesos, teoría y práctica*. México: Limusa S.A.
- Sondas RTD*. (s.f.). Obtenido de Oakton:
http://www.4oakton.com/PDF/WD_3227SP_82.indd.pdf
- Tablas de Vapor de Agua*. (s.f.). Obtenido de UTN FRRO:
https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/3_ano/integracion3/Tablas_de_vapor_de_agua.pdf
- Termistor*. (s.f.). Obtenido de Omega:
<https://es.omega.com/prodinfo/termistores.html#>
- Válvulas*. (s.f.). Obtenido de Valmec: http://valmec.com.ar/wp-content/uploads/2017/10/catalogo_valmec.pdf



Villajulca, J. C. (13 de Septiembre de 2009). *Transmisores*. Obtenido de Instrumentación y Control: <https://instrumentacionycontrol.net/3-3-transmisores/>

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**Producción de fibra de carbono a partir
de bagazo de cerveza**

Capítulo 9: Layout

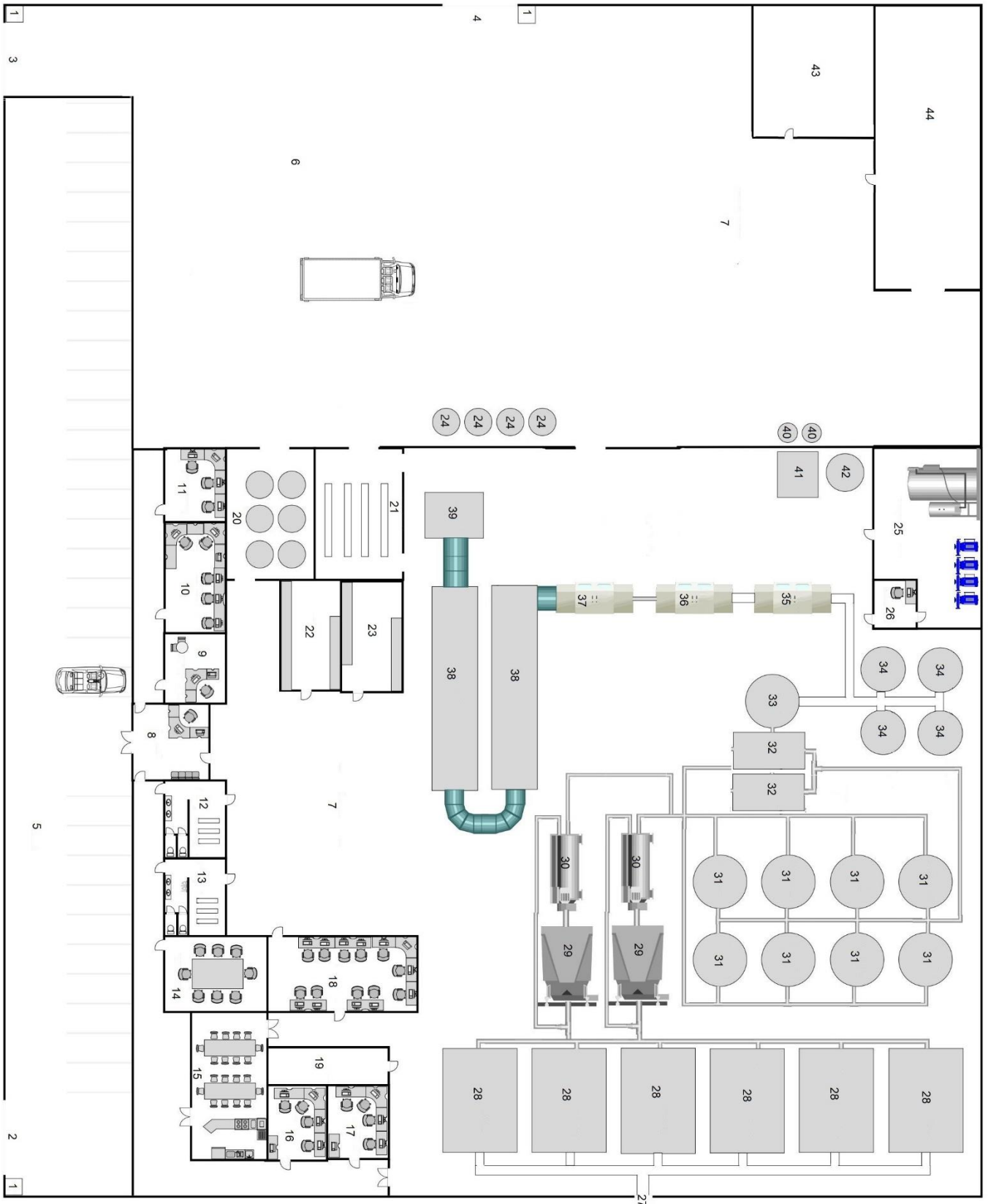
Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final - Plantel Docente

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos Prácticos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren



Referencias

- 1 - Garita
- 2 - Entrada al estacionamiento
- 3 - Entrada de camiones
- 4 - Salida de camiones
- 5 - Estacionamiento
- 6 - Playa de maniobras
- 7 - Espacio para futuras ampliaciones
- 8 - Recepción
- 9 - Oficina del director
- 10 - Oficina de ventas, MKT y servicio al cliente
- 11 - Oficina de RR HH
- 12 - Baños y vestuarios para mujeres
- 13 - Baños y vestuarios para hombres
- 14 - Sala de reuniones
- 15 - Comedor
- 16 - Oficina de finanzas y SI
- 17 - Oficina de compras
- 18 - Oficinas en planta (Gerente de gestión y control de la calidad, analista de gestión de la calidad, responsable de SST y MA, analista de SST y MA, gerente general de planta, supervisores de elaboraciones, responsable de logística, analistas de planeamiento)
- 19 - Depósito auxiliar
- 20 - Depósito de insumos
- 21 - Almacenamiento de PT
- 22 - Laboratorio de calidad
- 23 - Laboratorio de I+D
- 24 - Sala de tanques de gases
- 25 - Sala de bombas y caldera
- 26 - Oficina de mantenimiento
- 27 - Entrada de cinta transportadora
- 28 - Tanque de almacenamiento de MP
- 29 - Molino
- 30 - Clasificador
- 31 - Tanque agitado
- 32 - Filtro
- 33 - Secador
- 34 - Tanque de almacenamiento de lignina
- 35 - Extrusora
- 36 - Fundidora
- 37 - Hiladora
- 38 - Horno
- 39 - Envasadora
- 40 - Pozo de agua
- 41 - Ablandador de agua
- 42 - Tanque de agua
- 43 - Gestión de residuos
- 44 - Tratamiento de efluentes

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**Producción de fibra de carbono a partir
de bagazo de cerveza**

Capítulo 10: Servicios Auxiliares

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final.

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren

Contenido

1-Objetivo	3
2- Servicios provistos por el Parque Industrial.....	3
3-Agua.....	4
2.1 - Agua blanda	5
2.2.- Agua de refrigeración.....	6
4-Gases Industriales.....	8
4.1- Oxígeno líquido clase industrial	8
4.2- Nitrógeno líquido clase industrial.....	9
4.3- Dióxido de carbono clase industrial.....	11
5-Suministro de Vapor.....	11
6- Sistema de vacío	13
7. Sistema de Aire Comprimido	15
8. Planta de tratamiento de Efluentes	16
8.1- Pretratamiento.....	18
8.2-Tratamiento Biológico –Lagunas aireadas.....	18
8.3- Disposición final.....	20
9. Biodigestor	21
10. Bibliografía.....	22

1-Objetivo

En el presente capítulo se definirán los servicios y equipos auxiliares, necesarios para el proceso y correcto funcionamiento de la planta.

2- Servicios provistos por el Parque Industrial

El Parque industrial cuenta con servicios energéticos y de recursos humanos, como también su localización estratégica contribuye a una ideal logística.

Entre la infraestructura y servicios con los que cuenta se destacan los siguientes:

- Energía eléctrica: Tendido de media tensión en 13,2 KVA suministrado por la cooperativa Eléctrica de Zárate.
- Gas: Disponibilidad de conexión a gasoducto interno, la distribuidora de la zona es Naturgy Argentina.
- Agua: Disponibilidad de agua subterránea de alta calidad que ha motivado la radicación de industrias que utilizan este recurso por sus propiedades.
- Desagües pluviales e industriales
- Accesos internos: aptos para tránsito pesado.

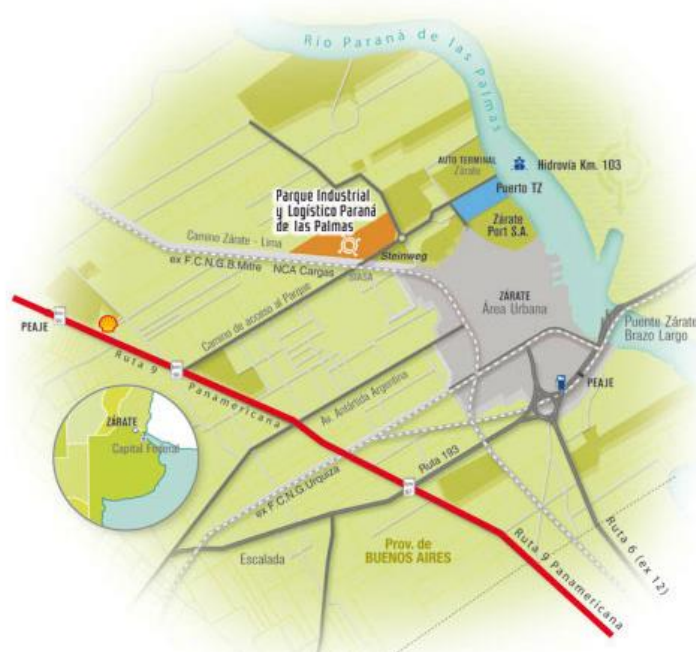


Ilustración 1: Parque Industrial Zárate. Fuente: Parque Industrial y Logístico Paraná de las Palmas – Zárate, <https://www.pliz.com.ar>

3-Agua

El agua utilizada en la planta tendrá una fuente principal, la de los pozos de perforación:

- El agua con destino utilizada en baños, vestuarios, comedor, etc. será agua de tratada de pozo, pero no apta para el consumo, mientras que el agua para consumo de los empleados será de dispensers o agua embotellada.
- Agua con destino a la producción

A continuación, un resumen de la caracterización del agua:

Uso/ Identificación	Fuente
Planta de ósmosis inversa para producción de agua desmineralizada	Agua cruda extraída de los pozos de explotación.
Producción de lignina y fibras de carbono	Agua desmineralizada.
Agua de refrigeración	Agua desmineralizada
Tanque Australiano para red de incendio	Agua cruda extraída de los pozos de explotación.
Oficinas	Agua de red - Dispensers
Comedor	Agua de red - Dispensers
Vestuarios	Agua de red
Limpieza de instalaciones	Agua cruda extraída de los pozos de explotación.
Planta de tratamiento de efluente	Efluente de agua industrial – cloacal.
Riego	Lluvia- agua cruda extraída de pozos de explotación

Tabla 1: Caracterización de consumos de agua.

Cabe destacar que, para poder explotar los pozos perforados, se deberá contar con un permiso de explotación del recurso hídrico subterráneo para uso industrial. En virtud de la expedición de los permisos de explotación de agua y permiso de vuelco, La Autoridad del Agua (ADA) emitió una nueva Resolución (RES. 333/2017) definiendo un nuevo régimen de estudios necesarios para la emisión de los permisos. Uno de ellos es el Estudio de Prefactibilidad de Aptitud hídrica en el terreno de la actividad.

Los puntos a tener en cuenta para la explotación eficiente de agua serán:

- Apuntar a un consumo eficiente y no a la explotación excesiva de los pozos. Inicialmente los consumos serán:

Almacenamiento	90,17	m3
Agitación básica	626,45	m3
Hidrolisis	14,18	m3
Filtración 1	1,00	m3
filtración 2	1,00	m3
Hilado	5,00	m3
Caldera	140,00	m3
Otros	43,89	m3
Total mensual	3686,79	m3

Tabla 2: Consumo de agua mensual.

Estos consumos están basados en el balance de materia y a través de la mejora continua de los procesos y operaciones, se intentará disminuir el consumo y por consiguiente mejorar la sustentabilidad e impacto ambiental de la planta. Para cubrir estos consumos se contará con dos pozos de explotación y un permiso de explotación límite de 18.000 m³.

- Contar con procedimientos y documentación para garantizar una gestión eficaz de los recursos hídricos y los sistemas de tratamiento y suministro de agua.
- Desarrollar un programa preventivo de mantenimiento e inspección que incluya equipo asociado con el suministro de agua
- Monitorear los volúmenes de consumo de agua (incluyendo la extracción) y el porcentaje de agua reutilizada o reciclada.
- Monitorear la calidad del agua para asegurar que cumple con los estándares de agua desmineralizada y de agua potable en un laboratorio autorizado por la OPDS.

2.1 - Agua blanda

El agua blanda utilizada en la producción tendrá la siguiente especificación:

Parámetro	Valor
pH	6- 8
Dureza (mg/L)	< 0,3
Cloro residual (ppm)	< 1
Recuento microbiano (ufc/ml)	< 100
Ausencia de coliformes y pseudomonas (ufc/ml)	< 1

Tabla 3: Parámetros de agua blanda

El agua cruda proveniente de los pozos de perforación tendrá el siguiente tratamiento:

- **Cloración:** tratamiento bacteriológico del agua cruda
- **Filtros de pretratamiento de agua:** tratamiento físico para separar partículas en suspensión.
- **Decloración**
- **Ablandador de agua:** Se contará con dos equipos de una capacidad de 30 m³/h.



Ilustración 2: Ablandadores industriales. Fuente: Pure Aqua Inc.
<https://es.pureaqua.com/suavizador-de-agua-industrial/>

- **Acumulación de agua:** Se contará con tanques de stock para cubrir los consumos pico de agua durante los días de producción de lignina.

2.2.- Agua de refrigeración

El agua de refrigeración se utiliza en diferentes equipos de la instalación industrial en particular para los procesos de:

- Intercambiador de calor luego de agitación básica
- Sistema de enfriamiento de extrusora

La temperatura del agua de refrigeración que disminuye desde 50 a aproximadamente 20°C utilizando torres de refrigeración y una parte de la corriente de salida de las mismas será enfriada mediante chillers desde 20 a 5°C, en el caso del agua de refrigeración de la extrusora.

Una torre de refrigeración es un equipo en el cual se produce el enfriamiento de agua por transferencia de calor y masa al aire que se pone en contacto con el agua en el

interior de la torre. Es importante conseguir el mayor contacto posible lo cual se consigue mediante la colocación de un relleno.

El agua entra en las torres de refrigeración por su parte superior y se pulveriza uniformemente sobre el relleno mediante unos distribuidores.

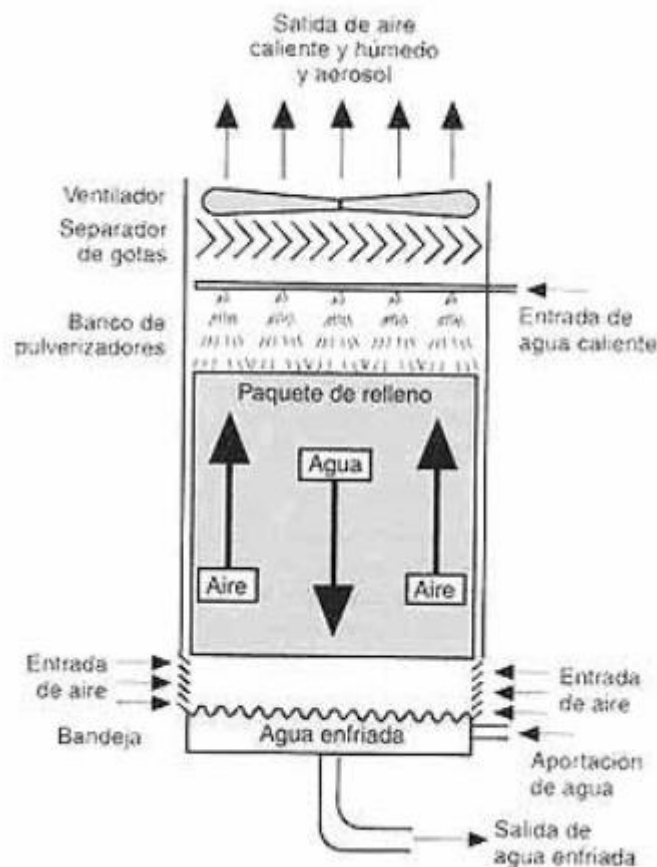


Ilustración 3: Esquema de funcionamiento de una torre de refrigeración.

Un chiller (o enfriador de agua) es un equipo que produce agua fría para procesos industriales. Consiste en un proceso cerrado donde se extrae el calor generado por contacto con agua.

Es un sistema completo de refrigeración que incluye un compresor, un condensador, evaporador, válvula de expansión (evaporación), refrigerante y tuberías, además de bomba de impulsión de agua a/desde el proceso, sistema electrónico de control del sistema y depósito de agua.

4-Gases Industriales

4.1- Oxígeno líquido clase industrial

Para la provisión de oxígeno durante la etapa de oxidación se cuentan con tanques criogénicos debido al alto consumo durante esta etapa de 55 h.

Este tipo de tanque consta de un recipiente interior de acero inoxidable para soportar bajas temperaturas, y uno exterior de acero al carbono, aislados entre sí por una combinación de alto vacío y material aislante.

Con respecto a la regulación de la presión, los tanques criogénicos tienen un sistema que vaporiza líquido para aumentar la presión cuando ésta baja, a medida que se descarga el tanque criogénico. En caso de presión excesiva, entrega gas a la línea de consumo, con lo que la presión baja rápidamente.

Los tanques criogénicos deben estar equipados con válvulas de alivio y discos estallantes, para dejar escapar el gas si hay un aumento excesivo de presión a causa de algún imprevisto.

Teniendo un consumo aproximado de 10 m³/h. ton (20°C), es decir, 1815 m³, elegimos el siguiente tanque:

Capacidad de líquido (gal)	Capacidad equivalente de gas a 21 °C, 1 atm (pies ³)	
	Oxígeno	Nitrógeno
900	103590	83799
1500	172650	139665
3000	345300	279330
6000	609600	558660
13000	1496300	1210430
15000	1726500	1396650

Tabla 4: Capacidades de tanques estacionarios, INFRASAL.

4.2- Nitrógeno líquido clase industrial

En función del consumo para la etapa de carbonización que tiene duración de 1,3 h., se decidió contar un termo de gas Nitrógeno.



Ilustración 4: Termos de Nitrógeno Líquido. Fuente: Indura

Los termos son envases portátiles para líquidos criogénicos, fabricados de doble pared con aislamiento de alto vacío, y dispositivo de alivio de presión. El recipiente interior es de acero inoxidable y el exterior puede ser de acero al carbono o acero inoxidable. El alto vacío evita la transferencia de calor, lo que permite mantener la baja temperatura requerida. Posee dispositivos que mantienen la presión dentro de límites prefijados, vaporizando líquido cuando la presión baja y sacando gas de la fase gaseosa cuando la presión sube. Pueden entregar su contenido tanto en estado líquido como gaseoso, abriendo en cada caso la válvula correspondiente. El rango normal de presiones de trabajo es de 2 a 14 bar (29 a 203 psi). Permiten suministrar gas en forma estable con flujo continuo de hasta 9 m³/hr. o, durante muy breves períodos, de hasta 28 m³/h. Cuando es necesario un flujo mayor, se usa un vaporizador externo que permite alcanzar flujos estables superiores a 14 m³/h.

En cuanto a su sistema de seguridad, cuentan con válvula de alivio para uso gas, a 16 bar (232 psi); válvula de alivio para uso líquido, a 1,5 bar (22 psi) y disco estallante del estanque interior a 26 bar (377 psi).

El equipo elegido es el siguiente:

Taylor Wharton MODELO XL-50 / XL-50 HP	Presión de trabajo	Kg	M3
Oxígeno líquido	150	188,2	139
	300	173,3	128
	22	146,9	124
Nitrógeno líquido	150	132,7	112
	300	122,1	103
Argón líquido	300	213,1	126
CO ₂	300	178	95,2

Tabla 5: Catalogo Indura. Fuente: Indura.

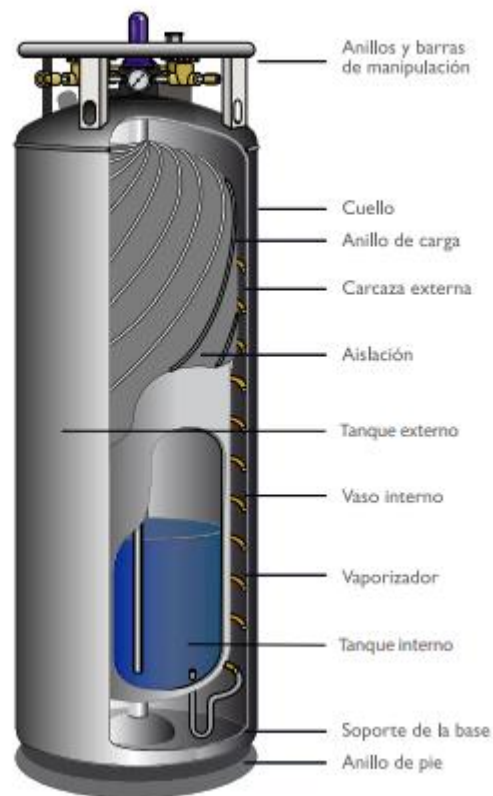


Ilustración 5: Esquema de componentes de un termo de gas industrial. Fuente: Indura

4.3- Dióxido de carbono clase industrial

Para el consumo de la etapa de Fundición e Hilado, se contarán con tubos de gas que cubran este consumo, que es bajo a comparación del de oxígeno y nitrógeno. Los mismos son de Cuerpo y Ojiva gris.



Ilustración 6: Color de Identificación Cilindro, Fuente: Manual de Gases Indura

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

El dióxido de carbono forma ácido carbónico en presencia de humedad. Por este motivo las instalaciones que van a usarse con CO₂ deben someterse a un procedimiento de secado antes de su utilización, con calentamiento a 120°C por lo menos 30 minutos y luego aplicación de vacío o barrido con gas seco.

5-Suministro de Vapor

Las operaciones a las que se les debe suministrar vapor son las siguientes:

- Agitación básica
- Secado al vacío
- Extrusión
- Fundición e hilado

Para la producción de vapor se utilizará una caldera de vapor humotubular horizontal de tres pasos efectivos de gases para cubrir el consumo de vapor de la planta. Su diseño se basa en un cuerpo o tambor de agua que es atravesado por tubos de gases y son ampliamente utilizadas para medianas presiones (hasta 20 kg/cm²).

La circulación se inicia desde el quemador, siendo el horno el primer paso efectivo de gases, al llegar al final de este se direcciona por el primer haz de tubos, siendo este el segundo paso efectivo de gases, estos se direccionan hacia adelante y chocan con la puerta delantera de la caldera, dirigiéndose por el segundo haz de tubos o tercer paso efectivo de gases hasta salir evacuados por la chimenea a la atmósfera.

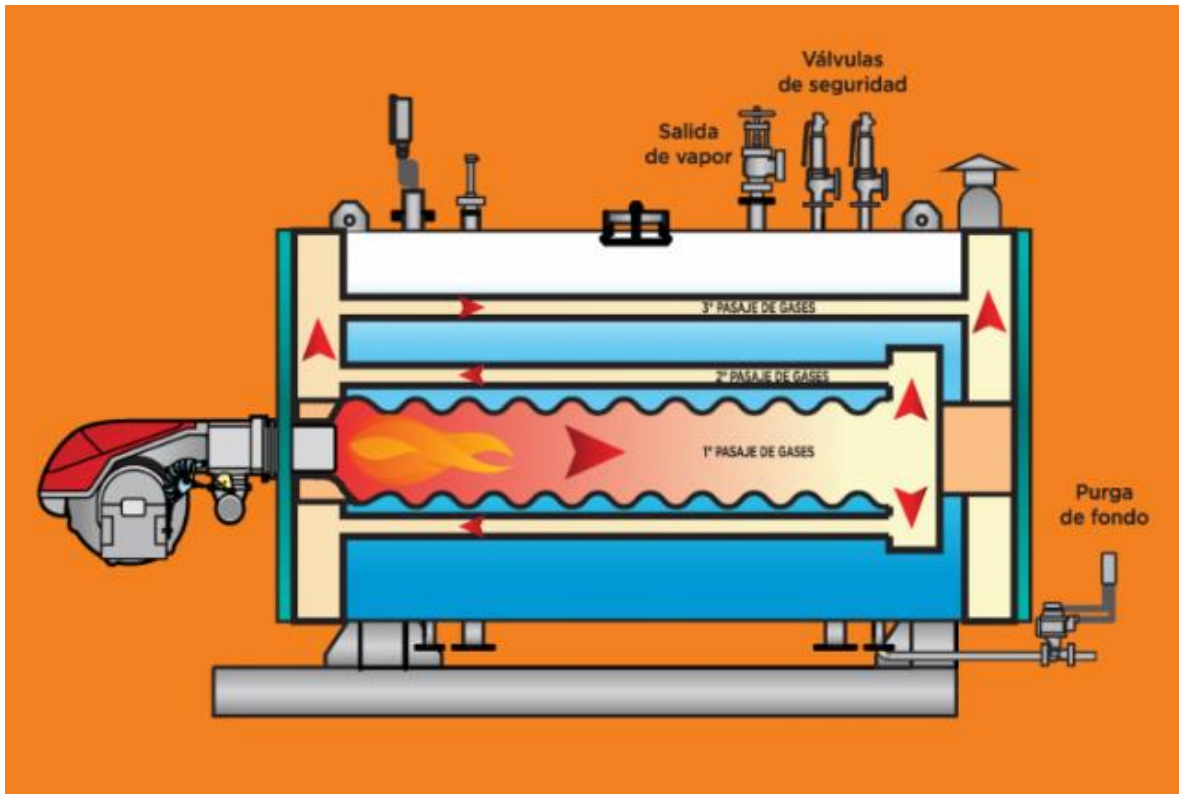


Ilustración 7: Esquema de una caldera humotubular de tres pasos. Fuente: Calderas Markowicz.

Se contarán con dos calderas de 120 ton/h, capaces de cubrir el consumo pico de vapor durante la operación de agitación básica, aptas para consumir gas o gasoil. El gas utilizado será proveniente del biodigestor o de la red de gas del parque industrial.



Ilustración 8: Caldera Industrial de vapor. Fuente: Catálogo Viessman.

6- Sistema de vacío

Se debe contar con un sistema de vacío capaz de poder cubrir las necesidades de las operaciones de Secado y Extrusión.

Dado que para la operación de secado se requiere vacío continuo por debajo de 10^{-2} mmHg, se optó por la utilización de una bomba de vacío turbomolecular.

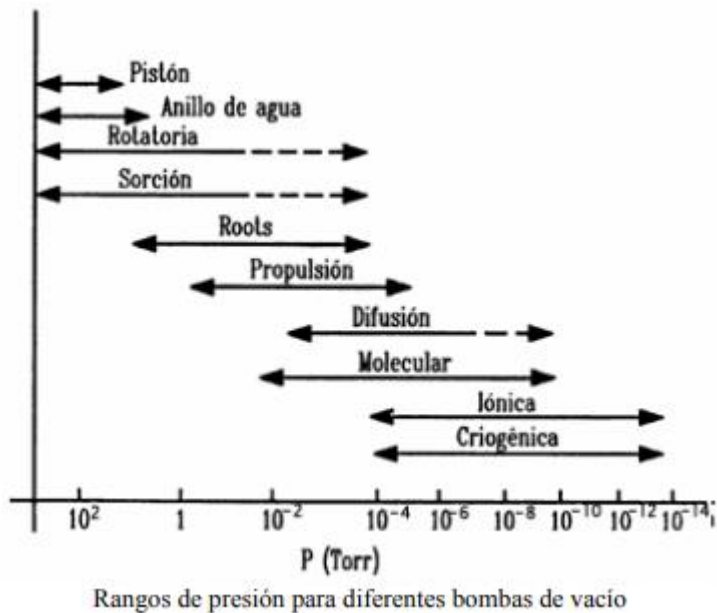


Ilustración 9: Rangos de presión para diferentes bombas de Vacío. Fuente: Cátedra Operaciones Unitarias I, FIUBA, Técnicas de vacío.

Su funcionamiento se basa en la transferencia de momento de los álabes impulsores de una turbina a las moléculas de gas (similar al efecto de un ventilador impulsando el aire). Al igual que las bombas difusoras, su velocidad de bombeo es alta, y también necesita de una bomba rotatoria de apoyo. La bomba turbomolecular es muy versátil, puede producir diversos niveles de vacío, desde medio hasta ultra-alto ($\sim 10^{-7}$ mBar). La alta capacidad de bombeo de este tipo de bombas es compatible con grandes cargas.

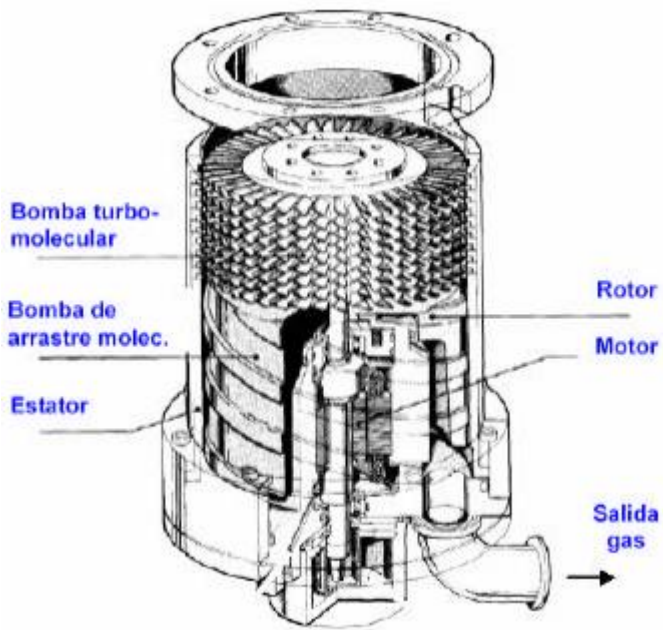


Ilustración 10: Bomba turbomolecular. Fuente: Cátedra Operaciones Unitarias I, FIUBA, Técnicas de vacío.

7. Sistema de Aire Comprimido

El aire comprimido se emplea en la planta para accionar las válvulas neumáticas de control y las herramientas neumáticas del sector de mantenimiento. La presión de trabajo será de 6 kg/cm², que se llevará a cabo mediante dos compresores helicoidal de tornillo. Este tipo de compresor está formado por dos rotores helicoidales que giran entre sí.

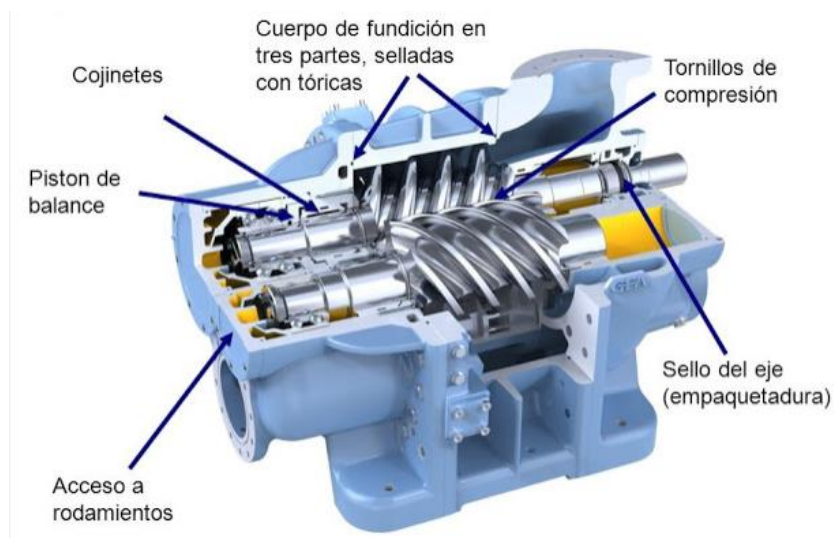


Ilustración 11: Compresor helicoidal.

Los dos rotores nunca llegan a tocarse gracias al sincronismo entre las dos partes y a que mantienen una separación suficiente entre las superficies de los rotores. Este funcionamiento evita el rozamiento y el desgaste, por lo tanto, el equipo no requiere lubricación en el espacio de compresión.

Este tipo de compresor es apto para presiones y caudales medios.

Por otro lado, se contará con un acumulador de aire comprimido para compensar las oscilaciones de presión en la red de tuberías a medida que se consume aire comprimido.

8. Planta de tratamiento de Efluentes

La Planta de Tratamiento de Efluentes Industriales y Cloacales tiene por objetivo la depuración de los desagües industrial y cloacal del establecimiento, previo a su vertimiento en el cuerpo receptor, que es el Río Paraná.

La instalación consiste, fundamentalmente, en Pretratamientos y en un Tratamiento Biológico Aeróbico suficientemente extendido compuesto por tres lagunas Aireadas en serie, las dos primeras, Aireadas Aeróbicas y la última, Aireada Facultativa, con el fin de obtener una eficiente depuración.



Ilustración 12: Emplazamiento del parque industrial. Fuente: Google Maps.

El efluente tratado debe cumplir con los límites permisibles de vuelco establecidos por la Resolución 336/2003 de la Autoridad del Agua de la Pcia. De Bs.As. (ADA); en este caso, considerando las características propias de los desagües generados.

Los parámetros críticos que considerar son los siguientes:

- * pH: 6,5 a 10,0
- * DBO: máximo 50 mg/l
- * DQO: máximo 250 mg/l
- * Sólidos Sedimentables en 10 min: máximo 0,1 ml/l
- * Sólidos Sedimentables en 2 hs: máximo 1 ml/l
- * Detergentes (SAAM): máximo 2 mg/l
- * Cloro libre: máximo 0,5 mg/l
- * Bacterias coliformes fecales: máximo 2000 NMP/100 ml
- * SSEE: máximo 50 mg/l
- * Sustancias Fenólicas: máximo 0,5 mg/l
- * Nitrógeno amoniacal: máximo: 25 mg/l
- * Fósforo total: máximo 1 mg/l

8.1- Pretratamiento

Desengrasador – Decantador: Los efluentes líquidos industriales originados en los diferentes sectores productivos del establecimiento escurren por gravedad hasta una unidad de pretratamiento consistente en un Desengrasador- Decantador, que tiene como finalidad retener los sólidos suspendidos sedimentables y flotantes (vestigios de insolubles en agua) que pudieran contener los líquidos para luego, unificarse con los efluentes cloacales y ser enviados a la planta de tratamiento existente en la planta.

Filtro - Cámara de rejas: El efluente ya a tratar escurre por gravedad hacia una cámara de separación donde se en esta Cámara de Rejas se retiran los sólidos suspendidos y luego, se bombea el líquido a la próxima etapa, la primera unidad del Sistema de Tratamiento Biológico Aeróbico.

8.2-Tratamiento Biológico –Lagunas aireadas

Como ya se mencionó, el tratamiento de efluentes líquidos consistía en un sistema compuesto por dos lagunas Aireadas Aeróbicas de 1500 m³ de cada una y una Laguna Aireada Facultativa, de 4000 m³. Ambas lagunas aeróbicas pasarán a ser los Reactores Biológicos de barros activados que trabajarán en serie. La laguna aireada facultativa se mantendrá en las condiciones que viene operando.

El desagüe en conjunto, industrial y cloacal es impulsado desde el Pozo de bombeo existente, hacia el Reactor Biológico 1 (Laguna Aireada), de Primera Etapa, donde existe un cultivo microbiano aerobio, fundamentalmente bacteriano, llamado biomasa o barro activado, presente en forma de flóculos suspendidos. Dadas las características de biodegradabilidad del desagüe a tratar, en este Reactor se remueve un alto porcentaje de la materia orgánica (DBO, DQO).

El contenido del mismo, efluente tratado y masa microbiana, que se denomina licor mixto o líquido mezcla, pasa por gravedad al Reactor Biológico 2 (Laguna Aireada), de

Segunda Etapa, con lo que se completa el proceso biológico de degradación y estabilización en este sistema, quedando un pequeño remanente de materia orgánica en el desagüe tratado.

En ambos Reactores se implementa un sistema de incorporación de aire de capacidad suficiente como para proveer el oxígeno requerido (40 kg O₂/h) para la respiración de los microorganismos actuantes y establecer el régimen de mezcla completa que mantenga a los sólidos microbianos en suspensión y en contacto con el desagüe en tratamiento.

La Permanencia Hidráulica de cada Reactor es de 4,2 días y la cantidad de biomasa en cada uno, medida como Sólidos Suspendidos Volátiles, es del orden de 3.200 mg/l.

Con respecto a los equipos aireadores necesarios para proveer el oxígeno requerido para la respiración de los microorganismos actuantes y establecer el régimen de la mezcla completa que mantenga a los sólidos microbianos en suspensión y en contacto con el desagüe en tratamiento, se han instalado aireadores de las siguientes características:

Sedimentador: El líquido mezcla proveniente del Reactor Biológico 2 pasará por gravedad al Sedimentador, donde se separará el barro activado del desagüe tratado. El sedimentador será de sección circular, con un barredor mecánico de fondo que arrastrará el barro sedimentado a una tolva, desde la cual será extraído mediante bombeo. Esta unidad de tratamiento se construirá totalmente.

Una parte del barro sedimentado será recirculado en forma continua al Reactor Biológico 1, para mantener la concentración requerida de microorganismos que permitan alcanzar una elevada eficiencia en la remoción de DQO y DBO; en cambio, la restante será purgada del sistema para enviarla a su sistema de tratamiento correspondiente. La recirculación de biomasa hacia el Reactor Biológico 1 se efectuará mediante dos (2) bombas centrífugas de eje horizontal y rotor abierto, de 20 m³/h de capacidad cada una, funcionando en forma secuencial una por vez. En la cañería de

recirculación se instalará un caudalímetro de lectura directa, de modo tal que puede regularse el caudal de recirculación operativo mediante el accionamiento manual de una válvula tipo esférica. En principio, dicho caudal será similar al caudal medio horario del desagüe en tratamiento.

En tanto, el líquido clarificado descargará por gravedad en la Laguna Aireada Facultativa, como etapa final del afinamiento de su calidad.

Laguna Aireada Facultativa - Tratamiento Biológico de Afinamiento

En la Laguna Aireada Facultativa se vuelca el efluente clarificado proveniente del Sedimentador, conteniendo los sólidos conformados del Fosfato de Aluminio insoluble. Por lo tanto, en esta etapa no sólo se busca asegurar el cumplimiento de los límites permisibles de vuelco, sino que también se busca mejorar la calidad química y bacteriológica del desagüe tratado, antes del proceso de desinfección.

El barro semisólido será deshidratado en la Centrífuga y enviado a su disposición final, junto con los barros a deshidratarse del sedimentador, por empresas autorizadas por el OPDS.

8.3- Disposición final

Cámara de cloración:

Con el objetivo de desinfectar el desagüe final el efluente pasa por una cámara de cloración en donde se dosifica Hipoclorito de Sodio en solución. Así, el efluente es sometido a la acción desinfectante de dicho producto químico. Esto se lleva a cabo mediante de un tanque de Hipoclorito de Sodio instalado al lado del local de la centrífuga.

Tratamiento del Barro Biológico excedente:

Como ya se indicó, una vez que se ha alcanzado el nivel de concentración óptima de Sólidos Suspendidos Totales en los reactores biológicos, se separará el barro excedente

del sistema. La derivación desde el sedimentador al espesador se realizará a través del conducto de purga, alimentado desde las mismas cañerías de impulsión de las bombas de recirculación. En este caso, mediante un caudalímetro de lectura directa y una válvula reguladora se podrá cuantificar la cantidad de barro a purgar del Sistema.

El Tratamiento del barro excedente se fundamenta en eliminar una cantidad importante de la humedad, hasta obtener un residuo semisólido exento de líquido libre y factible de ser acumulado en un contenedor, con un porcentaje de humedad inferior al 82%, equivalente a un contenido de Sólidos secos mayor del 18%.

El Tratamiento de los barros consistirá en dos etapas: Espesamiento y Deshidratación. La operación de espesamiento consistirá en disminuir el contenido de líquido del barro por acción de la gravedad mediante una centrífuga tipo “Decanter”. El líquido filtrado será impulsado a la Laguna Aeróbica 1. El barro deshidratado será almacenado en un contenedor.

Por último, los barros van a depositarse a un contenedor para luego ser retirado por empresa externas habilitadas por el OPDS para su biodegradación asistida.

9. Biodigestor

Para el tratamiento del bagazo agotado durante la etapa de agitación básica, luego separado mediante filtración, como también aquellos desechos sólidos menores que puedan generarse durante el almacenamiento, molienda, clasificación de sólidos, etc. se cuenta con un biodigestor para la producción de biogás, que luego alimentará la caldera de vapor.

El bagazo agotado u otros sólidos de alimentación deben ser lavados y acondicionados hasta llegar a un pH dentro del rango 7- 8. Asimismo, se debe adicionar agua (que será proveniente de la planta de tratamiento de efluentes antes de la etapa de cloración) hasta un 75% de sólidos totales.

El agua de lavado residual será tratada en la planta de tratamiento de efluentes

Según datos experimentales, a partir de bagazo acondicionado pueden obtenerse hasta $0,0144 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, por lo tanto:

Producción de biogás = 337,64328 m³/ lote

El biogás obtenido se utilizará como combustible de la caldera, pero teniendo en cuenta que el poder calorífico del biogás es aproximadamente un 46% menor que el del gas de red, por lo que se deberá también utilizar el suministro de gas natural brindado por el parque industrial.

Con respecto a los lodos residuales de la cámara de biogás, estos pueden comercializarse como compost.

10. Bibliografía

Svensen, F. (2011). *Sistema de aprovechamiento del biogás en calderas*. ITBA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Rodriguez Venady, C. A., (2012). *Producción de biogás a partir del bagazo cervecero*. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Ferrari, J.; Villagra, S.; Claps, L.; Tittone, P. (2017). *Reutilización de bagazo de cebada cervecera por secado y pelletización como suplemento forrajero*. INTA, Bariloche, Argentina.

Parque Industrial y Logístico Paraná de las Palmas – Zárate, <https://www.pliz.com.ar>

Manual de Gases INDURA, <http://www.indura.com.ar/>

Catálogo de Hornos e Instalaciones de Tratamiento Térmico Nabertherm, https://www.nabertherm.es/produkte/advancedmaterials/advancedmaterials_spanish.pdf

Cátedra Operaciones Unitarias I, FIUBA, Técnicas de vacío, http://materias.df.uba.ar/l4ba2017c2/files/2012/07/vacio_lab04_Acha.pdf

Calderas Markowicz, <http://calderasargentinas.com.ar/modelos-y-especificaciones/>

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**Producción de fibra de carbono a partir
de bagazo de cerveza**

Capítulo 11: Sistema de Gestión Integrado

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final - Plantel Docente

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos Prácticos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren

Contenido

1- Introducción	3
2- Implementación del SGI.....	6
2.1- Contexto de la Organización (4.1).....	6
2.2- Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas (4.2)	7
2.3- Determinación del alcance (4.3)	8
2.4- Sistema de Gestión y sus procesos (4.4)	8
2.5- Política (5.2)	9
2.6- Roles, responsabilidades y autoridades (5.3).....	9
2.7- Riesgos y Oportunidades (6.1.1)	12
2.8- Objetivos y planificación (6.2).....	13
2.9- Gestión del cambio (6.3)	14
3- Bibliografía.....	15

1- Introducción

El Sistema de Gestión Integrado (SGI) incluye al Sistema de Gestión de Calidad (SGC), Sistema de Gestión Ambiental (SGA) y al Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST). De esta forma, se establece como objetivo obtener la certificación en las normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018, ya que resulta ser una forma coherente de desarrollar los procesos teniendo en cuenta todos los requisitos de las normas.

A continuación, se presenta el objeto de cada una de estas normas.

- **ISO 9001:2015** → Aspirar a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos.
- **ISO 14001:2015** → Ayudar a una organización a lograr los resultados de su SGA, con lo que aporta valor al medio ambiente, a la propia organización y a sus partes interesadas.

En coherencia con la política, los resultados previstos incluyen:

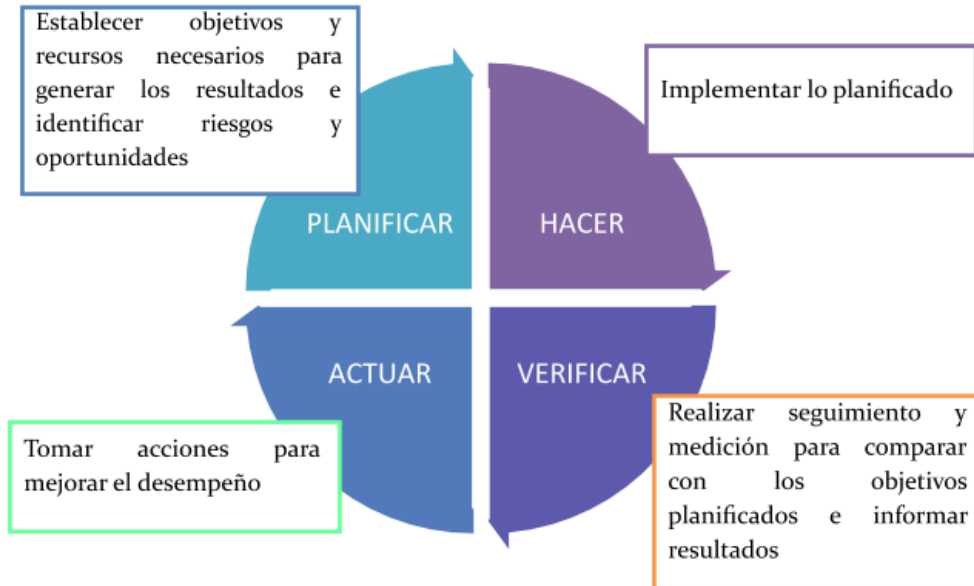
- La mejora del desempeño ambiental
- El cumplimiento de los requisitos legales y otros
- El logro de los objetivos ambientales
- **ISO 45001:2018** → Prevenir lesiones y deterioro de la salud, relacionados con el trabajo, a los trabajadores, y proporcionar lugares de trabajo seguros y saludables; eliminar los peligros y minimizar los riesgos para la SST, mejorando su desempeño en SST.

Los objetivos en la implementación de un SGI son:

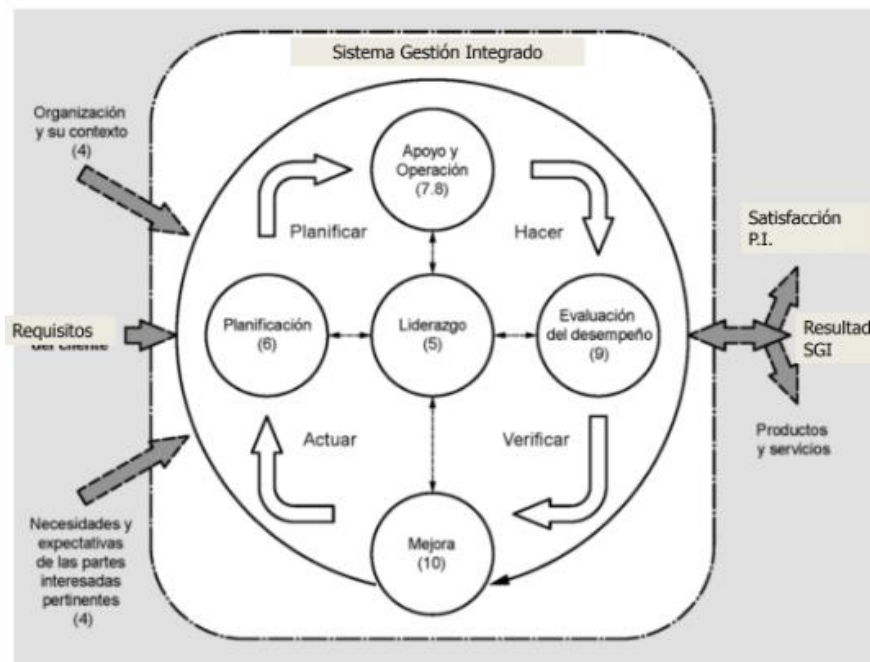
- Identificar, gestionar y reducir los impactos ambientales, los riesgos de la SST y los errores, aumentando la satisfacción de las partes interesadas.
- Mejorar continuamente el desempeño de la empresa.
- Llevar adelante las actividades en forma consistente con una política, así como con los objetivos relacionados.

Con el cambio de las OHSAS a la ISO 45001, en el 2018 se logró generar, entre las 3 normas, una estructura de alto nivel, ya que presentan una idéntica estructura de requisitos, un idéntico texto base y términos y definiciones centrales comunes. Esto es importante ya que facilita la implementación del SGI en conjunto.

Uno de los pilares de las tres normas es el ciclo PHVA (Planear Hacer Verificar Actuar).



Como se puede ver en la siguiente figura, cada uno de los requisitos de las normas pueden ubicarse en algún estadio de dicho ciclo.



Estos requisitos, como ya fue mencionado, corresponden a una nueva estructura, definida a continuación.

4. Contexto de la organización	Contexto, P.I., Alcance
5. Liderazgo	Compromiso, Política, Roles, Responsabilidades, Consulta y Participación
6. Planificación	Acciones para abordar Riesgos y Oportunidades, Objetivos
7. Apoyo	Recursos, Competencia, Toma de Conciencia, Comunicación, Información Documentada
8. Operación	Planificación y Control Operacional, Requisitos para los Productos y Servicios, Diseño y Desarrollo de Productos y Servicios, Control de Procesos Externos, Producción, Liberación, Salidas NC, Emergencias.
9. Evaluación del desempeño	Seguimiento, medición, análisis y evaluación, Auditoría Interna, Revisión por la Dirección
10. Mejora	NC, AC, Mejora Continua

El punto 8, correspondiente a la operación, es el que más varía en función de la norma.

Otro de los pilares del SGI es el pensamiento basado en riesgos.

Se define al riesgo como el efecto de la incertidumbre sobre un resultado esperado, pudiendo ser, entonces, tanto positivo (comúnmente denominado *oportunidad*) como negativo.

Los pasos para aplicar el pensamiento basado en riesgos podrían resumirse de la siguiente manera:

1. Determinar riesgos que pueden afectar la organización. Se requiere que la alta dirección se comprometa a promover el análisis de riesgo.
2. Planificar acciones para abordar los riesgos y oportunidades
3. Implementar un proceso para abordar riesgos y oportunidades
4. Monitorear, medir, analizar y evaluar el proceso
5. Mejorar como respuesta a los cambios de riesgo

2- Implementación del SGI

A continuación, se hará una breve descripción de las herramientas a utilizar para la implementación del SGI, teniendo en cuenta los requisitos de cada una de las normas. Se hará hincapié en los primeros requisitos. Los últimos se establecerán de forma más sintética.

2.1- Contexto de la Organización (4.1)

Se redactará un procedimiento que defina al contexto interno y externo, así como la metodología para determinarlo. La revisión del mismo se hará anualmente.

- **Contexto Interno:** considera cuestiones relativas a los valores, la cultura, los conocimientos y el desempeño de la organización.
- **Contexto Externo:** considera cuestiones que surgen de los entornos legal, tecnológico, competitivo, de mercado, cultural, social y económico, ya sea internacional, nacional, regional o local.

La herramienta que se utilizará será la matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas).



De esta forma, se identifican las fortalezas y debilidades dentro de la organización y las oportunidades y amenazas que presenta el contexto externo.

2.2- Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas (4.2)

Se redactará un procedimiento que ayude a la identificación de las partes interesadas pertinentes a la operación de la organización, así como a la evaluación de sus necesidades y expectativas. Éste se revisará anualmente.

Entre otras, las partes interesadas pueden ser enumeradas dentro de dos grupos:

- Grupos de interés dentro de la organización
 - Alta Dirección
 - Casa Matriz
 - Accionistas principales
 - Equipo ejecutivo de dirección
 - Empleados

- Grupos de interés fuera de la organización
 - Clientes
 - Contratistas
 - Proveedores
 - Reguladores de la SST, medio ambiente y de productos
 - Sindicatos
 - Organismos de certificación

- Competencia

Se utilizará como herramienta, una matriz que incluya los siguientes campos:

Parte Interesada	Expectativas / Necesidades	¿Requisitos legales / Otros requisitos?

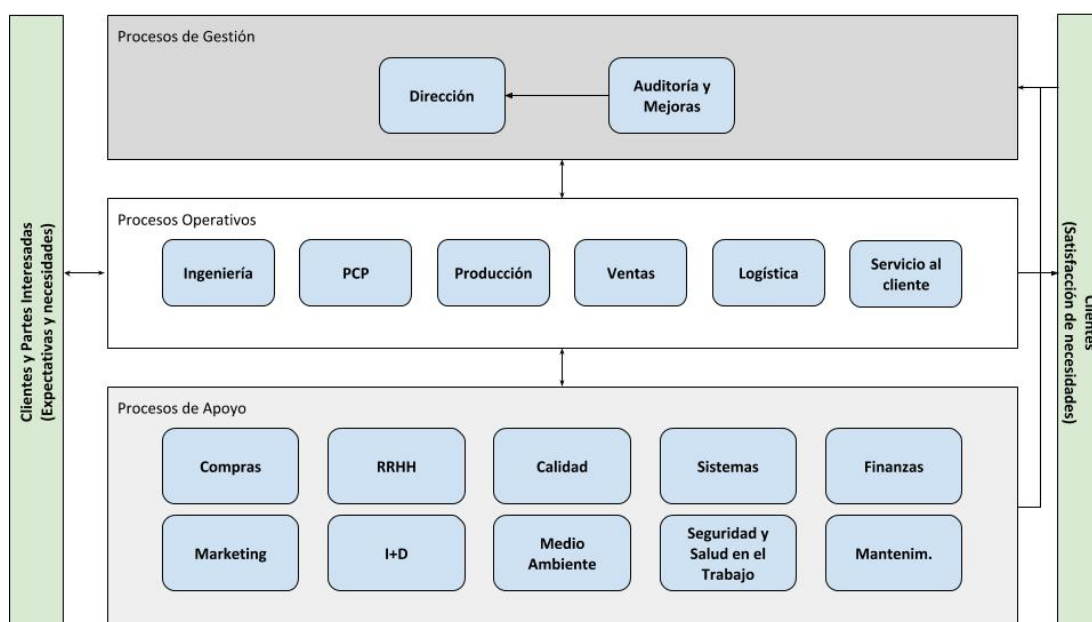
De esta forma, por cada parte interesada identificada, se analiza que es lo que requiere de la empresa y qué es lo que espera obtener. Luego, se identifica si esos requerimientos corresponden a un requisito legal o a un requisito de la empresa. En caso afirmativo, la parte interesada, junto con dicha necesidad/expectativa, pasa a ser de importancia y hay que hacerle un seguimiento. En el caso contrario, se puede decidir, justificando, considerar a la parte interesada importante o no.

2.3- Determinación del alcance (4.3)

En nuestro caso particular, el alcance del SGI será la producción de fibra de carbono en la planta de Zárate.

2.4- Sistema de Gestión y sus procesos (4.4)

Se realiza el mapa de procesos de la empresa.



2.5- Política (5.2)

Se redacta la política integrada, teniendo en cuenta los requisitos de las tres normas, correspondientes a los compromisos. Los mismos aparecen resaltados para su fácil identificación.

Política integrada

Somos una empresa de producción de fibra de carbono, en búsqueda permanente del desarrollo en un entorno profesional de negocios, que permita la evolución económica a largo plazo y el mantenimiento de un crecimiento sostenido con origen en el cumplimiento responsable de los objetivos dentro de un clima de trabajo interactivo que fomente la creatividad, el apego a la ética comercial y a los valores humanos.

Continuamente reinventamos nuestra gestión para su simplificación y mayor efectividad.

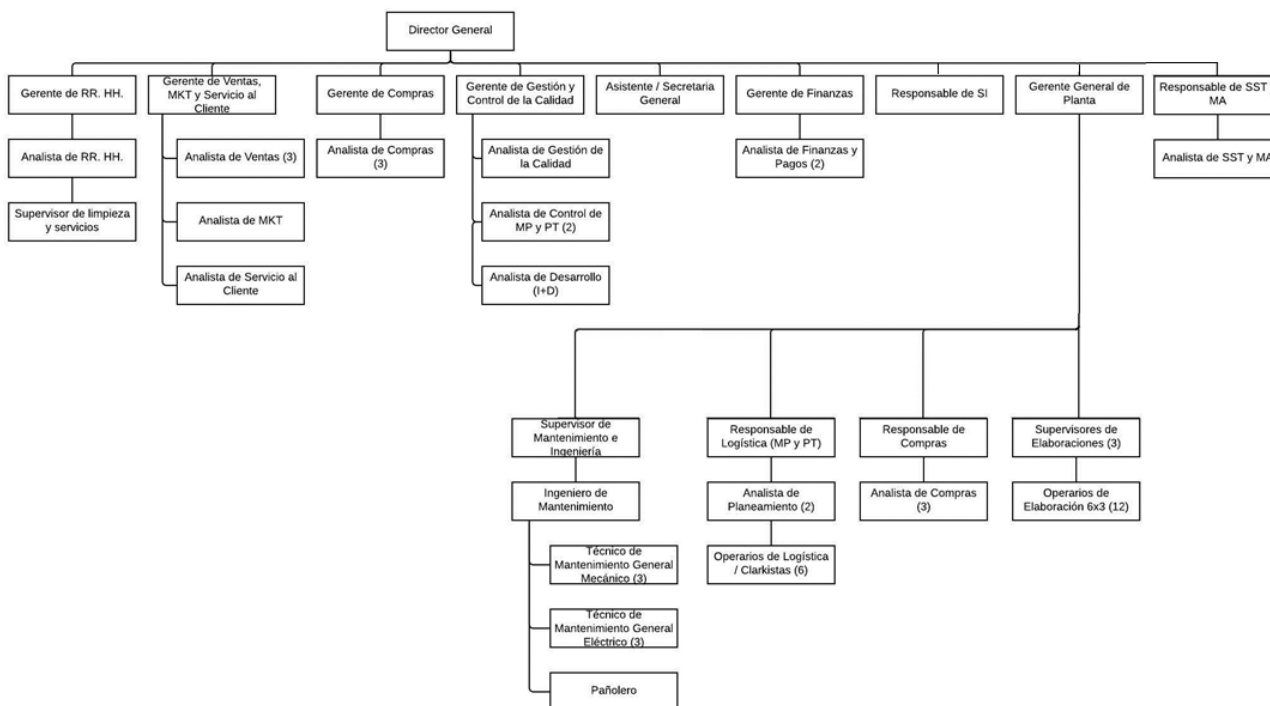
Creemos en la importancia de una comunicación fluida, fortaleciendo el crecimiento mutuo y sustentable.

Nuestro compromiso fundamental es producir con la mayor eficacia posible y siempre en **condiciones de trabajo seguras y saludables, previniendo lesiones y el deterioro de la salud** relacionados con el trabajo de nuestros colaboradores; **eliminando los peligros y reduciendo los riesgos**; promoviendo la **consulta y la participación de los trabajadores o sus representantes**; **protegiendo el medio ambiente y previniendo la contaminación** para la comunidad y generaciones futuras, como así también **cumpliendo con los requisitos legales y otros requisitos aplicables** a nuestra actividad. El trabajo en equipo es parte fundamental de nuestro crecimiento, **comprometiéndonos con la mejora continua del sistema de gestión integrado** y la sustentabilidad del mismo.

La Dirección

2.6- Roles, responsabilidades y autoridades (5.3)

Se genera el organigrama de la empresa:



También será necesario definir el perfil de cada puesto, para poder determinar las responsabilidades, así como la formación, experiencia y competencias necesarias, para realizar programas de capacitación, entre otras cosas.

A continuación, se presenta, a modo de ejemplo, el perfil de puesto del gerente de recursos humanos.

Perfil del Puesto	
Cargo	Gerente de RR. HH.
Dependencia Directa	Director General
Cargos que supervisa	Analista de RR. HH. Supervisor de Limpieza y Servicios
Responsabilidades del puesto	

Gestionar aspectos legales aplicables a la actividad principal de la Empresa	No
Personal a cargo	Sí
Herramientas, unidades y equipos a cargo	No
Aprobación de servicios, facturas o pagos	No
Dinero, valores o documentos similares	No
Información Confidencial	Sí
Representación legal o comercial ante terceros	No
Firma de certificados para terceros	No
Trato directo con el cliente	No
Formación / Experiencia	
Secundario completo	R
Título universitario	O
3 años de experiencia en actividades similares	O
Habilidades / Competencias	
Normas ISO 9001	O
Comunicación efectiva	R
Trabajo en equipo colaborativo	R
Capacidad resolutiva y toma de decisiones	R
Planificación y organización del trabajo	R
Liderazgo de proyectos	R

Habilidad de negociación	R
R (Requerido) O (Opcional - esperable para ese puesto -)	

2.7- Riesgos y Oportunidades (6.1.1)

Se redactará un procedimiento que ayude a identificar y evaluar los riesgos y oportunidades para el SGI. Como herramienta, se utilizará unja matriz de riesgos y oportunidades, a la que se lo podrá adicionar la matriz de peligros y riesgos, siempre y cuando estén bien diferenciados los riesgos al sistema de gestión con los riesgos a la

PROCESO		IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES						
Categoría	Proceso	Clase	Tipo	Descripción	¿Requisito Legal?	Probabilidad (a)	Gravedad / Beneficio (b)	Valoración
Gestión/Operativo/ Apoyo	Ingeniería, RRHH, etc.	Riesgo / Oportunidad	Interno / Externo		Sí / No Relación directa con Matriz Legal	1 a 5	1 a 5	a*b
ABORDAJE		PLANIFICACIÓN DE ACCIONES						
Decisión de acciones	Acciones	Recursos requeridos	Responsable	Plazo/Frecuencia	Evaluación de Acciones tomadas	Fecha de identificación del riesgo		

En el caso de que un riesgo esté asociado a un requisito legal, automáticamente pasa a tener una valoración alta, es decir, se tiene la obligación de abordarlo. En el caso contrario, la valoración del riesgo se hace a través de dos factores: la probabilidad de que ocurra y la gravedad/beneficio (para riesgo/oportunidad) en el caso de ocurrencia.

Número del nivel de riesgo

		CONSECUENCIAS (número)				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico
5	Casi seguro	5	10	15	20	25
4	Probable	4	8	12	16	20
3	Posible	3	6	9	12	15
2	Poco probable	2	4	6	8	10
1	Raro	1	2	3	4	5

Número del nivel de oportunidad

		CONSECUENCIAS (número)				
		1	2	3	4	5
	PROBABILIDAD	Insignificante	Menor	Moderada	Mayor	Determinante
5	Casi seguro	5	10	15	20	25
4	Probable	4	8	12	16	20
3	Posible	3	6	9	12	15
2	Poco probable	2	4	6	8	10
1	Raro	1	2	3	4	5

Correspondiendo el color rojo/verde oscuro a un nivel alto, el color amarillo/verde medio a un nivel medio y el color verde/verde claro a un nivel bajo.

En el caso de que el nivel resultante sea bajo o medio, la organización no tiene obligación de realizar acciones para bajar el nivel de riesgo o aumentar el nivel de la oportunidad. En el caso de que el nivel resultante sea alto, la organización está obligada a tomar acciones. Las mismas pueden ser de disminución/aumento de la probabilidad de ocurrencia, de disminución de la gravedad/aumento del beneficio o una combinación de ambas.

2.8- Objetivos y planificación (6.2)

Los objetivos, año a año, deben ser funcionales a la política de la empresa y desprenderse de la situación actual de la misma, en el caso de realizar una primera implementación, y los años posteriores de los resultados de los indicadores del año anterior, entre otras cuestiones como los riesgos, el contexto, etc.

Se utiliza como herramienta una matriz de objetivos. A continuación, se presenta un ejemplo.

OBJETIVO	FORMULA / CRITERIOS PARA MEDIR EVOLUCIÓN	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	VALOR ACTUAL	VALOR LÍMITE	VALOR META	ACCIONES PARA CUMPLIR y ALCANZAR LA META	FECHA PREVISTA PARA ALCANZAR LA META	RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
Aumentar la satisfacción al cliente	Indicador: % calificaciones positivas/total de calificaciones	Analista de Gestión de la Calidad	70%	75%	80%	Implementación del SGC		Gerente de Gestión de la Calidad	Semestral

2.9- Gestión del cambio (6.3)

Se redactará un procedimiento en el que se tendrá en cuenta:

- El propósito de los cambios y sus consecuencias potenciales
- La integridad del SGI
- La disponibilidad de recursos
- La asignación o reasignación de responsabilidades y autoridades

A continuación, se listan el resto de los requisitos del SGI junto con la información documentada pertinente.

Requisito	Información Documentada
7.1.3 Infraestructura	Plan de Mantenimiento preventivo y correctivo Proc + Formulario
7.1.5.1 Recursos de seguimiento y medición	Proced. y Plantilla
7.1.6 Conocimientos de la organización	Proced. y Formulario
7.2 Competencia	Proced. y Formulario de Competencias
7.4 Comunicación	Proced. y Formulario de Comunicaciones I y E
7.5 Información documentada	Procedimiento
8.2 Comunicación con el cliente	Procedimiento + Formulario
8.4 Compras	Procedimiento de compras y tercerización / Evaluación de proveedores
8.5.3 Propiedad del cliente	Procedimiento de propiedad de cliente
8.7 Control de las salidas no conformes	Procedimiento y Formulario
9.1.2 Satisfacción del cliente	Procedimiento y Formulario
9.1.3 Análisis y evaluación	Planilla de indicadores
9.2 Auditoría Interna	Procedimiento + Programa + Plan + Informe
9.3 Revisión por la dirección	Procedimiento y Formularios de Entrada y Salida
10.2 No Conformidad y Acción correctiva	Procedimiento y formulario

3- Bibliografía

Norma ISO 9001:2015

Norma ISO 14001:2015

Norma ISO 45001:2015

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



Producción de fibra de carbono a partir de bagazo de cerveza

Capítulo 12: Evaluación de Impacto Ambiental

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final.

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren

Contenido

1- Introducción.....	3
2- Objetivos.....	3
3- Evaluación ambiental del entorno de la planta.....	3
4- Etapas del proyecto.....	5
4.1- Etapa de construcción:.....	5
4.2- Etapa de operación:.....	5
4.2.2- Residuos sólidos:.....	6
4.3- Etapa de cierre y desmantelamiento:.....	8
5- Legislación y marco legal.....	8
6- Medidas adoptadas y recomendadas por la EIA.....	11
6.1- Identificación de aspectos e impactos ambientales.....	11
6.1.1- Signo de Impacto.....	14
6.1.2- Incidencia.....	15
6.2- Medidas mitigatorias de los impactos negativos.....	15
6.3- Factores ambientales a evaluar.....	15
7- Plan de monitoreo de la EIA.....	16
8- Plan de emergencias.....	17
9- Matriz de Impacto.....	17
10- Bibliografía.....	23

1- Introducción

En el presente capítulo desarrollan los parámetros y factores que se tienen en cuenta para la Evaluación de Impacto Ambiental. Se hará un análisis de todos los efluentes y residuos generados y todos los aspectos relacionados con las actividades de instalación, montaje, puesta en marcha, operación y cierre de la planta, asimismo como todas aquellas cuestiones que puedan catalogarse como riesgos y situaciones fuera de control. Una vez delimitados los aspectos ambientales y los impactos positivos o negativos que puedan afectar en cada caso se realizan los planes de mitigación y control, sin importar si sucede realmente o si el impacto es potencial.

Por otro lado, se debe tener en cuenta el cumplimiento de las legislaciones vigentes nacionales, provinciales y municipales, como también los lineamientos de las normas ISO 14.001.

2- Objetivos

El objetivo global de la evaluación de impacto ambiental es proteger los recursos naturales, la salud e higiene y la ecología, identificando los aspectos impactos, manteniendo los positivos y mitigando los negativos.

Como objetivos secundarios, busca que todos los integrantes de la organización sean conscientes y responsables de la política ambiental, previniendo y evitando las situaciones perjudiciales para el medio ambiente.

3- Evaluación ambiental del entorno de la planta



Ilustración 1: Zona de emplazamiento del parque industrial

El Municipio de Zárate se ubica al Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, emplazándose en el sector denominado Corredor del Río Paraná o Hidrovía del Paraná. El partido de Zárate limita al Nordeste con el Río Paraná Guazú, al sudeste con el Partido de Campana, al sur con el de Exaltación de la Cruz y San Antonio de Areco y al Noroeste con Baradero. Cuenta con una extensión de 1200 m² y 130.000 habitantes.

Topografía: La zona cercana al río es de valles fluviales, presentando depresiones en el terreno, con variaciones modestas de altitud (39 – 49 metros)

Hidrología: El río Paraná se ubica cercano a la zona del parque industrial. Sus territorios se localizan a la Ribera de dos brazos del Río Paraná: el Paraná de Las Palmas y el Paraná Guazú.

Clima: El clima templado húmedo se caracteriza por variar entre temperaturas de 6 °C a 30 °C y rara vez baja a menos de -0 °C o sube a más de 35 °C. La humedad promedio anual es del 75% con precipitaciones 920mm anuales.

Flora y fauna: Su fauna natural está integrada por animales que bajan de la selva misionera y que encuentran allí uno de los últimos refugios. Por eso alberga en estado salvaje ejemplares de ciervo de los pantanos, carpincho, lobito de río, nutria, lagarto overo, etc. En sus aguas hay peces como el dorado, pejerrey, patí y surubí. Con respecto a la flora, se destacan los juncales, camalotales, pajonales, ceibales, como también molles, talas, espinillos y sauces criollos.

Otras industrias radicadas en Zárate: Cervecería Isenbeck, Celulosa Argentina S.A., Celulosa Campana S.A., Papelera del Plata, Witcel S.A., Toyota Argentina, Cervecería QUILMES, Delta Dock S.A., Industrias en Zárate, VITCO S.A., Suramericana de Plásticos Sopladados S.A., Baredes S.A., Desdelsur S.A., Empricon S.A., Holliday Scott S.A., Pencisa S.R.L., Voith Paper Argentina, Laboratorios Olmos S.A., TML S.R.L., Zarcam Logística, Sierras de Mazán.

4- Etapas del proyecto

Se analizan los impactos ambientales en las distintas fases del ciclo de vida del proyecto, dividiendo el Estudio de Impacto ambiental en las siguientes tres etapas principales:

- Etapa de construcción
- Etapa de Operación
- Etapa de Cierre

4.1- Etapa de construcción:

Es la primera etapa del proyecto, e incluye la construcción y acondicionamiento de terreno, los edificios de la planta, almacenes, oficinas, sala de bombas, de tratamiento de efluentes; de las contenciones para derrames de los tanques de almacenamiento, la instalación de equipos; y de las vías de acceso a predio.

Durante el transcurso de esta etapa se generarán los siguientes residuos y efluentes:

- Efluentes gaseosos como material particulado
- Líquidos: Aceites, lubricantes, líquidos de freno, combustibles, adhesivos, aerosoles y agentes espumantes, disolventes y detergentes, pintura y barnices, silicona y otros productos de sellado, etc.
- Residuos: Ladrillos, Azulejos, Hormigón endurecido, restos de estructuras metálicas, pallets, sacos de cemento, arena, yeso, cal, vidrio, trapos, brochas, utensilios contaminados con productos peligrosos o solventes, etc.

4.2- Etapa de operación:

Durante la etapa de operación se tienen las siguientes etapas que son significativas para el estudio de impacto:

- Generación de aire comprimido
- Generación de vapor
- Tratamiento de efluentes
- Producción de agua blanda
- Filtración
- Almacenamiento ácido

- Molienda húmeda
- Clasificación por medio de fluidos
- Agitación básica
- Primera filtración
- Segunda filtración
- Secado
- Extrusión al vacío
- Fundición e hilado
- Oxidación y carbonización

4.2.2- Residuos sólidos:

Durante esta etapa se tienen en cuenta los siguientes residuos:

Residuos asimilables a domiciliarios: Son todos aquellos residuos debidos uso habitual de las oficinas, a saber, papeles, botellas, restos de comida, etc.

Los residuos provenientes del comedor (únicamente biodegradables como restos de comida) pueden ser sólidos de alimentación para el biodigestor. El resto se reciclará o serán dispuestos en rellenos sanitarios.

Sólidos agotados de bagazo húmedo: principalmente provenientes de la etapa de filtración posterior a la agitación básica, como también aquellos que puedan generarse en cualquiera de las otras etapas. Inicialmente se enjuagan con agua y luego son sólidos de alimentación para el biodigestor.

Residuos reciclables: serán comercializados los fardos de bobinas scrap, cartones, papeles, como también metales, etc.

Residuos sólidos especiales: Aquellos relacionados a la operación de la planta misma y/o tareas vinculadas a la misma. Principalmente este apartado refiere a los residuos sólidos que puedan generarse durante las etapas productivas que no puedan utilizarse como alimentación del biodigestor, aquellos destinados de la adsorción de derrames o residuos de laboratorio.

Según la Ley 11.720, éstos serán retirados por una empresa que debe estar inscripto en Registro Provincial de Generadores de Residuos Especiales (dependiente de la OPDS).

Residuos patogénicos: aunque son generados en baja proporción se consideran los residuos generados por el servicio médico, los cuales deben dispuestos en un Establecimiento reconocido por la OPDS según lo indicado en la Ley N° 19.587.

4.2.3- Efluentes líquidos y emisiones gaseosas

Asimismo, son generados los siguientes efluentes:

Efluentes líquidos: todos los efluentes líquidos serán posteriormente tratados en la planta de tratamiento de efluentes, la cual se desarrolló en el capítulo de Servicios Auxiliares. Los efluentes líquidos principales a tratar son:

1. Efluentes líquidos cloacales provenientes de baños, vestuarios, comedor, etc.
2. Efluentes líquidos industriales: son los más significativos, provienen de:
 - Agua de lavado de tanques, equipos e instalaciones
 - Almacenamiento ácido
 - Clasificación de sólidos por medio de fluidos
 - Filtración
 - Agitación básica
 - Hidrólisis ácida
 - Hilado

Emisiones gaseosas: Se consideran las siguientes emisiones:

- Efluente de dióxido de carbono de la etapa de hilado
- Efluente de nitrógeno utilizado en la etapa de carbonización

	Carbonización
Nitrógeno	63,41%
Agua	36,59%

- Efluente gaseoso de la etapa de oxidación, compuesto principalmente por oxígeno residual como también en menor proporción de dióxido de carbono.

	Oxidación
Oxígeno	49,21%
Nitrógeno	-
Dióxido de carbono	40,32%
Monóxido de carbono	0,10%
Agua	10,33%
Metanol	0,03%
Ácido acético	0,01%

En todos los casos se analizaron los mismos contra los límites impuestos por el Decreto 1074/18 – Protección a las Fuentes, que fueron comparados con las emisiones de nuestro proceso, considerando un factor de seguridad de 3.

Compuesto	Valor de la emisión [microgramo/m3]	Valor límite legislación [microgramo/m3]	Valor límite legislación con factor de seguridad 3 [microgramo/m3]
Dióxido de carbono	207357,43	-	-
Monóxido de carbono	231,61	10000	3333,33
Agua	23924,97	-	-
Metanol	69,48	3100	1033,33
Ácido acético	23,16	2400	800,00

4.3- Etapa de cierre y desmantelamiento:

De acuerdo a la legislación vigente, sin importar que esté planificado o no, deben evaluarse los residuos, efluentes, aspectos e impactos relacionados al cierre y desmantelamiento de la planta. En estos casos la evaluación realizada se asemeja a la propia de la etapa de construcción, ya que en ambas predominan las obras civiles sobre el terreno.

Al igual que en la etapa de construcción y montaje se podrán observar residuos y efluentes domiciliarios normales a la actividad humana, otros tantos derivados de las obras civiles y material particulado suspendido en el aire o arrastrado por líquidos.

Todos estos materiales deben ser trasladados a rellenos sanitarios en el caso de ser posible y en el caso de ser considerados especiales, disponer de ellos adecuadamente. Para ello se utilizará la asistencia de la empresa o empresas que cotidianamente se encarguen de la recolección de residuos o se buscará alguna especializada en escombros.

Además de los escombros generados quedarán también los equipos utilizados y por ende depreciados. La mayor parte de estos, que conserven buen estado y vida útil, serán vendidos a otras empresas para sus propios fines, recuperando parte de su valor y evitando descartarlos como residuos.

5- Legislación y marco legal

El marco legal nacional está comprendido por las siguientes normas:

Concepto	Estado	Norma	Contenido general
Residuos Peligrosos	Nación	Ley 24.051	Ley de Generadores de Residuos Peligrosos
Medio Ambiente	Nación	Ley 25.675	Ley General de Medio Ambiente
Medio Ambiente	Nación	Dec. 2413/02	Reglamentación de la Ley General de Medio Ambiente
Medio Ambiente	Nación	Ley 25.841	Acuerdo marco de protección ambiental del Mercosur
Residuos Industriales	Nación	Ley 25.612	Gestión Integral de Residuos Industriales
Residuos Peligrosos	Nación	Ley 24.051	Ley de Generadores de Residuos Peligrosos

Residuos Domiciliarios	Nación	Ley 25.916	Gestión de Residuos Domiciliarios
Efluentes líquidos	Nación	Ley 25.688	Gestión ambiental de aguas
Efluentes gaseosos	Nación	Ley 20.284	Preservación de los recursos del aire
Suelos	Nación	Ley 22.428	Fomento de la conservación de los suelos
Seguridad e higiene	Nación	Cód. Civil Art. 2618	Niveles normales de humos, calor, ruidos, olores, luces, vibraciones, etc.
Seguridad e higiene	Nación	Ley 19.587	Ley de Higiene y seguridad en el trabajo
Seguridad e higiene	Nación	Dec. 351/79	Reglamentación de la Ley de Higiene y seguridad en el trabajo
Recursos hídricos	Nación	Dec. 674/89 y 776/92	Recursos Hídricos

Concepto	Autoridad de aplicación	Norma	Contenido general
Legislación de referencia	OPDS	Art. 28 Constitución Provincial	Breves fundamentos en materia ecológica
RSU	OPDS	Leyes 9111/78 - 13592 y 13657	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos
RSU	OPDS	Resolución 1142/02	Crear el Registro Provincial de Tecnologías de Recolección, Tratamiento, Transporte y disposición Final de RSU.
RSU	OPDS	Resolución 1143/02	Aprueba la Normativa para la Disposición de RSU en Rellenos Sanitarios
RSU	OPDS	Disposición 01/07	Crear la Guía Formulario para el Programa de Gestión Integral de RSU.
RSU	OPDS	Ley 14273	Establece que los grandes generadores de residuos domiciliarios o asimilables a estos deben hacerse cargo de los costos del transporte y la disposición final de los residuos por ellos producidos.
RSU	OPDS	Resolución 40/11	Establece el Procedimiento para la presentación del PSGIRSU
RSU	OPDS	Resolución 138/13	Establece GIRSU para grandes generadores
RSU	OPDS	Resolución 139/13	Presentación del plan de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos o asimilables por establecimientos industriales considerados grandes generadores instalados en AMBA.
Ley Integral del Medio Ambiente y Recursos Naturales	OPDS	Ley 11.723 y Ley 13516	Tienen por objeto la protección , conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires, a fin de preservar la vida en su sentido más amplio, asegurando las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica

Ley de Radicación Industrial	OPDS	Ley 11.459	establece que todos los establecimientos industriales deberán contar con el pertinente Certificado de Aptitud Ambiental como requisito obligatorio indispensable para que las autoridades municipales puedan conceder, en uso de sus atribuciones legales, las correspondientes habilitaciones industriales. - Decreto Reglamentario 1741/96 - Decreto 335/11
Código de Aguas	OPDS	Leyes 12.257/ 14.520/ 14703/ 14.873	Establece el régimen de protección, conservación y manejo del recurso hídrico de la Provincia de Buenos Aires.
Calidad de Agua y Aire	OPDS	Ley 5.965/ 58	Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera - Decreto Reglamentario 2009/60 - Decreto Reglamentario 3.395/ 96 - Resolución 242/97
Explotación Recurso Hídrico	Autoridad del Agua de la Prov. de Buenos Aires	Resolución 289/08	Establece los requisitos para obtener: Disponibilidad de Agua y Permiso de Perforación del Recurso Hídrico Subterráneo; Permiso de Explotación del Recurso Hídrico Subte; Permiso de Obras de Evacuación de Excretas en el suelo, Factibilidad de Asentamiento de Cementerios y Permiso de Instalación de Protección Catódica.
Efluentes Líquidos	Autoridad del Agua de la Prov. de Buenos Aires	Resolución 389 / 98	Establece normas de calidad de los vertidos de los efluentes líquidos residuales y/o industriales a los distintos cuerpos receptores de la provincia de Buenos Aires Resolución 336/03 Resolución 660/11 Resolución 465/13 Resolución 734/14 Resolución 135/16
Ordenamiento Territorial y Uso del suelo	Municipio de Zarate	Ordenanza 3125/97	Código de Planeamiento del Partido de Zarate
Ordenamiento Territorial y Uso del suelo	Municipio de Zarate	Ordenanza 4611/17	Ratifica el Convenio Marco para el Desarrollo de un Complejo Ambiental celebrado entre la Municipalidad de Zarate y la firma DELTACOM S.A. (Gestión Ambiental Integral, Servicios de Higiene Urbana, Gestión y tratamiento de Residuos)
PGIRSU (Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos)	Municipio de Zarate	Ordenanza 4686/18	Establece la obligatoriedad de la separación en Origen y define la forma en que debe realizarse. Promueve el reciclado, la reducción en origen, y la implementación del compostaje doméstico

6- Medidas adoptadas y recomendadas por la EIA

6.1- Identificación de aspectos e impactos ambientales

Etapa	Actividad – Descripción	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	
CONSTRUCCION	Análisis y Acondicionamiento del Terreno	Se generan sedimentos, polvo, escombros y ruido	Contaminación acustica y del aire Contaminacion del suelo		
	Movimiento vehicular/ maquinaria	Incremento del tráfico		Perturbación a las plantas vecinas	
		Consumo de combustible – Generación de gases de escape		Contaminación del aire, disminución de la calidad del mismo. Perturbación a las plantas vecinas	
		Generación de ruido		Perturbación a las plantas vecinas	
	Excavaciones y movimientos de tierras	Generación de polvo, ruido, compuestos volátiles		Perturbación a las plantas vecinas	
		Generación de zonas inestables		Perjudica a edificaciones próximas	
		Generación de emisiones gaseosas		Contaminación del aire, disminución de la calidad del mismo.	
		Generación de vibraciones		Inestabilidad de los suelos aledaños. Posibles daños estructurales en infraestructuras próximas.	
	Construcción de estructuras, depósitos, naves, oficinas, etc	Mayor edificación en el parque industrial		Contaminación visual – Mayor densidad de construcciones	
		Se generan residuos sólidos inertes, no peligrosos y peligrosos		Contaminación del suelo	
	Contratación de personal	Generación de empleo		Disminución de la tasa de desempleo local. Posibles migraciones de empleados a la zona Mayor tránsito	
	CIERRE	Desmantelamiento de las instalaciones	Generación de ruido y vibraciones	Molestia a plantas vecinas	
			Generación de efluentes peligrosos	Contaminación del agua	Tratamiento de efluentes
Generación de residuos inertes, no peligrosos y peligrosos			Contaminación del suelo	Tratamiento – Disposición final	
Pérdida de fuentes de trabajo			Aumento de la tasa de desempleo. Deterioro de la calidad de vida en el lugar.		
Transporte de materiales y maquinaria		Incrementa el tráfico vehicular en la zona		Molestia a plantas vecinas	
		Generación de emisiones gaseosas		Contaminación del aire, disminución de la calidad del mismo. Molestia de los residentes	
		Generación de residuos peligrosos		Contaminación de los suelos	Disposición final

ETAPA OPERACIÓN

SECTOR	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACION
Compresores	Generación de aire comprimido	Generación de ruidos	Molestias a plantas vecinas	
		Generación de efluentes líquidos	Contaminación del suelo y agua	Tratamiento en planta de efluentes
		Emisión de otros gases	Contaminación del aire y de la atmosfera	
		Emisión de calor	Contaminación del aire y atmósfera	
Caldera	Generación de Vapor	Consumo de combustibles	Agotamiento de recursos naturales	Optimización del consumo
		Emisión de humos y gases de combustión	Contaminación del aire y atmósfera	
		Emisión de vapor de agua	Agotamiento de recursos naturales	
		Consumo de agua fresca	Agotamiento de recursos naturales	Optimización del consumo
		Generación de ruidos	Contaminación acústica y del aire	
		Generación de efluentes líquidos	Contaminación del suelo y agua	Tratamiento en planta de efluentes
Planta de tratamiento de efluentes	Tratamiento de efluentes	Generación de efluentes líquidos	Vuelco del agua tratada – Contaminación de suelo y Agua	Tratamiento en planta de efluentes
		Generación de residuos para landfarming	Descarte de barros provenientes del agua tratada– Contaminacion de suelo y Agua	disposición final controlada
		Consumos de materias primas e insumos	Agregado de antiespumantes por vuelco accidental de productos con tensioactivos	disposición final controlada – Plan de emergencias
		Consumos de materias primas e insumos	Agregado de cloro – agotamiento de recursos naturales	
		Derrame de sustancias inertes / baja peligrosidad	Desborde de agua de piletas y en sedimentador	
Oficinas	Tareas administrativas	Generación de residuos reciclables	Contaminación del suelo y agua	Tratamiento de RSU
		Generación de residuos asimilables a domiciliarios	Contaminación del suelo y agua	tratamiento de RSU
		Consumo de energía eléctrica	Iluminación artificial y funcionamiento de maquinarias, equipos electrónicos y equipos de ambiente acondicionado	Optimización del consumo
		Consumo de agua fresca	Consumo de agua para consumo, higiene personal o limpieza	Optimización del consumo
Servicio médico	Atención médica	Generación de residuos patogénicos	Descarte de residuos por práctica médica	
		Consumo de energía eléctrica	Iluminación artificial y equipos de ambiente acondicionado	

Almacenes	Almacenamiento de producto terminado y materias primas	Generación de residuos especiales	Uso de guantes, trapos y otros sólidos para la limpieza de derrames sustancias peligrosas.	
		Consumos de materias primas e insumos	Agotamiento de los recursos naturales	
		Emisión de humos y gases de combustión – Uso del auto elevador	Contaminación del aire y de la atmosfera	
		Emisión de material articulado – Tránsito de auto elevadores y movimiento de cargas	Contaminación del aire y de la atmosfera	
		Generación de residuos asimilables a domiciliarios	Contaminación de suelo y agua	tratamiento de RSU
		Generación de residuos reciclables	Descarte de Reciclables – Contaminación del suelo y agua	tratamiento de RSU
		Generación de olores	Contaminación del aire y de la atmosfera	
		Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de recursos naturales	Optimización del consumo
		Derrame de productos químicos	contaminación del agua, aire y suelo	Plan de emergencias ante derrame
Laboratorio	Controles fisicoquímicos y biológicos	Consumo de energía eléctrica	Iluminación artificial y funcionamiento de maquinarias, equipos electrónicos y equipos de ambiente acondicionado	Optimización del consumo
		Consumos de materias primas e insumos	Consumo de insumos químicos y otros	Optimización del consumo
		Generación de residuos patogénicos	Descartes propios de la técnicas de controles higiénicos y biológicos	disposición final controlada
		Consumos de materias primas e insumos	Consumo de recursos	Optimización del consumo
		Emisión de gases / Campana de extracción	Contaminación del aire y atmósfera	
		Consumo de Agua, Gas, Servicios Auxiliares	Consumo de recursos	Optimización del consumo
		Posibles fugas de líquidos ácidos, bases, etc.	Contaminación de suelo y agua	Plan de emergencias ante derrame
		Lavado de tanques y equipos	Contaminación del suelo y agua Consumo de recursos	Tratamiento en planta de efluentes
		Uso de soluciones / insumos de limpieza	Consumo de recursos	Tratamiento en planta de efluentes
Planta	Producción de agua blanda	Uso de soluciones / insumos	Consumo de recursos	Optimización del consumo
		Consumo de agua de pozo	Agotamiento de recursos naturales	Optimización del consumo
	Almacenamiento	Generación de efluentes	Contaminación de suelo y agua	tratamiento de efluentes
		Transporte de sólidos	Ruido – molestias a plantas vecinas	

Molienda húmeda	Generación de efluentes	Contaminación de suelo y agua	Tratamiento en planta de efluentes
	Generación de desechos sólidos	Contaminación de suelo y agua	Posterior lavado y gestión de residuos industriales
Clasificación por medio de fluidos	Generación de efluentes	Contaminación de suelo y agua	
	Generación de desechos sólidos	Contaminación de suelo y agua	Posterior lavado y gestión de residuos industriales
Agitación básica	Generación de efluentes	Contaminación de suelo y agua	Tratamiento en planta de efluentes
Primera filtración	Generación de desechos sólidos	Contaminación de suelo y agua	Posterior lavado y alimentación del biodigestor
Segunda filtración	Generación de efluentes	Contaminación de suelo y agua	Tratamiento en planta de efluentes
Secado	Generación de emisiones gaseosas	Contaminación del aire y atmósfera	
	Consumo de Vapor y vacío	Agotamiento de los recursos naturales	Optimización del consumo
Extrusión al vacío	Consumo de Vapor y vacío	Agotamiento de los recursos naturales	Optimización del consumo
Fundición e hilado	Consumo de Vapor	Agotamiento de los recursos naturales	Optimización del consumo
	Consumo de Dióxido de Carbono	Agotamiento de los recursos naturales	Optimización del consumo
	Generación de emisiones gaseosas	Contaminación del aire y atmósfera	
Oxidación y carbonización	Consumo de Oxígeno y Nitrógeno	Agotamiento de los recursos naturales	Optimización del consumo
	Generación de emisiones gaseosas	Contaminación del aire y atmósfera	
	Consumo de Vapor	Agotamiento de los recursos naturales	Optimización del consumo

6.2- Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental

Para observar los aspectos ambientales y sus impactos sobre cada medio se utiliza la Matriz de Leopold. Dicha matriz, llamada también matriz de impacto tiene un código de colores que define tanto el nivel del impacto (leve, moderado, alto) como su valor absoluto (Positivo o negativo). En cada intersección entre los medios y los impactos se podrá observar, si es que existe, el daño o beneficio de dicho impacto sobre tal medio. Dadas estas condiciones se entiende que es un método de valoración cualitativa.

6.1.1- Signo de Impacto

- **Positivo:** Beneficioso, su presencia mejora la calidad del medio (paisaje, empleo, educación, sanidad, etc.).

- **Negativo:** Perjudiciales o indeseables, su presencia disminuye la calidad del medio ambiente (nivel del ruido, emisiones contaminantes, efluentes contaminados, residuos sólidos, etc.).
- **Neutro:** Refiere a un impacto que sería negativo si no se hiciera nada, pero para el que se tomaron medidas de mitigación apropiadas.

6.1.2- Incidencia

- **Leve:** No incide de forma notoria sobre el medio ambiente y el entorno social.
- **Moderado:** Incide sobre el medio ambiente y el entorno social.
- **Alto:** Incide de manera significativa sobre el medio ambiente y el entorno social.

6.2- Medidas mitigatorias de los impactos negativos

Los impactos negativos con alta incidencia tienen que ser analizados y se deben tomar medidas para prevenir dichos impactos y de no ser posible neutralizar, mitigar o acotar su efecto sobre el ambiente; ya sean medidas preventivas o correctivas.

De ser posible, siempre deben aplicarse las medidas preventivas, pues es mejor prevenir un impacto que tener que afrontar la remediación causada por éste, que en muchos casos no resulta del todo efectiva o tiene mayores costos.

Existen impactos no contingentes vinculados intrínsecamente a los propios procesos productivos y por lo tanto no pueden evitarse. En ese caso debe mitigarse mediante acciones directas o indirectas que disminuyan o neutralicen el impacto negativo provocado.

Por último, si no se pudiera prevenir ni solucionar la incidencia del impacto, la forma de mitigación usada es el acotamiento, es decir no permitir su extensión en el espacio o en el tiempo.

A fin de cuentas, para considerar el resultado del impacto deben tenerse en cuenta las medidas mitigatorias, reflejando una acción neta conjunta de ambas. De esta forma se puede analizar claramente la relación empresa – medio ambiente.

6.3- Factores ambientales a evaluar

- **Aire:** Medio físico. Se analizan los niveles de ruido y vibraciones y la calidad del mismo, como también la temperatura ambiental.
- **Suelo:** Medio físico. Se estudian la estabilidad, erosión, compactación y propiedades fisicoquímicas. También se instala piso impermeable y especial en cada zona susceptible de contener un derrame, en conjunto con muros de contención y rejillas perimetrales. De esta forma se mitiga el impacto negativo que pueda filtrar ciertos componentes peligrosos hacia las napas subterráneas y posteriormente hacia las aguas superficiales cercanas.

- **Agua:** Medio físico. Análisis de la calidad del agua superficial y subterránea. Para evitar filtraciones hacia el suelo que afecten las aguas subterráneas y posteriormente las superficiales se recubren los espacios susceptibles a derrames con pisos impermeables, muros de contención y rejillas perimetrales.
- **Flora:** Medio biótico. Se observa la influencia sobre la cobertura vegetal y el arbolado público. Se parquizarán las zonas por fuera de la planta, que dentro del perímetro de la empresa.
- **Fauna:** Medio biótico. Observación de las especies terrestres locales y las aves que frecuenten. Al estar emplazado en un parque industrial, los efectos no son significativos. Se deberán minimizar los ruidos generados durante la etapa de construcción a fin de no perturbar en exceso a las aves que habiten la zona.
- **Paisaje:** Visual. Se tomarán todas las medidas para mantener en armonía visual el emplazamiento con el paisaje circundante.
- **Aspecto laboral:** Medio antrópico. Se analizan la generación de empleo de calidad y en blanco y la capacitación y especialización que se requiere del mismo. Si bien el nivel de capacitación buscado es alto en general se proveen distintos cursos de actualización y capacitación en distintas áreas de calidad, seguridad e higiene, gestión medioambiental, etc.
- **Servicios e infraestructura:** Medio antrópico. Vías de transporte y comunicaciones y acoplamiento a la matriz industrial del parque. Al estar instalada la planta dentro del parque industrial no afecta permanentemente las vías de transporte y comunicaciones, sino que se adapta a las presentes, aportando en lo posible a cualquier mejora disponible.
- **Aspecto económico:** Medio antrópico. Se analizan los impactos sobre el desarrollo industrial, la revalorización zonal y los ingresos a la economía local y nacional. No solo la industria es innovadora y fuente de empleos, es la cuna para la investigación. La zona se verá relativamente valorizada debido a que en el caso del desmantelamiento y desmontaje de la empresa quedarán in situ las estructuras edilicias propicias para la instalación de otra empresa.
- **Aspecto social:** Medio antrópico, que evalúa el impacto de la radicación de dicha empresa en la sociedad.

7- Plan de monitoreo de la EIA

Para cada impacto ambiental se debe tomar uno o varios indicadores que lo representen fielmente. Con el monitoreo periódico de dichos indicadores más un análisis estadístico apropiado se podrán tomar mejores decisiones incluso antes de que una variable se vaya de control estadístico.

A continuación, se presentan varios indicadores a medir con su propia periodicidad para controlar a lo largo de la vida útil del proyecto.

IMPACTO AMBIENTAL	INDICADOR	INICIO	PERIODICIDAD	DURACION
Contaminación acústica	Medición del nivel de presión sonora	Desde la construcción de la planta	4 veces al año	Vida útil del proyecto
	Nivel de exposición de sonido			
	Medición del nivel de presión sonora continua equivalente			
Contaminación del aire	Partículas en suspensión /Volátiles	Desde la construcción de la planta	4 veces al año	Vida útil del proyecto
	Monitoreo de la calidad de aire			
	Registro de enfermedades respiratorias en trabajadores			
Contaminación del agua	Características físico-químicas	Desde puesta en marcha del proyecto	4 veces al año	Vida útil del proyecto
	Parámetros de agua de planta de tratamiento de efluentes		Control diario / semanal	

8- Plan de emergencias

Una emergencia es un accidente con posibilidad de causar efectos adversos serios a las instalaciones, las personas o el medio ambiente. Es por esto que se deben planes de contingencias, con planos, procedimientos claros y capacitaciones al personal de cómo actuar en estas situaciones.






Los puntos del plan de emergencia incluirán: abandono del área, incendio ó explosión, pérdida de servicios importantes (electricidad, gas), atentados ó artefactos explosivos, rescate, situaciones extraordinarias causadas por incidentes próximos al establecimiento, equipamiento de seguridad, listado de llamadas de emergencia.

Asimismo, se debe contar con sistemas de alarmas, de comunicación interna y externa, un equipo capacitado de brigada de emergencias entre los empleados, equipamientos de emergencia y sistemas de actuación automática como rociadores contra incendios, etc.

9- Matriz de Impacto

A continuación, se presenta la matriz de Leopold de Impacto ambiental.

La codificación de colores es la siguiente:

Positivo Alto	
Positivo Moderado	
Positivo Bajo	
Neutro	
Negativo bajo	

Transporte de materiales y maquinaria	Incrementa el tráfico vehicular en la zona	Molestia a plantas vecinas	■	■		■		■				■
	Generación de emisiones gaseosas	Contaminación del aire, disminución de la calidad del mismo. Molestia de los residentes	■		■	■						
	Generación de residuos peligrosos	Contaminación de los suelos		■	■	■	■					

			OPERACIÓN									
			Medio físico			Medio biótico		Visual	Medio antrópico			
ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	Aire	Suelo	Agua	Flora	Fauna	Paisaje	Aspecto	Servicios e	Aspecto económico	Aspecto social
Generación de aire comprimido	Generación de ruidos	Molestias a plantas vecinas	■				■		■			
	Generación de efluentes líquidos	Contaminación del suelo y agua	■	■	■	■	■					
	Emisión de otros gases	Contaminación del aire y de la atmósfera	■									
	Emisión de calor	Contaminación del aire y atmósfera	■						■			
Caldera	Emisión de humos y gases de combustión	Contaminación del aire y atmósfera	■									
	Generación de ruidos	Contaminación acústica y del aire	■				■		■			
	Generación de efluentes líquidos	Contaminación del suelo y agua		■		■	■					
Planta de tratamiento de efluentes	Generación de efluentes líquidos	Vuelco del agua tratada – Contaminación de suelo y Agua		■		■	■					
	Generación de residuos para landfarming	Descarte de barros provenientes del agua tratada– Contaminación de suelo y Agua		■		■	■					
	Derrame de sustancias inertes / baja peligrosidad	Desborde de agua de piletas y en sedimentador		■	■	■	■					
Oficinas	Generación de residuos reciclables	Contaminación del suelo y agua		■	■							
	Generación de residuos asimilables a domiciliarios	Contaminación del suelo y agua	■	■								
	Consumo de agua fresca	Consumo de agua para consumo, higiene personal o limpieza			■							
Atención médica	Generación de residuos patogénicos	Descarte de residuos por práctica médica		■			■					
Almacenamiento de producto terminado y materias primas	Generación de residuos especiales	Uso de guantes, trapos y otros sólidos para la limpieza de derrames sustancias peligrosas.		■	■							
	Consumos de materias primas e insumos	Agotamiento de los recursos naturales	■	■	■							

10- Bibliografía

Secretaría de Medioambiente, <http://www.ambiente.gov.ar/>

Secretaría de Medioambiente, <http://www.medioambiente.gob.ar/>

Boletín oficial de la República Argentina, <http://www.infoleg.gov.ar/>

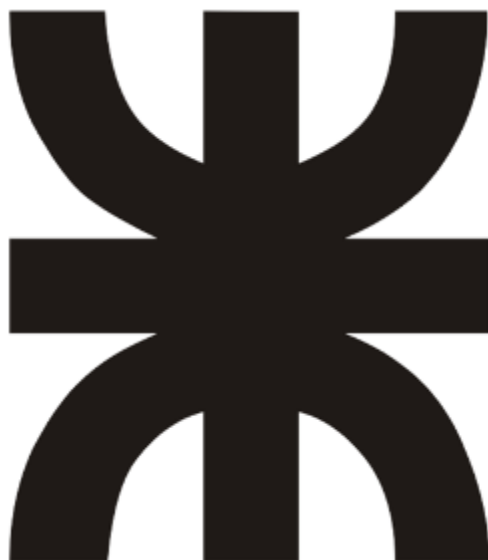
Municipalidad de Zárate, <http://www.zarate.gob.ar/>

Parque Industrial y Logístico Paraná de las Palmas, <https://pliz.com.ar/>

OPDS (Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible),
<http://www.opds.gba.gov.ar/>

Los Instrumentos de la Gestión Ambiental en la Empresa, Conesa Ripoll,
Capella Calatayud, 1997

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**Producción de fibra de carbono a partir
de bagazo de cerveza**

Capítulo 13: Seguridad e Higiene

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final.

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren

Contenido

1-Objetivo	3
2- Legislación	3
2.1. Medicina Laboral	3
3- Seguridad e Higiene	4
2.1 – Carga térmica	5
2.2 – Ventilación.....	5
2.3 – Iluminación.....	6
2.4 – Manejo de Gases Industriales.....	6
2.5 – Sustancias químicas	8
2.5.1 – Concentraciones Máximas Permisibles.....	11
2.6 – Elementos de Protección Personal	12
2.7 – Señalización.....	13
2.8- Prevención de Incendios	18
2.8.1- Matafuegos.....	18
2.8.2- Sistemas de Alarma	19
2.8.3- Sistema de Abastecimiento de Agua contra incendios	19
2.8.4- Plano de Evacuación	21
2.9- Plan de Seguridad e Higiene Industrial	21
4. Bibliografía	22

1-Objetivo

El objetivo del presente capítulo es identificar los potenciales riesgos de accidentes laborales que puedan ocasionar daño a las personas e instalaciones, y en caso de que ocurriesen minimizar sus efectos.

La seguridad industrial es la técnica destinada a detectar y corregir los riesgos de accidentes laborales; mientras que la higiene industrial está destinada a evaluar y controlar los factores ambientales que pueden afectar al bienestar y la salud de los trabajadores.

2- Legislación

Los aspectos de Seguridad e Higiene en el ámbito laboral, fueron realizados en base a los fundamentos del decreto número 351/79, regulatorio de la Ley Nacional 19.578, y dado que la planta se encuentra ubicada en el partido de Zárate, también se encuentra bajo los lineamientos de la Ley Provincial 14.408.

Por otro lado, se contempla la Ley 24.557 (de ART) y las modificaciones y actualizaciones de la resolución 295/03 respecto al decreto 351/79.

La empresa se debe comprometer al cumplimiento de estas leyes vigentes, y a las disposiciones que la autoridad competente, Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación, considere convenientes. Tendrá como política el trabajo seguro y se priorizará la seguridad de los operadores sobre cualquier otro tipo de interés. El máximo responsable de la seguridad en la planta industrial será el Responsable de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente, dependiente del Gerente General de la Organización, quien determinará las políticas que se seguirán respecto al comportamiento y operaciones seguras.

El gerenciamiento de los aspectos de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional de la organización está sistematizado dentro de un marco de mejora continua, con lineamientos acordes a la norma internacional ISO 45.001, enmarcados dentro del sistema integrado de gestión de la planta.

2.1. Medicina Laboral

Con respecto a los lineamientos de la organización respecto a la medicina laboral, la planta cuenta con Servicio Médico, el cual brindará asistencia médica para urgencias (primeros auxilios), chequeos generales preliminares, y hará de mediador en situaciones pertinentes entre los empleados, Recursos Humanos y el Responsable de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente / Analista de SST y MA.

Por otro lado, el Servicio Médico estará a cargo de hacer cumplir los siguientes exámenes médicos:

- **Nuevos ingresos: Exámenes preocupacionales** (Agudeza visual, Audiometrías, Radiografía panorámica de tórax, Exámenes de laboratorio (orina y sangre))
- **Exámenes clínicos semestrales:** Exposición a polvos y gases corrosivos, Exposición a vibraciones.
- **Exámenes clínicos trimestrales:** Audiometrías cuando correspondiere.

Permanentemente se contará con un enfermero y médico en planta. En caso de ser necesitarse servicios externos de Salud de urgencia se tendrán en cuenta los siguientes establecimientos cercanos al parque industrial:

- Hospital Zonal General de Agudos Descentralizado "Virgen del Carmen" | Dr. Félix Pagola N° 1502 Villa Mazón (2800), Zárate
- Clínica del Carmen Rivadavia 585, Zárate

3- Seguridad e Higiene

Los lineamientos de Seguridad industrial serán responsabilidad del Responsable de SST y MA, que tendrá a cargo un Analista, ambos con competencias y formación referente en el área.

En la planta de producción de fibra de carbono los riesgos más importantes son:

- Exposición a agentes químicos
- Utilización de recipientes de gases criogénicos.
- Oxígeno como agente oxidante
- Explosiones (lignina, aerosoles, etc.)
- Incendio

Otros riesgos significativos:

- Contactos eléctricos, caídas, golpes, riesgos económicos, etc.
- Quemaduras por vapor, equipos de alta temperatura, etc.
- Caldera
- Equipos con riesgo de atrapamiento por mal uso de equipos,
- Riesgo biológico debido al tratamiento de efluentes
- Manejo de autoelevadores, circulación de camiones.

2.1 – Carga térmica

Se denomina esfuerzo térmico o por calor, a las respuestas fisiológicas al stress calórico, es decir a los efectos que la carga térmica causa a una determinada persona, dependiendo de sus condiciones físicas, edad, sexo, obesidad, acostumbramiento o aclimatación, y el uso de ropa adecuada.

Durante las siguientes operaciones los operarios y otros empleados de planta estarán sometidos al calor o carga térmica ambiental:

- Carbonización
- Caldera
- Secado
- Extrusión
- Agitación básica
- Caldera

Para aminorar los efectos y como métodos de control se utilizará aislación en las fuentes de calor, ventilación y uso de pantallas en los sectores en los que sea posible.

Para estas operaciones se calculará el índice de Temperatura de Globo Bulbo húmedo, el TBGH medio el Calor Metabólico por tipo de trabajo. En función de los resultados experimentales obtenidos in situ para cada sector, se tomará el siguiente régimen de trabajo:

REGIMEN DE Trabajo		Descanso	liviano < 230 W	moderado 230 W a 400 W	pesado > 400 W
continuo	-----		30,0	26,7	25,0
75 %	25 %		30,6	28,0	25,9
50 %	50 %		31,4	29,4	27,9
25 %	75 %		32,2	31,1	30,0

Tabla 1: Régimen de trabajo en función del Calor Metabólico. Fuente: Apunte de Seguridad e Higiene en el trabajo, UTN FRA.

2.2 – Ventilación

Teniendo en cuenta los métodos de trabajo y las cargas físicas impuestas a los trabajadores, éstos deberán disponer de aire limpio en cantidad suficiente. Siempre que sea necesario para la salud de los trabajadores, deberá haber un sistema de control que indique cualquier avería. Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire la velocidad exceda los siguientes límites:

- Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m / s.
- Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m / s.

- Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m / s.

Como referencia se tomarán los siguientes parámetros de ventilación:

Sector	Tipo de tarea	M ³ /h y persona mínimos
Oficinas	Sedentaria	12
Planta	Moderada	18

Tabla 2: Ventilación forzada

2.3 - Iluminación

La iluminación de cada zona o parte de un puesto de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad y las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.

Tipo de edificio, local y tarea visual	Valor min. De servicio de iluminación (lux)
Circulación general	100
Iluminación sobre escaleras	200
Iluminación sobre plano vertical	200
Iluminación sobre mesas	400
Laboratorio	400
Plano de lectura	600
Panel de control	400

Tabla 3: Valores mínimos de Servicios de iluminación según IRAM 10.005, 2507 e IRAM D 10-54.

2.4 - Manejo de Gases Industriales

Se debe tener en cuenta que los tubos de gas de dióxido de carbono deben estar correctamente identificados y se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Se utilizarán únicamente los cilindros aprobados. No quitar ni cambiar los números o marca que aparecen estampados en los cilindros

- Deberán almacenarse en lugares secos, sin humedad intensa y continua, bien ventilados, protegidos del sol directo, alejados de fuentes de calor o sustancias inflamables y de paredes resistentes al fuego.

- Su número debe ser limitado, no deberán almacenarse en gran cantidad, ni cerca de pasillos, escaleras u otros lugares en los que puedan ser golpeados.
- Se colocarán de manera de evitar las caídas, los choques o golpes entre sí.
- No utilizar los cilindros como rodillos, soportes o cualquier otro fin.
- No se almacenarán juntos los llenos con los vacíos y se marcarán en forma visible cada sector de recipientes con carteles: vacíos y llenos /// tipo de gas /// peligro de explosión.
- Estarán provistos del correspondiente capuchón.
- De llevarse sobre algún tipo de vehículo de transporte o elemento de izar deben colocarse parados verticalmente en una plataforma adecuada y sujetarse para que no se caigan.
- Cuando se trasladen de a uno, serán transportados en carretillas manuales con trabas o cadena que impida la caída o deslizamiento de los mismos.

En el caso de los gases criogénicos (oxígeno y nitrógeno líquidos) las precauciones a usar en el manejo de gases criogénicos son las mismas que para gases comprimidos, salvo dos factores especiales, comunes a todos los gases criogénicos:

- Su temperatura extremadamente baja.
- Su gran expansibilidad: pequeños volúmenes de líquido se transforman en grandes volúmenes de gas.

Al operar equipos para líquidos criogénicos, por su baja temperatura es necesario usar siempre guantes criogénicos y máscara facial transparente, para evitar quemaduras por frío. Incluso con guantes, se puede soportar el frío sólo por tiempos cortos. Nunca tocar con alguna parte desprotegida del cuerpo un recipiente o cañería que contenga gases criogénicos, especialmente si no están debidamente aislados: el metal frío puede pegarse a la piel, causando heridas profundas al tratar de despegarse.

En el caso del termo de nitrógeno, siempre debe ser tratado y almacenado en forma vertical. Para transportarlo se debe usar un carro especial. También es posible levantarlo con una grúa o montacarga, utilizando el orificio del soporte del anillo superior. Al descargar un líquido criogénico en un termo u otro contenedor, hacerlo lentamente para que éste se enfríe paulatinamente y no en forma brusca. El termo

debe considerarse vacío y devolverse al distribuidor cuando la presión desciende de 1,5 bar (22 psi) para evitar contaminación.

ESQUEMA BÁSICO DE TERMO CRIOGÉNICO

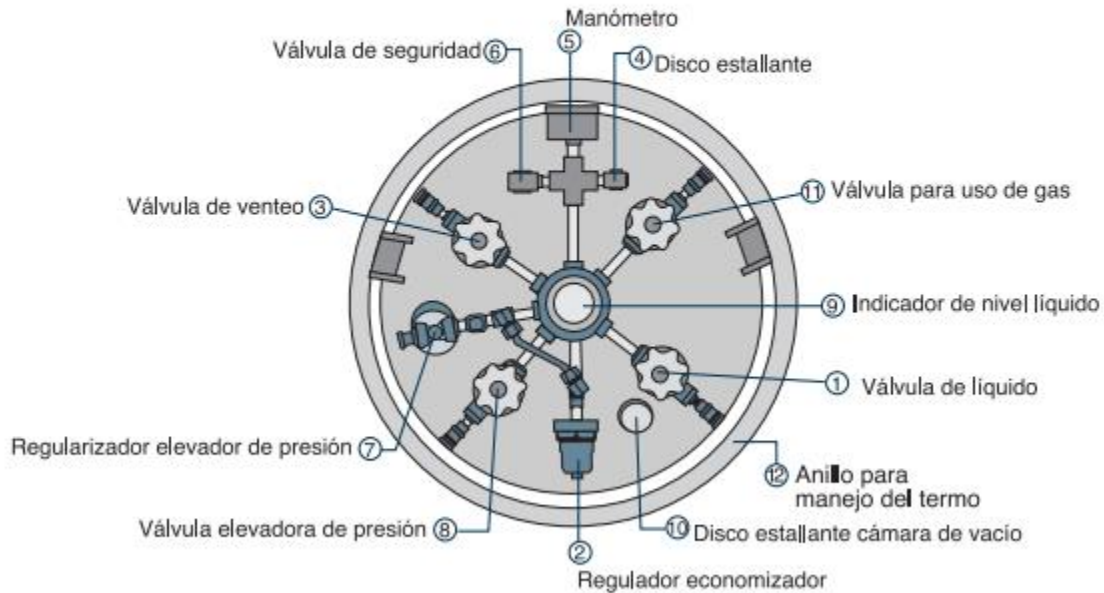


Ilustración 1: Esquema básico de termo criogénico. Fuente: Manual de gases INDURA

Por otro lado, se deben tener en cuenta la siguiente identificación de cañerías conforme a la Norma IRAM 2.507:

- Agua potable VERDE
- Aire comprimido AZUL
- Gas natural AMARILLO
- Vacío CASTAÑO
- Vapor de agua ANARANJADO

2.5 – Sustancias químicas

Se deberá contar con hojas de seguridad de todas las materias primas utilizadas en planta como también la de los reactivos utilizados en el laboratorio.

Los recipientes que las almacenen deberán estar identificados, como también el símbolo SGA correspondiente o en su defecto pictograma o identificación NFPA, como también adicionalmente se deberán identificar los elementos de protección personal necesarios, como pueden ser:

- Guantes
- Protector facial
- Delantal / Ropa de trabajo
- Máscara
- Protección Auditiva
- Lentes de seguridad, etc.



Ilustración 2: Pictogramas SGA.



Ilustración 3: Identificación NFPA. (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego de EE. UU.)



Ilustración 4: Señalización de elementos de protección personal (EPP)

2.5.1 – Concentraciones Máximas Permisibles

Para nuestro proceso en particular y considerando los valores CMP (Concentración máxima permisible ponderada en el tiempo) dispuestos en la Resolución 295/2003 anexo IV (Introducción a las Sustancias químicas) se consideran los CMP allí especificados, que serán monitoreados en las zonas en la que se utilicen las siguientes materias primas o en la que los empleados estén expuestos a las mismas:

Valores aceptados							
Sustancia	Nro. de CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		Notaciones	Efectos críticos
		Valor	Unidad	Valor	Unidad		
Nitrógeno	7727-37-9	Asfixiante simple(1)					Asfixia
Dióxido de Carbono	124-38-9	5000	ppm	30000	ppm		Asfixia
Ácido sulfúrico	76664-93-9	1	mg/m ³	3	mg/m ³	A2	Irritación, cáncer (laringe)
Hidróxido sódico	1310-73-2					C2	Irritación

Tabla 4: Valores aceptados de sustancias químicas. Fuente: ENRE

Referencias:

CMP= Concentración máxima permisible ponderada en el tiempo.

C= Valor techo. v.d. = Vía dérmica. Riesgo de absorción cutánea

CMP - CPT= Concentración máxima permisible para cortos períodos de tiempo.

(1) Asfixiantes Simples gases o vapores “inertes”:

Diversos gases y vapores actúan primordialmente sólo como asfixiantes sin más efectos fisiológicos significativos cuando están presentes a altas concentraciones en el aire. No es posible recomendar un valor límite umbral para cada asfixiante simple porque el factor limitador es el oxígeno (O₂) disponible.

En condiciones normales de presión atmosférica (equivalente a una presión parcial, pO₂, de 135 torr), el contenido mínimo de oxígeno debe ser el 18% en volumen. Las atmósferas deficientes en O₂ no proporcionan signos de alarma adecuados y la mayoría de los asfixiantes simples son inodoros. Por otro lado, varios asfixiantes simples suponen un peligro de explosión, factor que debe tomarse en cuenta al limitar la concentración del asfixiante.

A₂ - Carcinógenos con sospecha de serlo en el humano: los datos en humanos se aceptan que son de calidad adecuada, pero son conflictivos o insuficientes para clasificar al agente como carcinógeno confirmado en el humano; o, el agente es carcinógeno en los animales de experimentación a dosis, vías de exposición, puntos de tipo histológico o por mecanismos que se consideran importantes en la exposición de los trabajadores. La clasificación A₂ se utiliza principalmente cuando existe evidencia limitada de carcinogenicidad en el humano y evidencia suficiente en los animales de experimentación en relación con la de aquéllos.

Para el caso particular de la lignina, que no está presente en la legislación vigente, pero sí tomará en cuenta el CMP para partículas molestas fijado en 10 mg/m³ y se analizó el riesgo de una Ficha de datos de Seguridad de la misma sustancia en polvo:

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros**2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla**

No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.

2.2 Elementos de la etiqueta

No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.

2.3 Otros Peligros - ninguno(a)

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes**3.1 Sustancias**

Sinónimos : Lignin, kraft

No. CAS : 8068-05-1

Según la normativa aplicable no es necesario divulgar ninguno de los componentes.

Ilustraciones 5 y 6: Sección 2 y 3 de Ficha de Datos de Seguridad de Lignina tipo Kraft. Fuente: Catalogo de MSDS de Sigma- Aldrich.

Con respecto a la explosividad de la misma, en los casos de la operación de secado y Extrusión, estos se realizan al vacío por esta razón.

2.6 – Elementos de Protección Personal

Los elementos de seguridad son de gran importancia para cumplir los procesos de calidad, cuidar al trabajador y asegurar un buen desarrollo del contexto laboral.

Es por esto que el empleador, la empresa deberá disponer de la integridad de los individuos como también es necesario contar con el compromiso profesional de todos

los empleados que serán debidamente capacitados e instruidos en materia de seguridad e higiene industrial conforme a sus tareas.

La concientización referida a la buena utilización de los elementos de seguridad, herramientas y artefactos eléctricos tiene mucha importancia al momento de enfrentar situaciones peligrosas, de riesgo, o de manipulación de elementos en la rutina de trabajo.

A continuación, se detallan los EPPs más importantes que deberán ser provistos en los puestos de trabajo pertinentes:

- Protección ocular: Gafas de seguridad con protección lateral, con aumento en caso de ser requerido. Protección especial para soldaduras.
- Protección auditiva
- Cascos: para actividades que lo requieran.
- Ropa de trabajo / delantal
- Zapatos de seguridad. Para el personal que esté expuesto a riesgo eléctrico estos deben ser los adecuados.
- Guantes industriales: anti cortes, aislantes, guantes de nitrilo o látex, en función de la tarea a realizar.
- Protección respiratoria, en caso de estar en contacto con vapores o material particulado.

2.7 – Señalización

La señalización son códigos internacionales de lenguaje que proporcionan información y una metodología a seguir, pero que en ningún caso eliminan el riesgo o peligro.

Según esto se define:

o Señal de seguridad y salud en el trabajo: señal que, referida a un objeto, actividad o situación determinadas, proporciona una identificación o una obligación relativa a la seguridad o salud en el trabajo mediante una señal de en forma de panel, un color, una señal luminosa y/o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual, según proceda.

o Señal en forma de panel: señal que combina una forma geométrica, colores y un símbolo o pictograma que proporciona una determinada información, cuya visibilidad está asegurada por una iluminación de suficiente intensidad.

- o Color de seguridad: color al que se le atribuye un significado determinado en relación con la seguridad y la salud en el trabajo.
- o Símbolo o pictograma: imagen que describe una situación u obliga a ejecutar un comportamiento determinado. Se utiliza sobre una señal en forma de panel o sobre una superficie luminosa.
- o Señal luminosa: señal emitida por un dispositivo formado por materiales transparentes o translúcidos, iluminados de tal manera que aparece por sí mismo como una superficie luminosa
- o Señal acústica: señal sonora codificada, emitida y difundida por un dispositivo apropiado, sin intervención de voz humana o sintética.
- o Comunicación verbal: mensaje verbal predeterminado en el que se utiliza una voz humana o sintética.
- o Señal gestual: movimiento o disposición de los brazos o manos de forma codificada para guiar a las personas que estén realizando maniobras que constituyen un riesgo o peligro para los trabajadores.
- o Señal de prohibición: señal que prohíbe un comportamiento que puede provocar un peligro.
- o Señal de advertencia: señal que advierte de un riesgo o peligro.
- o Señal de obligación: señal que obliga a un comportamiento determinado.
- o Señal de salvamento o socorro: señal que proporciona indicaciones relativas a las salidas de socorro, a los primeros auxilios o a los dispositivos de salvamento.

Color de Seguridad	Significado	Aplicación	Formato y color de la señal	Color del símbolo	Color de contraste
Rojo	<ul style="list-style-type: none"> Pararse Prohibición Elementos contra incendio 	<ul style="list-style-type: none"> Señales de detención Dispositivos de parada de emergencia Señales de prohibición 	Corona circular con una barra transversal superpuesta al símbolo	Negro	Blanco
Amarillo	<ul style="list-style-type: none"> Precaución 	<ul style="list-style-type: none"> Indicación de riesgos (incendio, explosión, radiación ionizante) 	Triángulo de contorno negro	Negro	Amarillo
	<ul style="list-style-type: none"> Advertencia 	<ul style="list-style-type: none"> Indicación de desniveles, pasos bajos, obstáculos, etc. 	Banda de amarillo combinado con bandas de color negro		
Verde	<ul style="list-style-type: none"> Condición segura Señal informativa 	<ul style="list-style-type: none"> Indicación de rutas de escape. Salida de emergencia. Estación de rescate o de Primeros Auxilios, etc. 	Cuadrado o rectángulo sin contorno	Blanco	Verde
Azul	<ul style="list-style-type: none"> Obligatoriedad 	<ul style="list-style-type: none"> Obligatoriedad de usar equipos de protección personal 	Círculo de color azul sin contorno	Blanco	Azul

Tabla 5: Cuadro resumen de los colores de seguridad y colores de contraste

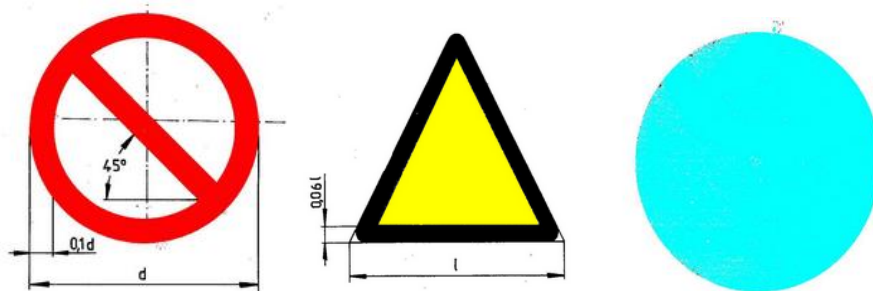


Ilustración 7: Forma de señales de prohibición, advertencia y obligatoriedad



Ilustración 8: Señales de Prohibición

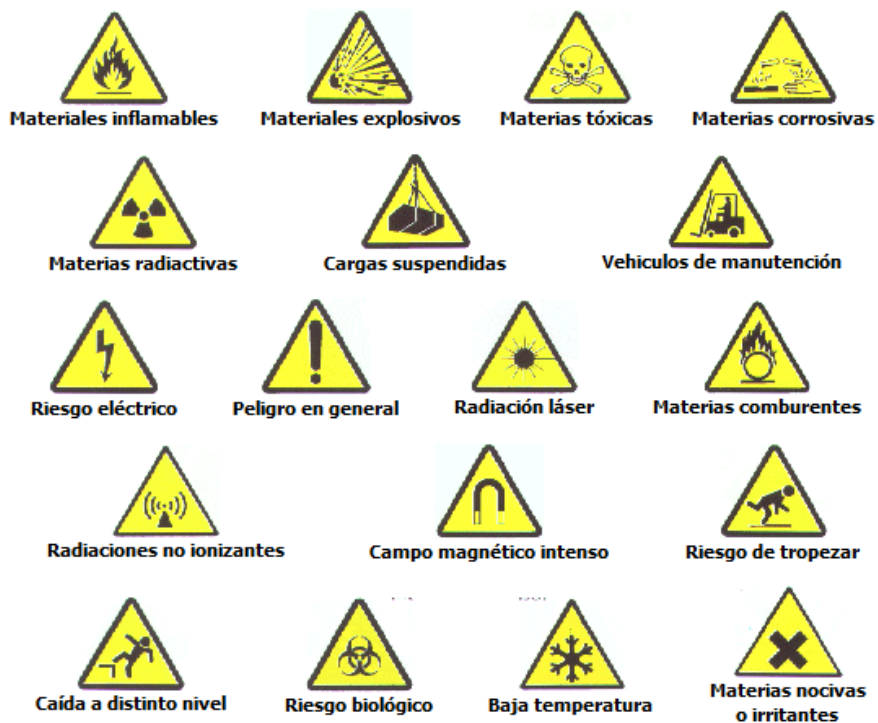


Ilustración 9: Señales de Advertencia



Ilustración 10: Señales de Obligatoriedad.



Ilustración 11: Señales informativas.

2.8- Prevención de Incendios

En la prevención de incendios en contextos industriales, tiene mucha importancia la coordinación y responsabilidad de los equipos de trabajo implicados en la tarea diaria. En los primeros pasos para prevenir incendios, los especialistas realizan un recorrido sobre las instalaciones para desarrollar una evaluación de los riesgos de incendio reales que se pueden ocasionar en la institución. Si bien existen numerosos métodos y normativas para evaluar y definir el grado de riesgo, lo importante es determinar claramente vías de escape, material de construcción de la institución, señalizaciones y estado de los elementos de combate y eliminación de incendios.

2.8.1- Matafuegos

El elemento por excelencia de combate contra el fuego en el ámbito industrial es el matafuego. Si bien otros elementos de lucha contra incendios como arena y agua son eficaces según el tipo de fuego, el matafuego es una invención extendida y aprobada por las diferentes normas de seguridad vigentes. Se emplearán en las siguientes condiciones:

– En la proximidad de puestos de trabajo con riesgo de incendio, colocados en sitio visible y fácilmente accesible, se dispondrá de extintores portátiles o móviles sobre ruedas, de la clase que convenga según la causa determinante del fuego a extinguir.

– Cuando se empleen diversos tipos, los extintores serán rotulados con carteles indicadores del incendio en que deban emplearse.

– Los extintores serán revisados periódicamente y cargados según las normas reglamentarias.

– Con objeto de identificar la sustancia extractora más adecuada en cada caso, los fuegos se clasifican en:

- Fuegos de clase A: combustibles sólidos de producción de brasas y sólidos de alto punto de fusión (maderas, papel, etc.).
- Fuegos de clase B: líquidos inflamables y sólidos de bajo punto de fusión (gasolinas, alcohol, etc.).
- Fuegos de clase C: gases inflamables (metano, butano, etc.).
- Fuegos de clase D: metales combustibles y compuestos químicos muy reactivos (sodio, aluminio, etc.).

- Fuegos de clase E: fuegos eléctricos.

Los agentes extintores característicos para cada uno de estos fuegos son:

- Agua: fuegos tipo A. Pulverizada con fuegos de clase B y E cuando son de baja tensión.
- Espumas: fuegos tipo A y B. De alta expansión también con fuegos de tipo E.
- Polvo seco: fuegos tipo A, B, C y E.
- Anhídrido carbónico: fuegos tipo B, C y E.
- Derivados halogenados: fuegos tipo B, C y E.
- Productos especiales: fuegos tipo D.

2.8.2- Sistemas de Alarma

Los sistemas de detección de incendios se instalarán en toda el área de producción, donde dispondremos de sistemas de detección automáticos y de sistemas manuales.

Los sistemas manuales de detección de incendios están formados por un conjunto de pulsadores que permitirán provocar voluntariamente y transmitir una señal a una central de control y señalización que se encontrará permanentemente vigilada, de tal modo que sea fácilmente identificable la zona en la cual se ha activado el pulsador.

Los pulsadores de alarma deberán encontrarse convenientemente señalizados y se situarán junto a cada una de las salidas de evacuación del sector de incendio, siendo la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no superior a 25m.



Ilustración 12: Pictograma y fotografía de un pulsador de alarma manual.
Depósito de almacenamiento de agua

2.8.3- Sistema de Abastecimiento de Agua contra incendios

La planta contará con un tanque australiano de 600 m³, capaz de abastecer un caudal de 300 m³/h, durante dos horas.

La planta contará con hidrantes, los cuales son unos dispositivos constituidos por un conjunto de válvulas y una columna. Se instalan con la finalidad de suministrar agua a mangueras que se acoplan directamente o bien para tanques o bombas de los equipos de extinción.

Deben situarse en el exterior de los edificios. En la planta dispondrán de hidrantes del tipo de 100 mm, con tres salidas: una de 100 mm y dos de 70 mm; con un caudal de agua de 2500 l/min durante 90 minutos y una presión mínima de 7 bares. Debido a que la zona de producción por su riesgo intrínseco debe tener hidrantes éstos se ubicarán cada 40 m y deberán estar situados entre 5 y 15 m del edificio que protegen.

Asimismo, contará con sistemas rociadores automáticos de agua, los cuales pueden funcionar con independencia del factor humano. Serán instalados en las áreas de producción, caldera y depósitos.

2.8.4- Plano de Evacuación

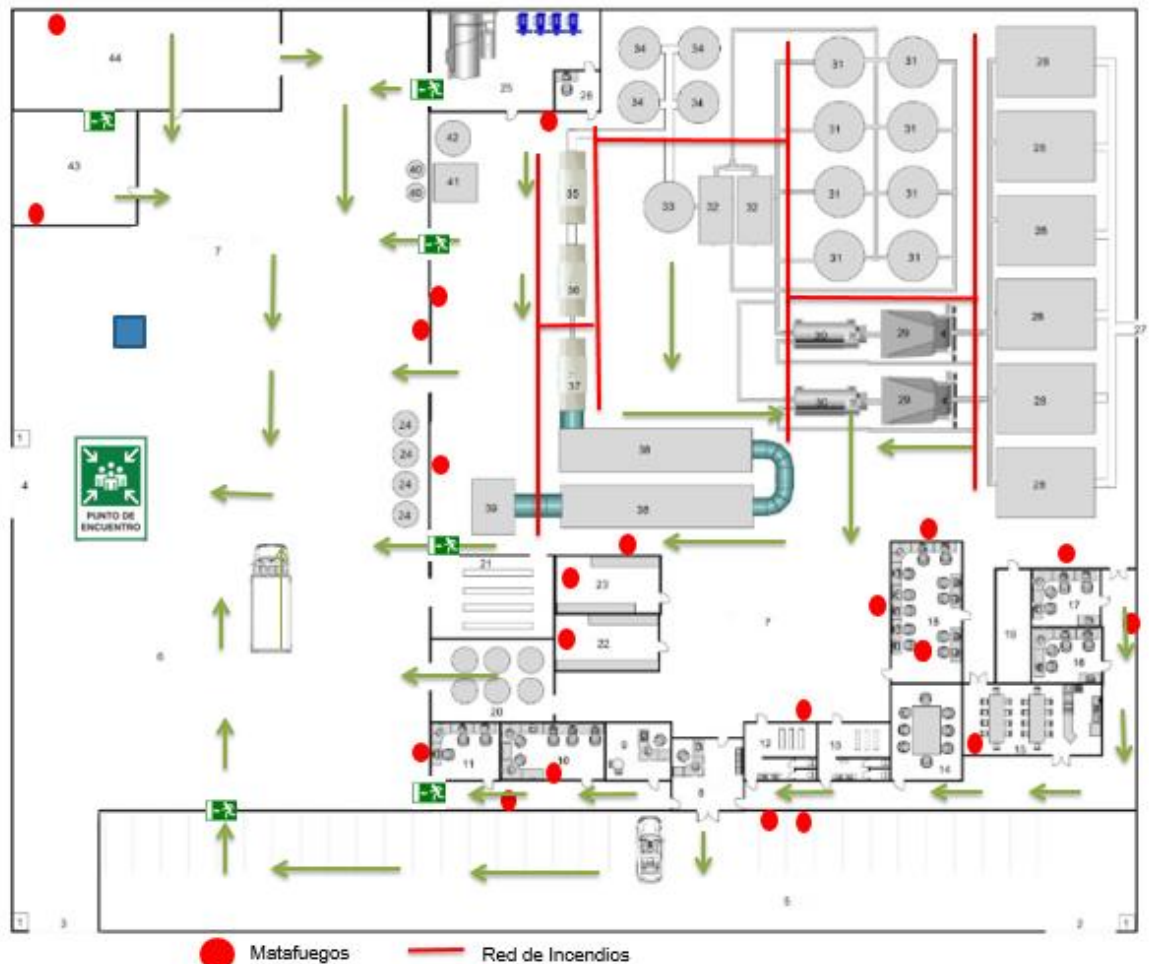


Ilustración 13: Plano de evacuación

2.9- Plan de Seguridad e Higiene Industrial

Dentro de las funciones de los responsables del Departamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente, los roles y responsabilidades más importantes son los siguientes:

- Planificar capacitaciones periódicas a todo el personal en función de sus tareas, ya sea realizadas por el personal del sector o algún externo.
- Elaborar y revisar lecciones de un punto (LUP) como herramienta de comunicación efectiva utilizada para la transferencia de conocimientos y habilidades simples o breves, que pueden incluir EPPs necesarios para determinada tarea, puntos clave de procedimientos de descarga de camiones a granel de materias primas, etc.
- Planificar un adecuado mantenimiento y revisión de duchas y lavaojos

- Monitoreo de Gases y Material particulado
- Mantenimiento y revisión de las identificaciones y señalizaciones
- Liderar Simulacros de Evacuación, conformar una Brigada de Emergencias, capacitada en incendios, explosiones, riesgos químicos, etc.

4. Bibliografía

Manual de Gases INDURA, <http://www.indura.com.ar/>

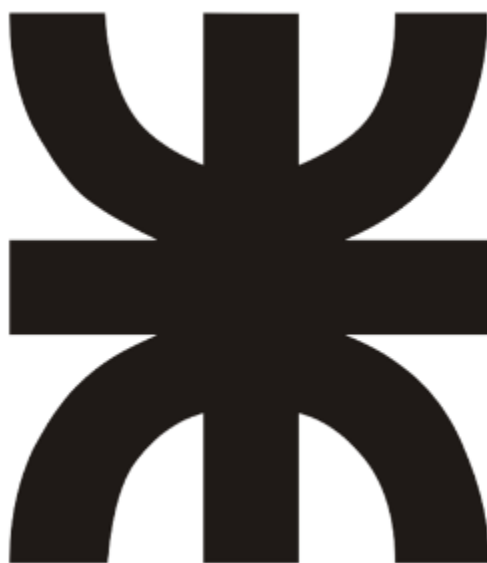
Calderas Markowicz, <http://calderasargentinas.com.ar/modelos-y-especificaciones/>

Ente Nacional Regulador de la Electricidad, <https://www.argentina.gob.ar/enre>

Rodríguez, C. (2014), *Contaminantes químicos en los ambientes de trabajo*, INTI, Argentina.

Catálogo de Hojas de Seguridad de Sigma Aldrich, <https://www.sigmaaldrich.com/MSDS>

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**Producción de fibra de carbono a partir de
bagazo de cerveza**

Capítulo 14: Evaluación económica del proyecto

Por: Fernández, Sol Nahir

Ross, Ariadna Camila

Somoza, Eugenia

Cátedra de Proyecto Final.

- **Profesor Titular:** Ing. Alberto Florio
- **Jefe de Trabajos:** Ing. Pablo Lorenzo
- **Ayudante:** Ing. Damián Esquivel
- **Profesor Consultor:** Ing. Hipólito Choren

Contenido

1. Objetivo	3
2. Inversión inicial del proyecto	3
2.1 INVERSIÓN DE CAPITAL FIJO	3
2.2 COSTO DE EQUIPOS	3
2.3 COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.....	5
2.4 COSTO DE INSTALACIONES	6
3. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO	11
4. RESULTADOS Y FLUJO DE FONDOS	14
5. VALIDACIÓN DEL PROYECTO	16
6. Conclusiones	18
7. Bibliografía.....	18

1. Objetivo

En este capítulo se realizará el análisis de prefactibilidad económica de instalación de la planta y posterior etapa productiva para luego realizar la evaluación económica del proyecto con los índices de TIR (Tasa Interna de Retorno), VAN (Valor Actual Neto) y Retorno de Inversión.

De este estudio surgirá la viabilidad económica del proyecto y se concluirá si el conjunto de decisiones adoptadas por el grupo a lo largo del trabajo fue correcto o será una oportunidad de corregirlas.

2. Inversión inicial del proyecto

La inversión de capital del proyecto será la suma del capital fijo (ICF) y del capital de trabajo (ICT). El ICF corresponde al costo total de la adquisición del equipo que abarca la compra, el transporte, las instalaciones auxiliares, la infraestructura, entre otros. El ICT se refiere al capital adicional necesario para subsistir los primeros años de producción, donde los gastos pueden superar los ingresos hasta que se alcance el nivel de producción deseado.

2.1 INVERSIÓN DE CAPITAL FIJO

Se estimaron los principales costos de instalación de equipos fijos del proceso detallados en el capítulo “Ingeniería Básica”, para esto se han solicitado presupuestos a diferentes empresas. Luego se aplicarán factores extraídos del texto “Diseño de plantas químicas y su evaluación económica” de Peters y Timmerhaus referentes a costos de instalación, de cañerías y de servicios auxiliares inherentes a la instalación principal y se aplica al costo fijo de equipamiento los factores estadísticos de referencia para los costos directos e indirectos asociados.

2.2 COSTO DE EQUIPOS

Los siguientes son los costos estimados de las instalaciones del proyecto:

OPERACIÓN	EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Ingreso de MP a la planta	Transportador de banca abarquillado	10	410	\$ 4.100
	Cubierta	10	567	\$ 5.670
Almacenamiento de MP	Tanque cúbico	6	200	\$ 1.200
	Bomba neumática de doble diafragma	6	660	\$ 3.960
Molienda	Molino de discos	2	5.000	\$ 10.000
Clasificación	Clasificador helicoidal	2	5.500	\$ 11.000
Agitación básica y ácida	Tanque agitado y encamisado	8	100.000	\$ 800.000
Filtración	Filtro prensa	2	30.000	\$ 60.000
Secado	Secador de vacío cónico sinfin	2	350.000	\$ 700.000
Almacenamiento PI	Tanque de almacenamiento plástico	4	210	\$ 840
Extusión, fusión e hilado	Extrusora/hiladora	2	120.000	\$ 240.000
Oxidación y carbonización	Horno	2	100.000	\$ 200.000
Bobinado	Bobinadora	2	55.000	\$ 110.000
Preparación de soluciones	Mixer estático	2	20.000	\$ 40.000
			Costo Total	\$ 2.186.770

2.3 COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Al costo de adquisición de los equipos calculados, se aplicó una serie de coeficientes que conectan el camino desde la compra del equipo hasta tener el equipo funcionando en la planta. Estos coeficientes contemplan elementos directos como la instalación de cañerías, electricidad, instrumentación, controladores y puesta a punto. Además, existen elementos indirectos, es decir, los intangibles como la ingeniería y supervisión de la instalación, honorarios y fondos ante contingencias.

Se define el “tipo” de planta que en el marco del texto de consulta es “Planta que opera con Sólidos y Líquidos” para utilizar los valores correctos de los factores a aplicar. La aplicación de los factores es:

$$\text{costo}_i(\text{operación}) = \frac{\text{equipamiento} * \text{factor}_i}{100}$$

TIPO	ELEMENTO	FACTOR	COSTO [USD]
DIRECTOS	Equipo entregado	100	2.186.770
	Instalación	39	852.840
	Instrumentación	13	284.280
	Cañerías	31	677.899
	Instalación eléctrica	10	218.677
	Obra civil	29	634.163
	Mejora del terreno	10	218.677
	Servicios auxiliares	55	1.202.724

Indirectos	Ingeniería y supervisión	32	699.766
	Gastos de construcción	34	743.502
	Honorarios de contratista	5	109.339
	contingencias	10	218.677
TOTAL			8.047.314

2.4 COSTO DE INSTALACIONES

Son los costos asociados a la compra del terreno, a la construcción del galpón completo.

ELEMENTO	COSTO TOTAL (USD)
Terreno	267.000
Construcción de planta	1.500.000
COSTO INSTALACIONES	\$ 1.767.000

Luego costo de inversión total será la suma entre el costo inicial de las instalaciones y el capital fijo:

ELEMENTO	COSTO [USD]
Costos totales	8.047.314
Costo de instalaciones	1.767.000

INVERSIÓN CAPITAL FIJO	9.814.314
-------------------------------	------------------

2.5 CAPITAL DE TRABAJO

Los costos de producción son todos aquellos que estén vinculados a la fabricación de nuestro producto. Se toma como cotización cambiaria 1USD = 90 ARS y como campaña el equivalente a 4 meses.

2.6 MATERIA PRIMA E INSUMOS

Se detallan los consumos de materia prima e insumos para la producción.

Materia Prima/insumo	Cantidad por mes	Unidad	Costo unitario (USD)	Costo anual (USD)
Bagazo	652800	kg	1,0	7833600
Ácido sulfúrico (98%p/p)	725,33	kg	0,8	6.963
Hidróxido de sodio (2% p/v)	33166,4	kg	6,5	2586979,2
Oxígeno	50000	l (líq)	10	6.000.000
Dióxido de carbono	6000	l (gas)	8	576000
Nitrógeno	50	m3	45	27.000
Costo anual de Materias Primas e Insumos				\$16.427.542,37

Costo Anual del Embalaje			
Envase	Cantidad por año (unidades)	Costo unitario (USD)	Costo anual (USD)
Bobina de cartón	194.400	0,3	699.840
Costo anual de Embalaje			\$ 699.840,00

2.7 MANO DE OBRA

Los sueldos brutos se determinaron para cada puesto de trabajo como se muestra en el organigrama definido en el capítulo 11 “Sistema de Gestión Integral”. Para los salarios se tuvo en cuenta el 26% correspondiente a los aportes y contribuciones establecido por el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social.

Los sueldos estipulados se muestran en la siguiente tabla:

Puesto	Cantidad	Sueldo neto	Seguridad social 25,50%	ART 7%	Obras sociales 9%	Sindicatos 4%	Total individual	Total (pesos)	Total (dólares)	Dólares anual
Secretaria	1	56.777	14478,135	3974,39	5109,93	2271,08	82.611	82610,54	847,29	11014,74
Personal de limpieza	4	58.100	14815,5	4067	5229	2324	84.536	338142,00	3468,12	45085,60
Jefe de RR HH	1	129.138	32930,19	9039,66	11622,42	5165,52	187.896	187895,79	1927,14	25052,77
Jefe de Producción	1	139.070	35462,85	9734,9	12516,3	5562,8	202.347	202346,85	2075,35	26979,58
Operario especializado en producción	12	58.195	14839,725	4073,65	5237,55	2327,8	84.674	1016084,70	10421,38	135477,96
Jefe de planeamiento y control de producción	1	123.673	31536,615	8657,11	11130,57	4946,92	179.944	179944,22	1845,58	23992,56



Programador de producción semi senior	2	65.904	16805,52	4613,28	5931,36	2636,16	95.890	191780,64	1966,98	25570,75
Jefe de pañol	1	88.610	22595,55	6202,7	7974,9	3544,4	128.928	128927,55	1322,33	17190,34
Jefe de aseguramiento de calidad	1	132.840	33874,2	9298,8	11955,6	5313,6	193.282	193282,20	1982,38	25770,96
Jefe de control de calidad	1	157.752	40226,76	11042,64	14197,68	6310,08	229.529	229529,16	2354,15	30603,89
Técnico de control de calidad	2	68.434	17450,67	4790,38	6159,06	2737,36	99.571	199142,94	2042,49	26552,39
Jefe de laboratorio I+D	1	108.278	27610,89	7579,46	9745,02	4331,12	157.544	157544,49	1615,84	21005,93
Analista de laboratorio I+D	1	71.957	18349,035	5036,99	6476,13	2878,28	104.697	104697,44	1073,82	13959,66
Jefe general de mantenimiento	1	143.089	36487,695	10016,23	12878,01	5723,56	208.194	208194,50	2135,33	27759,27
Técnico de mantenimiento junior	3	57.642	14698,71	4034,94	5187,78	2305,68	83.869	251607,33	2580,59	33547,64
Operario de montacargas	6	52.679	13433,145	3687,53	4741,11	2107,16	76.648	459887,67	4716,80	61318,36
Jefe de ventas, mkt y servicio al cliente	1	132.266	33727,83	9258,62	11903,94	5290,64	192.447	192447,03	1973,82	25659,60
Analista de mkt	1	82.249	20973,495	5757,43	7402,41	3289,96	119.672	119672,30	1227,41	15956,31
Personal técnico de ventas	3	77.216	19690,08	5405,12	6949,44	3088,64	112.349	337047,84	3456,90	44939,71
Analista de servicios al cliente semi senior	1	70.107	17877,285	4907,49	6309,63	2804,28	102.006	102005,69	1046,21	13600,76

Analista de sistemas senior	1	75.875	19348,125	5311,25	6828,75	3035	110.398	110398,13	1132,29	14719,75
Director general	1	451.678	115177,89	31617,46	40651,02	18067,12	657.191	657191,49	6740,43	87625,53
Analista de RRHH	1	75.156	19164,78	5260,92	6764,04	3006,24	109.352	109351,98	1121,56	14580,26
Jefe de compras	1	138.998	35444,49	9729,86	12509,82	5559,92	202.242	202242,09	2074,28	26965,61
Analista de compras	3	76.375	19475,625	5346,25	6873,75	3055	111.126	333376,88	3419,25	44450,25
Jefe de finanzas	1	146.360	37321,8	10245,2	13172,4	5854,4	212.954	212953,80	2184,14	28393,84
Analista de finanzas y pagos	2	73.890	18841,95	5172,3	6650,1	2955,6	107.510	215019,90	2205,33	28669,32
Jefe de SGA y SST	1	157.185	40082,175	11002,95	14146,65	6287,4	228.704	228704,18	2345,68	30493,89
Analista de SST y MA	1	76.716	19562,58	5370,12	6904,44	3068,64	111.622	111621,78	1144,84	14882,90
Jefe de turno	3	95.749	24415,995	6702,43	8617,41	3829,96	139.315	417944,39	4286,61	55725,92
Cocinero	2	74.019	18874,845	5181,33	6661,71	2960,76	107.698	215395,29	2209,18	28719,37
									Total dólares anual	1.026.265

2.8 CONSUMOS ENERGÉTICOS

Según Peters y Timmerhaus, el costo de las reparaciones normales de plata se refiere a un 5% del capital fijo.

ELEMENTO	COSTO [USD]
Capital fijo	9.814.314
Mantenimiento y reparaciones	490.716

2.9 RESUMEN CAPITAL DE TRABAJO

Elemento	Costo [USD]
Materia prima e insumos + embalajes	17.127.382
Mano de obra / Sueldos	1.026.265
Mantenimiento y reparaciones	490.716
Consumo energético	160.000
Consumo agua	11.125
Consumo vapor	20.352
Consumos generales	513.133
CAPITAL DE TRABAJO ANUAL	19.348.973
CAPITAL DE TRABAJO CAMPAÑA	6.449.658

3. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

La inversión inicial para el comienzo del proyecto se calcula como la suma de la Inversión de Capital Fijo y el capital de trabajo durante una campaña de 4 meses

ELEMENTO	COSTO [USD]
Capital fijo	9.814.314
Capital de Trabajo	6.449.658
INVERSIÓN INICIAL DE CAPITAL	16.263.971

Este proyecto se financiará totalmente con la toma de un crédito bancario en dólares bajo el Sistema de Amortización Francés. El plazo de devolución del mismo se consideró igual a 10 años.

Para los intereses del crédito bancario se tomó como referencia la tasa PRIME “Tasa de interés preferencial para operaciones en dólares de los Estados Unidos de América”, siendo la misma en la actualidad 3,25% y se le adicionaron 5 puntos. El cálculo del crédito se realizó mediante una plantilla de cálculo para Sistema de Amortización Francés.

INTERES ANUAL:	8,25%
CAPITAL:	16.263.971
CUOTAS POR AÑO:	10

CUOTA ANUAL	2.451.213
INTERES DEL CREDITO	8.248.158
PAGOS POR AÑO	1

SISTEMA FRANCES				
Cuota	INTERES	CAPITAL	TOTAL	SALDO
1	1.341.777,63	1.109.435,34	2.451.212,98	15.154.535,99
2	1.250.249,22	1.200.963,76	2.451.212,98	13.953.572,23
3	1.151.169,71	1.300.043,27	2.451.212,98	12.653.528,96
4	1.043.916,14	1.407.296,84	2.451.212,98	11.246.232,12
5	927.814,15	1.523.398,83	2.451.212,98	9.722.833,29
6	802.133,75	1.649.079,23	2.451.212,98	8.073.754,06
7	666.084,71	1.785.128,27	2.451.212,98	6.288.625,79
8	518.811,63	1.932.401,35	2.451.212,98	4.356.224,44
9	359.388,52	2.091.824,46	2.451.212,98	2.264.399,98
10	186.813,00	2.264.399,98	2.451.212,98	0,00

Las características principales del sistema francés son:

- Amortización de capital periódica creciente
- Intereses decrecientes, dado que el interés se calcula sobre saldos

- Cuota total (amortización de capital + intereses) constante, como consecuencia de las características de los componentes anteriores.

3.1 INGRESOS POR VENTAS

La duración del proyecto es de 10 años, el primer año la planta funcionará al 50% de producción, el segundo a 75% y al tercero en plena capacidad productiva.

3.2 EVOLUCION DEL PRECIO DE VENTA

Para la evolución del precio de ventas, se estima un incremento anual del 2% (en dólares) por inflación. El precio inicial se ha estimado en 105 USD/kg y se estima una producción anual de FC de 400 Tn/año.

AÑO	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (%)	PRECIO INFLACIÓN	CONINGRESO POR VENTAS (USD)
1	50	105	21.000.000
2	75	107,10	32.130.000
3	100	109,242	43.696.800
4	100	111,43	44.570.736
5	100	113,6553768	45.462.151
6	100	115,93	46.371.394
7	100	118,247054	47.298.822
8	100	120,61	48.244.798
9	100	123,024235	49.209.694
10	100	125,48	50.193.888

En el siguiente grafico se observa la evolución de los ingresos anuales referido a las ventas:



3.3 DEPRECIACIÓN

La depreciación de la planta se efectúa dividiendo la inversión de capital fijo por el periodo de duración del proyecto, en este caso son 10 años.

4. RESULTADOS Y FLUJO DE FONDOS

Se tomaron las siguientes consideraciones:

- Se definió aumento progresivo de la capacidad de producción, alcanzando el total en el tercer año.
- El impuesto a las ganancias corresponde al 35% del resultado antes del impuesto.
- Se contempló un 2% de inflación anual en dólares.
- El impuesto a los ingresos brutos corresponde al 4% de los ingresos por ventas determinado por la provincia.
- La fórmula para calcular la cantidad de IVA a pagar es la siguiente:
 - o IVA repercutido = Precio de Venta × Tipo de IVA repercutido de cada factura emitida.
 - o IVA soportado = Precio de compra × Tipo de IVA soportado de cada factura recibida por compras y gastos.
 - o IVA a pagar = IVA repercutido – IVA soportado



AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTOS VARIABLES											
Capacidad	0%	50%	75%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ventas	0	21.000.000	32.130.000	43.696.800	44.570.736	45.462.151	46.371.394	47.298.822	48.244.798	49.209.694	50.193.888
IVA venta	0	4.410.000	6.747.300	9.176.328	9.359.855	9.547.052	9.737.993	9.932.753	10.131.408	10.334.036	10.540.716
Crédito	16.263.971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Materia prima	0	-17.127.382	-17.469.930	-17.819.329	-18.175.715	-18.539.229	-18.910.014	-19.288.214	-19.673.979	-20.067.458	-20.468.807
IVA compra	0	-3.596.750	-3.668.685	-3.742.059	-3.816.900	-3.893.238	-3.971.103	-4.050.525	-4.131.536	-4.214.166	-4.298.450
consumos generales	0	-513.133	-523.395	-533.863	-544.541	-555.431	-566.540	-577.871	-589.428	-601.217	-613.241
consumo energetico	0	-160.000	-163.200	-166.464	-169.793	-173.189	-176.653	-180.186	-183.790	-187.466	-191.215
consumo agua	0	-11.125	-11.348	-11.574	-11.806	-12.042	-12.283	-12.529	-12.779	-13.035	-13.295
consumo vapor	0	-20.352	-20.759	-21.174	-21.598	-22.030	-22.470	-22.920	-23.378	-23.846	-24.323
IVA a pagar	0	-813.250	-3.078.615	-5.434.269	-5.542.954	-5.653.813	-5.766.890	-5.882.228	-5.999.872	-6.119.870	-6.242.267
Ingresos brutos	0	-840.000	-1.285.200	-1.747.872	-1.782.829	-1.818.486	-1.854.856	-1.891.953	-1.929.792	-1.968.388	-2.007.756
COSTOS FIJOS											
Sueldos	0	-1.026.265	-1.046.791	-1.067.727	-1.089.081	-1.110.863	-1.133.080	-1.155.742	-1.178.856	-1.202.434	-1.226.482
Inversión capital fijo	9.814.314	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cuota credito	0	-2.451.213	-2.451.213	-2.451.213	-2.451.213	-2.451.213	-2.451.213	-2.451.213	-2.451.213	-2.451.213	-2.451.213
Depreciación	0	-981.431	-981.431	-981.431	-981.431	-981.431	-981.431	-981.431	-981.431	-981.431	-981.431
IMPUESTO A LAS GANANCIAS											
Resultado antes de IG	6.449.658	-2.130.902	8.176.733	18.896.153	19.342.728	19.798.236	20.262.854	20.736.763	21.220.152	21.713.208	22.216.125
Impuesto a las ganancias	0	745.816	-2.861.857	-6.613.653	-6.769.955	-6.929.383	-7.091.999	-7.257.867	-7.427.053	-7.599.623	-7.775.644
Resultado final	6.449.658	-1.385.086	5.314.876	12.282.499	12.572.774	12.868.853	13.170.855	13.478.896	13.793.099	14.113.585	14.440.481

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FLUJO DE FONDOS											
inversion inicial	16.263.971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
capital de trabajo	0	6.449.658	0	0	0	0	0	0	0	0	0
resultado final	6.449.658	-1.385.086	5.314.876	12.282.499	12.572.774	12.868.853	13.170.855	13.478.896	13.793.099	14.113.585	14.440.481
valor residual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149.073
FLUJO DE FONDOS	22.713.629	5.064.572	5.314.876	12.282.499	12.572.774	12.868.853	13.170.855	13.478.896	13.793.099	14.113.585	14.589.554

5. VALIDACIÓN DEL PROYECTO

Se tomarán los parámetros típicos de evaluaciones de proyectos:

- VAN: Valor Actual Neto. Representa los flujos de caja tomados a tiempo cero del proyecto.
- TIR: Es la tasa que hace cero el VAN.
- RI: Retorno de la inversión. Es el tiempo en el cual el resultado neto del proceso es positivo.

Con los flujos de fondos de la inversión proyectada a 10 años, se calcularon los indicadores económicos

mencionados anteriormente que informan sobre el potencial del proyecto.

5.1 RETORNO DE INVERSIÓN

Es el tiempo en el que se paga la inversión. Luego de este periodo, todo ingreso es ganancia.

Es un

índice de liquidez y una noción del riesgo asociado al proyecto, aunque no brinda información sobre

el rendimiento del proyecto. Se calculó según:

$$-F_0 + \sum_{i=1}^{RI} F_i = 0$$

AÑO	FLUJO DE CAJA	FLUJO ACUMULADO
0	-22.713.629	-22.713.629
1	5.064.572	-17.649.058
2	5.314.876	-12.334.181
3	12.282.499	-51.682
4	12.572.774	12.521.092
5	12.868.853	25.389.945
6	13.170.855	38.560.800

7	13.478.896	52.039.696
8	13.793.099	65.832.795
9	14.113.585	79.946.380
10	14.589.554	94.535.934

Utilizando el cuadro de flujo de fondos, se observó que el RI ocurre el quinto año, se trata de un proyecto de riesgo medio.

5.2 VALOR ACTUAL NETO Y TASA INTERNA DE RETORNO

El cálculo del valor actual neto o VAN es un procedimiento que permite llevar a valores presente los rendimientos de una inversión luego de un determinado número de flujos de fondo. Analiza el valor equivalente de todos los flujos efectivos tomando como base el inicio del proyecto. Representa el valor generado por el desarrollo del proyecto y se refiere a una tasa mínima esperada.

$$VAN(TC) = -F_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1 + TC)^i}$$

6. Conclusiones

Existen distintas condiciones que deben cumplir estos indicadores para que el proyecto sea viable:

Condición	Consecuencias
$VAN \geq 0$	Se acepta el proyecto.
$VAN = 0$	Se recupera la inversión. La ganancia esperada es igual a la TREMA.
$TIR \geq TC$	Se acepta la el proyecto de inversión.
$TIR < TC$	El rendimiento exigido es inalcanzable.

Una vez realizados los cálculos sólo nos quedaría interpretar los mismos. Así, La TIR nos indica la tasa de retorno que en este caso sería del 38%. En el caso del VAN, el resultado nos indica que el proyecto de inversión nos generaría un beneficio de USD 33.203.976,87.

El siguiente cuadro resume los resultados obtenidos para nuestro proyecto:

VAN	\$ 33.203.976,87
TIR	38%

Se verifica que se satisfacen las condiciones exigidas en el análisis de los indicadores ya que:

- $VAN > 0$
- $TIR > TC$

Por lo tanto, queda demostrado que el proyecto **es viable económicamente**.

7. Bibliografía

Baca Urbina Raúl Evaluación de Proyectos [Libro]. - México: Mc Graw Hill, 2001. - Vol. Cuarta Edición.

Peters Max y Timmenhaus Klaus Diseño de plantas y su evaluación económica para ingenieros químicos [Libro]. - [s.l.]: Editorial Géminis, 1975.

Sapag Chain Preparación y Evaluación de Proyectos [Libro]. - México: Mc Graw Hill, 1989. - Vol. Primera Edición.

Sapag Puelma José Evaluación de Proyectos [Libro]. - [s.l.]: Mc Graw Hill, Segunda Edición.