

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL RESISTENCIA

PROYECTO FINAL 2019

# PRODUCCIÓN DE FURFURAL

**AUTORES:**

FERNANDEZ BLAZICH, AURELIANO  
PASTORE, VICTORIA  
RODRIGUEZ GOREN, FACUNDO

**PROFESORES:**

ING. SIRTORI, NORBERTO RUBÉN  
ING. GARCÍA, FABIÁN CARLOS  
ING. SEQUEIRA, DANIEL ATILIO

NOVIEMBRE 2019



# Agradecimientos

Con este proyecto finalizamos una etapa de aprendizaje, donde no solo nos llevamos conocimientos y experiencias académicas sino también el cariño de aquellas personas que nos acompañaron en este trayecto.

Merecen un gran agradecimiento en primer lugar nuestros **familiares y amigos** ya que sin su apoyo no habríamos podido superar los obstáculos que se presentaron durante el camino a la meta.

A la **U.T.N. Facultad Regional Resistencia** por convertirse en nuestro segundo hogar durante el cursado y en tiempos de recreación, brindándonos un espacio en el que compartimos momentos que hoy, son anécdotas recordadas con afecto y nostalgia.

A los **docentes** de la facultad, que a través de su dedicación nos enseñaron que debemos ser buenos profesionales pero sobre todo buenas personas, muchas veces dejando de lado su rol de profesores para convertirse en uno más de nosotros, para brindarnos enseñanzas que nos marcarán para siempre, siendo pilares para responder a la pregunta de qué tipo de personas y profesionales queremos ser el día de mañana.

Al personal **no docente** por permitir que la institución se encuentre apta para que todos realicen organizadamente sus tareas.

A nuestros **compañeros de estudio**, quienes se convirtieron en grandes amigos y futuros colegas con los cuales compartimos innumerables horas de estudios además de juntadas, festejos y en ocasiones también consuelos ante situaciones de las que obtuvimos una cuota más grande de enseñanza que de regocijo. Gracias a ellos nuestro paso por la facultad se hizo más llevadero y las clases más divertidas.

Es tan satisfactorio culminar con esta etapa y sentir que hemos llegado a la meta. Llevamos dentro de nuestros corazones momentos hermosos y muchos sueños por cumplir. Y nos vamos con un “hasta luego”, agradecidos por todo lo que hoy forma parte de un magnífico capítulo de nuestra historia de vida, que nos deja una mochila de recuerdos y conocimientos rebosante, a la cual miramos con cariño y la atesoramos junto a nuestro pecho siempre que nos ponemos a pensar en esta etapa de estudiantes que finaliza.



## Índice

<b>1</b>	<b>SÍNTESIS</b>	<b>9</b>
1.1.	Breve reseña del proyecto	9
1.2.	Mercado, producción y ventas	9
1.3.	Factibilidad técnica y recursos	9
1.4.	Monto de inversiones y resultados esperados	11
<b>2</b>	<b>ESTUDIO DE MERCADO</b>	<b>15</b>
2.1	- <i>Bien a producir</i>	15
2.2.	- Mercados previstos	16
2.3.	- Tamaño del proyecto	19
2.4.	- Estudio de los insumos	20
<b>3</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>29</b>
3.1	- Localización prevista	29
3.2.	- Condiciones de la localización	30
3.3.	- Factores decisivos	31
3.4.	- Método de Localización	32
3.5.	- Importancia de la industria proyectada para la región donde se localiza	35
<b>4</b>	<b>INGENIERÍA</b>	<b>39</b>
4.1.	- Descripción del proceso de fabricación	39
4.2.	- Justificación de la elección del proceso	55
4.3.	- Cálculo, diseño y adopción de equipos	64
4.4.	- Terreno y edificios	113
<b>5.</b>	<b>ORGANIZACIÓN</b>	<b>141</b>
5.1.	- Tipo de Empresa	141
5.2.	- Organización de la empresa: áreas, departamentos y funciones	141
5.3.	- Personal Ocupado	144
<b>6.</b>	<b>COSTOS</b>	<b>149</b>
6.1.	- Cálculo de los costos	149
6.2.	- Planillas de costos	150
6.3.	- Puesta en marcha	158
<b>7.</b>	<b>INVERSIONES</b>	<b>161</b>
7.1.	- Cálculo de inversiones	161
7.2.	- Planilla de inversiones	164
7.3.	- Planilla de amortizaciones	166
7.4.	- Cronograma de inversiones	168
<b>8.</b>	<b>FINANCIAMIENTO</b>	<b>171</b>

8.1.	- Fuentes de financiamiento.....	171
8.2.	- Planilla de fuentes de financiamiento .....	171
9.	RESULTADOS.....	175
9.1.	- Determinación del punto de equilibrio para cada año de duración del proyecto 175	
9.2.	- Cuadro de fuentes y usos de fondos.....	175
9.3.	- Cuadros de resultados proyectados .....	178
9.4.	- Cálculo de la tasa interna de rentabilidad del proyecto .....	179
9.5.	- Cálculo de la tasa interna de retorno sobre el capital propio.....	181
9.6.	- Determinación del efecto palanca .....	182
10.	CONCLUSIONES.....	185
10.1.	- Factibilidad del Proyecto.....	185
10.2.	- Conclusiones Personales .....	185
11.	BIBLIOGRAFÍA .....	191

### **Índice de Láminas**

Lámina N°1:	Planimetría General, 119
Lámina N°2:	Distribución de Equipos, 121
Lámina N°3:	Corte Longitudinal, 123
Lámina N°4:	Servicios Auxiliares, 125
Lámina N°5:	Motores Eléctricos, 127
Lámina N°6:	Diagrama Unifilar, 129
Lámina N°7:	Reactor, 131
Lámina N°8:	Corte del Reactor, 133
Lámina N°9:	Columna de Destilación, 135
Lámina N°10:	Corte de Columna de Destilación, 137

# 1. SINTESIS



## **1 SÍNTESIS**

### **1.1. Breve reseña del proyecto**

En este proyecto se aborda el análisis de factibilidad para la instalación de una planta destinada a la obtención de furfural a partir de bagazo agotado de malta de la industria cervecera. Con este proceso se consigue transformar un desecho de las grandes cervecerías en un producto de alto valor agregado. De esta forma se consigue aprovechar de forma más eficiente la malta, que en general se dispone como alimento de ganado.

### **1.2. Mercado, producción y ventas**

#### **1.2.1. Orientación básica del mercado a servir**

El furfural y sus derivados se utilizan en una gran variedad de industrias. Sin embargo, en este proyecto el producto final estará destinado a la industria petrolera; específicamente usado como solvente selectivo en la refinación de aceites lubricantes. La planta pretende abastecer, no sólo a las petroleras que se encuentran en Argentina (Pampa Energía, YPF, Shell, etc.), sino también a todas las que se encuentran en Sudamérica (Brasil, Venezuela y Colombia).

#### **1.2.2. Volúmenes de producción previstos y programa de producción**

La planta iniciará su primer año con una producción de 3000 toneladas, que representa casi un 20% de la demanda de furfural en Sudamérica. Tomando esa capacidad como punto de partida, se prevé un aumento anual del 7% durante los 10 años que dura el análisis.

#### **1.2.3. Fuentes de suministro actuales de los productos**

Actualmente, la empresa que abastece al mercado de furfural en Argentina es Indunor, una planta pertenece al grupo Sllvateam. Dicha industria se encuentra en La Escondida, Chaco y abastece no sólo el mercado nacional, sino que, a nivel internacional, exporta más de las tres cuartas partes de su producción a más de 60 países.

### **1.3. Factibilidad técnica y recursos**

#### **1.3.1. Breve descripción del proceso y grado de actualidad del mismo**

Este proceso se puede dividir en 3 etapas: secado y acidificación de la materia prima, reacción de deshidratación de pentosas y purificación del furfural. El secado de la materia prima recién llegada resulta fundamental para un buen acondicionamiento. El bagazo viene de las cervecerías con un 80% de humedad y para poder almacenarla en los silos, esta no debe tener una humedad mayor

al 8%. En esas condiciones se reduce el riesgo de crecimiento de hongos y otros microorganismos. El próximo paso, es la acidificación de los granos antes de entrar al reactor. Es un paso de vital importancia ya que el medio ácido cataliza la reacción en la etapa siguiente.

La reacción de deshidratación de pentosas se produce dentro de los reactores a una temperatura de aproximadamente 220°C y 30 bar. A medida que transcurre el tiempo, se descomprime el reactor y se genera el furfural; el cual se encuentra en la corriente de vapor que sale por arriba del mismo.

La purificación del furfural se realiza por medio de sendas torres de destilación y decantadores que lo llevan desde el 3% hasta el 98% de pureza. La dificultad de esta etapa radica en que el agua y el furfural forman un azeótropo. Sin embargo, en estado líquido estos fluidos se pueden separar en dos fases debido a su diferencia de densidad.

Luego de la purificación el furfural al 98% de pureza se almacena en tanques de 5000 litros de acuerdo con lo que establece el Código de Líquidos Inflamables y Combustibles.

### **1.3.2.** Disponibilidad de materias primas, mano de obra, insumos y transportes

Para que la planta pueda operar se necesitan varias toneladas de bagazo de malta por hora. Es por esto, que debe estar lo más cerca de las cervecerías posible. Esto no sólo es para reducir el costo de transporte, sino que además para evitar que la materia prima llegue con hongos y otros microorganismos. Los insumos como el ácido y el hidróxido de sodio, no son de difícil acceso ya que se pueden obtener de fábricas y proveedores que se encuentran en la zona.

La fábrica va a necesitar de operarios con educación media y profesionales capacitados en carreras relacionadas con tecnicaturas, ingeniería y recursos humanos.

### **1.3.3.** Localización prevista

Teniendo en cuenta las necesidades de funcionamiento de la empresa, se eligió instalarla en la zona de Zárate, Buenos Aires. Es un punto estratégico que nos permite reducir la distancia entre la materia prima y los insumos. Además, nos encontramos cerca de instituciones públicas de capacitación en todos los niveles académicos que se requieren.

## 1.4. Monto de inversiones y resultados esperados

### 1.4.1. Inversiones totales del proyecto

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Total activo fijo	502.230.396										
Total activo de trabajo	994.711	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490
Total	503.225.107	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490

### 1.4.2. Rentabilidad del proyecto

VAN	447.832.273,15
VAN Propio	577.233.787,66
TIR	10%
TOR	14,92%

Estos valores indican que el proyecto es rentable para el período y las condiciones que se plantean. Se hará un desarrollo más completo en la unidad 9.

### 1.4.3. 1.4.3 Financiamiento previsto

Fuentes de financiamiento		
Concepto	Monto	%
Aporte Bancario	\$ 227.000.000	40,5
Aporte Propio	\$ 334.415.245	59,5
Inversión total	\$ 561.415.245	100

El financiamiento está compuesto por dos partes: el aporte propio de los socios que representa un 59,5% de la inversión total y el aporte bancario que es un 40,5%.



## 2. MERCADO



## **2 ESTUDIO DE MERCADO**

### **2.1 - Bien a producir**

El bien a producir es furfural en estado líquido, enfocado al mercado del refinado de petróleo.

#### **2.1.1. Descripción del producto**

El furfural es un compuesto orgánico, un aldehído aromático con estructura de anillo que se obtiene a partir de la hidrólisis de pentosas con ácido sulfúrico. Luego se destila hasta alcanzar una pureza del 98-98,5%. Es un líquido aceitoso incoloro y con olor a almendras. Sin embargo, se oxida con gran facilidad y pasa a ser de color pardo. Tiene características químicas muy activas en reacciones de oxidación, hidrogenación y condensación. Su fórmula molecular es  $C_5H_4O_2$ .

Debido a sus propiedades se destina su producción a la industria petrolera. Donde se lo utiliza como solvente selectivo para la eliminación de sustancias formadoras de residuos en los aceites lubricantes.

El furfural se comercializa en camión-cisterna de 28 tn, tambores metálicos de 250 kg, cisternas de 1.000 kg, isotanques de 21 tn. y en buques cisterna (300 - 400 tn). El packaging utilizado es realizado en acero y en una atmosfera de gas inerte de nitrógeno ( $N_2$ ), libre de oxígeno, para impedir la oxidación durante el transporte.

#### **2.1.2. Subproductos**

No existen subproductos.

#### **2.1.3. Mercado consumidor y tipo de bien**

El furfural es un producto utilizado principalmente en refinerías de petróleo. Es un bien de demanda intermedia utilizado como solvente selectivo en la refinación de aceites lubricantes para la industria petrolera.

#### **2.1.4. Bienes competitivos**

Se consideran bienes competitivos del furfural a otros solventes como el fenol y el dióxido de azufre, cuyo papel principal es también la remoción de

componentes no saturados y aromáticos de los aceites en el refinado de los mismos.

El furfural puede aplicarse en otras industrias en donde los bienes sustitutos mencionados anteriormente no podrían competir.

## **2.2. - Mercados previstos**

### **2.2.1.     Ámbito de análisis**

El producto evaluado está destinado a las refinerías y su producción tiene como objetivo abarcar el mercado internacional, específicamente a Sudamérica (Brasil, Venezuela, Colombia y Argentina).

### **2.2.2.     Análisis histórico**

Los bajos precios del petróleo en la última parte del siglo 20 llevaron a la producción de furfural a un verdadero declive, los precios de exportación del furfural y alcohol furfurílico se redujeron en un 40%, y el precio del furfural llegó a bajar hasta los U\$D500/Ton, dando un fuerte impacto a la eficiencia empresarial.

Ahora, el suministro de fuentes de energía en el mundo enfrenta la demanda tanto de los países desarrollados como la creciente de los países en desarrollo ante una subida casi constante de los precios del petróleo registrados durante la última década.

Esta alza en los precios del petróleo estabiliza el volumen de producción y exportaciones del furfural y vuelve más competitivos el alcohol furfurílico y las resinas de furano en el mercado internacional.

La situación de las exportaciones es gratificante para los productos destinados principalmente a Japón, Corea del Sur, Estados Unidos, Bélgica, Tailandia, Jordania, Irán, Turquía y Taiwán.

Actualmente alrededor del 90 por ciento de la capacidad de producción de furfural se ha instalado en tres países: China, Sudáfrica y la República Dominicana, según SRI Consulting (SRI, 2007)

Sin embargo, en este contexto de altos precios del petróleo, el interés en la producción de furfural en países en vías de desarrollo está sumándose a esta línea de producción.

Fuente: SRI Consulting

País	Dólares FOB	Participación porcentual	
		Individual	Acumulada
Tailandia	6,205,102	27.49	27
Bélgica	6,181,858	27.49	55
Países Bajos	2,027,500	8.98	64
USA	1,889,364	8.37	72
Japón	1,864,999	8.26	80
Egipto	922,500	4.09	85
Irán	887,229	3.93	89
Indonesia	515,354	2.28	91
Rep. De Corea	515,103	1.28	93
Singapur	418,115	1.85	95
Otros países de Asia	291,708	1.29	96
Jordán	270,667	1.20	97
Pakistán	258,172	1.14	99
Arabia Saudita	123,399	0.55	99
India	109,498	0.49	99.59
Brasil	48,83	0.22	99.81
La República Popular Democrática de Corea (RPDC)	25,5	0.11	99.92
Chile	15,484	0.07	99.99
Australia	2,75	0.01	100
<b>Total general</b>	<b>22,573,122</b>	<b>100</b>	

La producción mundial de furfural registrada en el año 2012 por SRI Consulting fue de aproximadamente 250.000 TPA, y el precio suele mantenerse estable en U\$D1.000/Ton.

País	Fuente Principal	Producción (TPA)
China	Desechos de Maíz	200,000
República Dominicana	Bagazo de Caña	32,000
Sudáfrica	Bagazo de Caña	20,000
Tailandia	Desechos de Maíz	8,500

España	Desechos de Maíz	6,000
Otros (incluidos India y Sur América)	Desechos de Maíz/ Bagazo de Caña	<15,000
<b>Total</b>		<b>&lt;261,500</b>

### **Principales productores**

En la Argentina, la empresa Silvateam es la única productora de furfural, mientras que a nivel mundial se pueden apreciar otras grandes productoras como Central Romana, ubicada en República Dominicana; Illovo Sugar, ubicada en Sudáfrica; Lenzing group, con sede principal en Austria; Penn A Kem, situada en los EEUU; KRBL, ubicado en India, Hongye Holding Group, con sede en China; y China Furfural, también situado en China

### **Principales consumidores, especificando ubicación, producto final que elaboran y la importancia de cada uno de ellos en el total de la demanda.**

Entre los principales consumidores a nivel nacional se encuentra Pampa Energía (antigua Petrobras), acaparando casi un 80% del mercado, y el resto se divide entre YPF y Shell, las cuales destinan dicho producto como insumo para el refinado del petróleo crudo. Además se destina un mínimo porcentaje a la producción de resinas furánicas tanto en el país como en el extranjero.

### **Sistemas actuales de comercialización. Describir los canales habituales de comercialización especificando la política contemplada al respecto por el proyecto.**

El furfural se comercializa en Argentina en camión-cisterna de 28 tn, tambores metálicos de 250 kg, cisternas de 1.000 kg, isotanques de 21 tn. y en buques cisterna (300 - 400 tn). El packaging utilizado es realizado en acero y en una atmosfera de gas inerte de nitrógeno (N2), libre de oxígeno, para impedir la oxidación durante el transporte.

### **Disposiciones oficiales que rigen la producción. Comercialización. Usos. Consumo y precios de los bienes a fabricar.**

Si bien no se consigna una ley que regule la producción de furfural, se debe acatar la Resolución 276/07 de Transporte de Sustancias Peligrosas.

### **2.2.3. Demanda futura**

Si bien hoy en día el mercado del furfural tiene una gran estabilidad debido a los valores del petróleo, también hay varios factores ambientales que proveen una fuerte base para un continuo crecimiento de dicho mercado, con especial énfasis en las áreas de:

- Reemplazo del Bromuro de metilo y otros nematicidas por productos derivados del furfural
- Aditivos de combustibles, para los derivados del biodiesel y el etanol
- Plásticos de bases naturales y poliuretanos naturales

El mercado global furfural fue valorado en 2015 en \$ 582 millones de dólares. En 2026, se espera que aumente a casi \$ 2,8 billones debido a las nuevas aplicaciones anteriormente mencionadas, reflejando una tasa de crecimiento anual compuesto de diez años de 11,7% de 2016-2026. En términos de volumen, el mercado global de furfural se valoró en 306,3 kilotonnes en 2015, y debería aumentar a 643,3 kilotonnes en 2026, lo que refleja una CAGR de diez años del 7,7%

### **2.3. - Tamaño del proyecto**

Este proyecto se diseña con el objetivo de poder procesar la totalidad o la gran mayoría de la hez de malta que producen en conjunto las cervecerías Isenbeck y Quilmes, ambas ubicadas en la localidad de Zárate. Considerando que entre las mismas suman un total de 72.000 toneladas de hez de malta al año, considerando su cantidad de pentosanos presentes en la misma, se estima alcanzar una producción de furfural de 1800 toneladas de producto terminado al año.

#### **2.3.1. Posibilidades futuras de expansión**

Este proyecto está diseñado para comenzar la operación de la planta produciendo un total anual de furfural igual a 1100 toneladas, con un crecimiento previsto anual del 7%, alcanzando una producción de 1900 toneladas anuales de furfural al décimo año de funcionamiento de la fábrica.

## **2.4. - Estudio de los insumos**

### **2.4.1. - Disponibilidad de materia prima en función a la capacidad de producción**

Las materias primas utilizadas para la producción de furfural consisten en hez de malta, ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e hidróxido de sodio (NaOH). A continuación se discute la disponibilidad de cada uno de ellos.

#### **2.4.1.1. Disponibilidad de hez de malta**

En Argentina existen varias industrias cerveceras, entre ellas se encuentran:

- Cervecería y Maltería Quilmes, la cual forma parte de AB InBev, la compañía cervecera internacional. Quilmes cuenta con plantas distribuidas a lo largo del país: dos ubicadas en la provincia de Buenos Aires (Quilmes y Zárate); una en la provincia de Corrientes, otra en Mendoza, otra en Tucumán y otra en Córdoba.

La misma empresa presenta una capacidad productiva por establecimiento en promedio de 2.240.000 htls/año lo que arroja 15.200 tn/año de malta agotada.

- Cervecería Santa Fe ubicada en la provincia de Santa Fe perteneciente a Compañía de Cervecerías Unidas, también conocida por su acrónimo CCU. La planta tiene una capacidad de elaboración de 3.700.000 htls/año, lo que da 25.600 tn/año de malta agotada.

#### **2.4.1.2. Disponibilidad de ácido fosfórico**

Según la Cámara de la Industria Química y Petroquímica de Argentina, en nuestro país se encuentran 5 grandes productores de ácido sulfúrico. Ellos son:

- Akzo Nobel Argentina S.A.
  - ubicación: San Lorenzo, Santa Fe
  - capacidad instalada: 145.000 ton/año
- Meranol S.A.
  - Ubicación: Dock Sud, Buenos Aires

- capacidad instalada: 100.000 ton/año
- Ar Zinc S.A
  - Ubicación: Fray Luis Beltrán, Santa Fe
  - Capacidad instalada: 78.000 ton/año
- Fabricaciones Militares
  - Ubicación: Río Tercero, Córdoba
  - Capacidad instalada: 39.600 ton/año
- Minera Santa Rita S.R.L
  - Ubicación: Campo Quijano, Salta
  - Capacidad instalada: 26.000 ton/año

#### **2.4.1.3. Disponibilidad de hidróxido de sodio (NaOH)**

En Argentina se registran 10 productores de soda cáustica según el IPA (Instituto Petroquímico Argentino), los cuales son:

- Atanor SCA
  - Ubicación: Río Tercero – Cba
  - Capacidad instalada: 48.000 ton/año
- Clorox Argentina SA
  - Ubicación: Pilar – Bs As
  - Capacidad instalada: 17.200 ton/año
- Juan Messina SA
  - Ubicación: Chacras de Coria - Mdza
  - Capacidad instalada: 8.400 ton/año
- Ledesma SAAI
  - Ubicación: Ledesma – Jujuy
  - Capacidad instalada: 7.700 ton/año
- Petroquímica Bermúdez SA
  - Ubicación: Capitán Bermúdez – SF
  - Capacidad instalada: 37.000 ton/año
- Petroquímica Río Tercero SA
  - Ubicación: Río Tercero – Cba
  - Capacidad instalada: 28.500 ton/año
- Solvay Indupa SAIC
  - Ubicación: Bahía Blanca – Bs As

- Capacidad instalada: 194.000 ton/año
- Transclor SA
  - Ubicación: Pilar – Bs As
  - Capacidad instalada: 65.500 ton/año

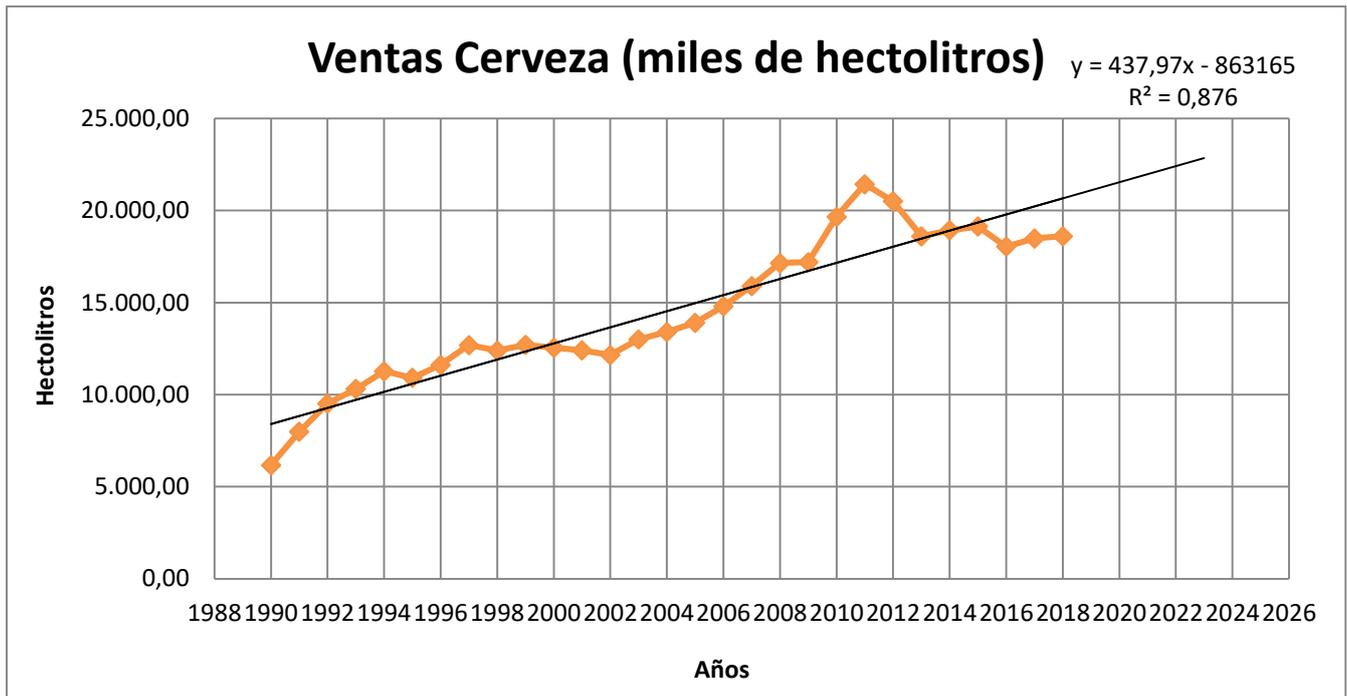
## 2.4.2. Evolución futura prevista para los insumos

### 2.4.2.1. Hez de malta

Si bien no se encontraron datos acerca de la cantidad de hez, sabemos que la producción de cerveza tiene una relación directa con la existencia de esta. Asimismo, cuanto más productivo sea el sector cervecero, tendremos mayor disponibilidad de malta agotada.

A continuación, se muestra una tabla con los valores anuales de producción de cerveza desde el año 1990 hasta la actualidad. En base a ellos, se puede observar una línea de tendencia que asegura la disponibilidad de la materia prima.

<b>Periodo</b>	<b>Ventas Cerveza (miles de hectolitros)</b>	<b>Periodo</b>	<b>Ventas Cerveza (miles de hectolitros)</b>
1990	6.170,00	2005	13.900,00
1991	7.979,00	2006	14.800,00
1992	9.518,00	2007	15.900,00
1993	10.305,00	2008	17.150,00
1994	11.272,00	2009	17.200,00
1995	10.913,00	2010	19.660,00
1996	11.615,00	2011	21.433,00
1997	12.687,00	2012	20.500,00
1998	12.395,00	2013	18.600,00
1999	12.700,00	2014	18.920,00
2000	12.550,00	2015	19.135,00
2001	12.400,00	2016	18.040,00
2002	12.150,00	2017	18.480,00
2003	13.000,00	2018	18.600,00
2004	13.400,00		

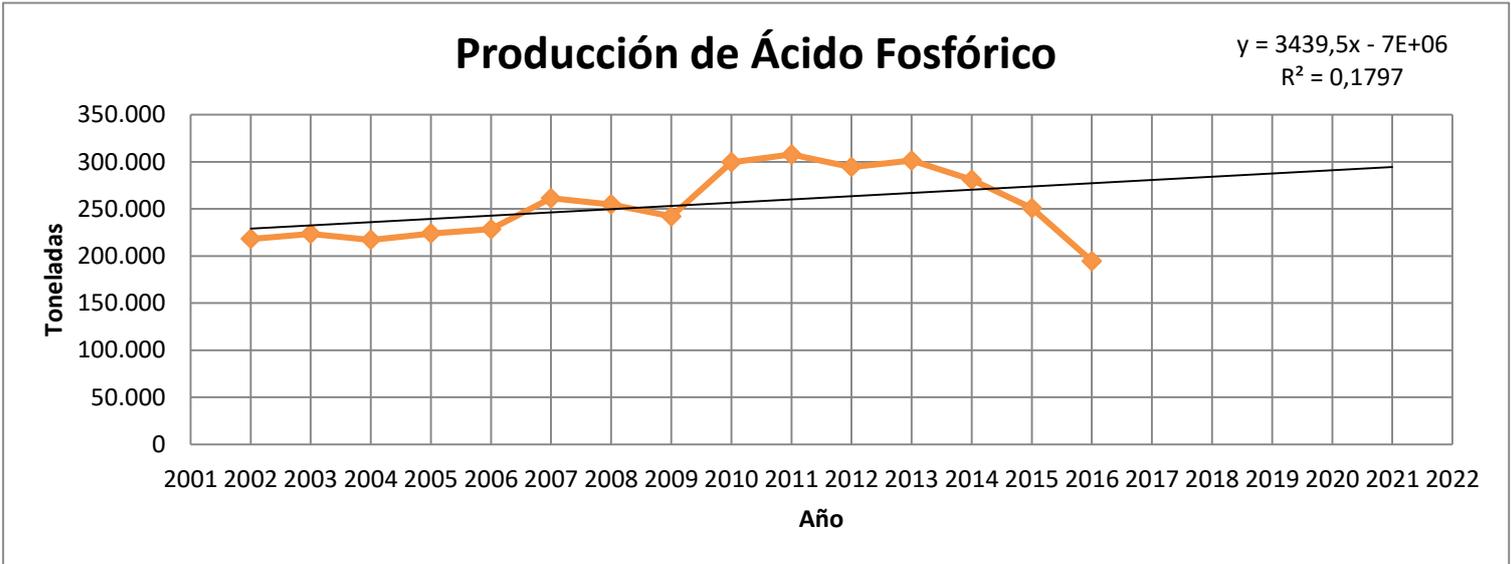


*Ilustración 1- Venta de hectolitros de cerveza por año*

*\*Los datos de producción se obtuvieron de la página del INDEC, la Cámara de Cerveceros Argentinos y el Ministerio de Agroindustria de la Nación.*

#### **2.4.2.2. Ácido fosfórico**

Teniendo en cuenta la producción anual desde el año 2002, podemos observar que en los últimos la producción fue disminuyendo. Sin embargo, si se observan todos los datos y se traza una línea de tendencia, se observa que podremos disponer de esta materia prima por lo menos por 5 años más.



*Ilustración 2 - Producción de Ácido Fosfórico por año*

\*Los datos fueron sacados de la Cámara de Industria Química y Petroquímica (CIQyP).

AÑO	PROD. (t)	AÑO	PROD. (t)
1993	205.909	2005	223.856
1994	203.661	2006	228.447
1995	226.208	2007	261.326
1996	226.762	2008	254.846
1997	235.613	2009	242.073
1998	230.111	2010	299.598
1999	210.102	2011	307.792
2000	224.492	2012	294.470
2001	215.113	2013	301.340
2002	218.139	2014	281.061
2003	223.648	2015	250.843
2004	217.209	2016	194.561

#### 2.4.2.3. Hidróxido de sodio

Teniendo los datos de producción anual de los últimos 15 años, podemos observar que la cantidad de toneladas producidas se mantuvo casi constante.

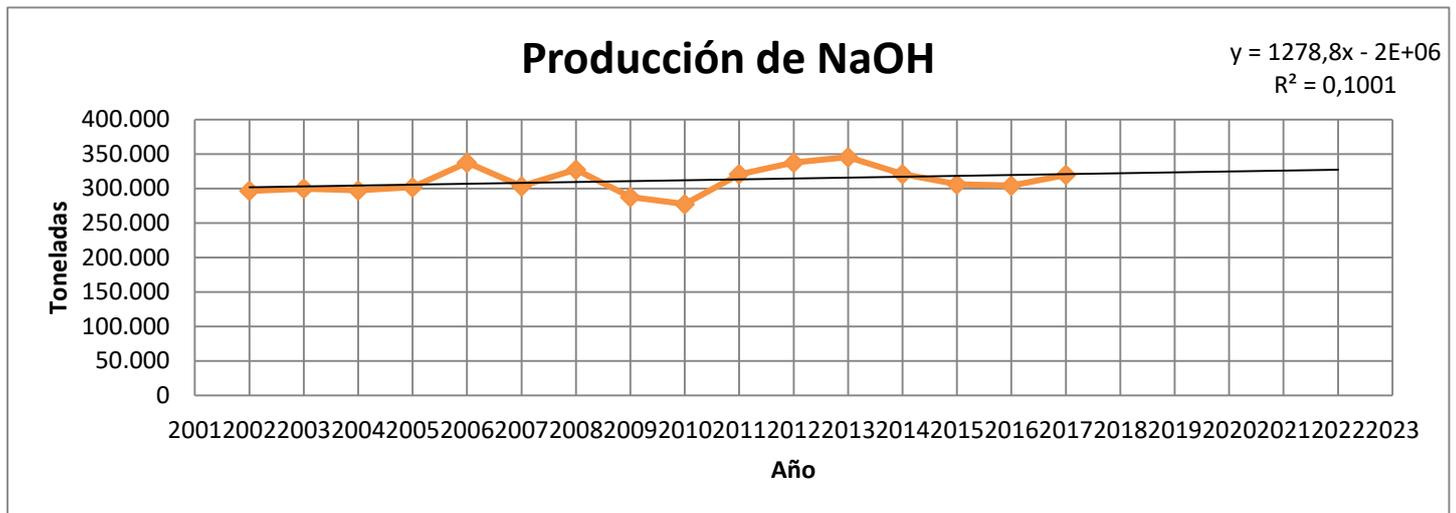


Ilustración 3 - Producción de Hidróxido de Sodio por año

De esta forma, se puede estimar que podremos disponer de esta materia prima en el futuro.

\*Los datos fueron sacados de la Cámara de Industria Química y Petroquímica (CIQyP).

AÑO	PROD. (t)	AÑO	PROD. (t)
1993	155.621	2006	337.605
1994	171.514	2007	303.257
1995	186.385	2008	327.343
1996	208.488	2009	287.563
1997	208.821	2010	277.318
1998	218.090	2011	320.666
1999	235.600	2012	337.587
2000	236.300	2013	345.490
2001	280.045	2014	320.807
2002	296.503	2015	306.139
2003	299.850	2016	304.247
2004	297.241	2017	319.716
2005	301.945		



## 3. LOCALIZACIÓN



### 3 LOCALIZACIÓN

#### 3.1 - Localización prevista

La elección del lugar donde se situará la planta de un futuro proyecto es de máxima importancia. De esta acción dependerán posibles beneficios u obstáculos que podamos llegar a tener. Instalarse en una zona adecuada puede traer como consecuencia un ahorro significativo en lo que a transporte de insumos y producto terminado se refiere. Además, existen zonas de promoción industrial que se deben considerar; y analizar la conveniencia dependiendo de cuál sea nuestro objetivo. Por ello se analizaron 3 posibles localizaciones, las cuales tenían en común que poseían al menos una industria cervecera de gran porte y cercanía considerable al puerto de Buenos Aires. Estas posibles localizaciones eran:

- Zárate
- Quilmes
- Luján

Luego de realizar la evaluación, se decidió instalar la planta en la zona de Zárate, Buenos Aires.

##### 3.1.1. - Macro-localización:



Imagen 1 - Macrolocalización Localidad de Zárate

### 3.1.2. - Micro-localización:



Imagen 2 - Microlocalización de la planta

A continuación se expone un análisis de los factores que se consideran importante para la elección de la zona a instalar la futura fábrica de furfural.

### 3.2. - Condiciones de la localización

#### 3.2.1. - Disponibilidad de mano de obra

Para el desarrollo de este proyecto es esencial contar tanto con mano de obra calificada como no, es por esto que las instalaciones deberían estar cerca de algún centro de estudios universitarios para poder captar profesionales calificados en el tema. Además debe estar en las cercanías de un polo urbano para poder abastecer la planta de mano de obra no calificada

#### 3.2.2. - Disponibilidad de materias primas

Las materias requeridas para el proceso como mencionamos anteriormente son hez de malta, ácido sulfúrico e hidróxido de sodio. Estas materias primas son producidas en la Provincia de Buenos Aires, la hez de malta la obtendremos de la Cervecería y Maltería Quilmes ubicadas en Quilmes y en Zárate, el ácido sulfúrico de la empresa Meranol S.A ubicada en Dock Sud, Buenos Aires y el hidróxido de sodio también se fabrica en dicha provincia en las localidades de Pilar y Bahía Blanca. La cercanía de las materias primas genera un impacto favorable para la economía de la empresa.

### **3.2.3. - Ruta y accesibilidad.**

Por el volumen que ocupa la materia prima que se necesita para la producción de furfural, se llegó a la conclusión de que el proyecto será más factible económicamente si se sitúa la planta más cerca de la materia prima que de los consumidores finales del producto. Esto nos dará un importante ahorro en lo que a transporte se refiere.

Dado que el mercado al que se apunta se encuentra en la parte sur de nuestro país y en otros países resulta fundamental contar con diversos medios de comunicación. Teniendo en cuenta el empaque en el que se comercializará el producto, y dado el costo de transporte, consideramos que medio más adecuado para realizar la distribución del producto es por vía marítima. Es el medio de transporte más barato y que nos va a permitir acceder a mercados internacionales.

### **3.2.4- Mercados consumidores**

Los mercados consumidores de nuestro producto se encuentran localizados comenzando por la provincia de Buenos Aires hacia el sur del país, ya que es donde se encuentran la mayoría de los yacimientos petrolíferos. Otro mercado para nuestro producto es el internacional, al cual la mejor forma de acceder en nuestro caso es por medio de transportes navales. Es por esto que la planta debe ubicarse, o bien cerca de los yacimientos petrolíferos, o bien no muy lejos de algún puerto de gran calado.

## **3.3. - Factores decisivos**

Análisis de la macro-zona

### **3.3.1 - Materia prima**

Este factor resulta decisivo para la elección de la localización debido al gran volumen que se procesa diariamente, representando decenas de camiones por lo que la cercanía de la materia prima generará un impacto positivo en la economía de la empresa.

Valor de peso: 0,4

### **3.3.2 - Rutas y accesibilidad:**

Este factor es importante tanto para el transporte de materia prima como el del producto terminado es por esto que la industria debe ubicarse en una zona con gran cantidad de vías de acceso disponibles.

Valor de peso: 0,15

### **3.3.3 - Cercanía al puerto de Buenos Aires**

La cercanía de la planta con un puerto de calado internacional posee un carácter fundamental en cuanto al impacto en los costos de la empresa ya que diariamente se enviarán camiones cisterna con el furfural listo para ser exportado. Es por esto que cuanto más cerca se encuentre la empresa del puerto de Buenos Aires, la misma incurrirá en menores costos de transporte de producto final

Valor de peso: 0,25

### **3.3.4 - Mano de obra**

Este factor resulta fundamental para definir la localización debido a que es necesario mano de obra calificada con conocimientos técnicos así como también mano de obra no calificada. Es por esto que se analizará el número de universidades y colegios técnicos en las zonas, que puedan proveer de dicho personal técnicamente calificado

Valor de peso: 0,2

## **3.4. - Método de Localización**

### **3.4.1- Elección del método**

El método elegido para determinar la localización óptima de la planta es el cualitativo por puntos, en el cual se realiza una ponderación en función de la importancia relativa de cada factor y luego se vuelcan estos valores en un cuadro

### **3.4.2- Calificación de las posibles localizaciones**

#### **3.4.2.1- Zárate:**

Esta zona es la que más se encuentra beneficiada por la cercanía y disponibilidad de materia prima, ya que ahí se encuentran instaladas 2 cervecerías: Cervecería y Maltería Quilmes Zárate y Cervecería Argentina

Isenbeck lo que arrojan 48.300 tn/año de hez de malta. Por esta razón se le asignó el valor de 5.

En cuanto a la accesibilidad, la zona se encuentra delimitada por las rutas 9, 12, 193 y el Río Paraná. De esta forma, tiene un valor de 3.

La distancia al Puerto de Buenos Aires es un parámetro a tener en cuenta porque planeamos exportar el producto. Sin embargo, de las zonas elegidas es las que más lejos se encuentra, por esta razón se le asignó un valor de 1.

Además de los establecimientos educativos que se encuentran en la zona de Zárate, también se evaluaron los que se encuentran en la zona de Campana por su cercanía. Por ello se le asignó un valor de 5.

#### **3.4.2.2- Quilmes**

En cuanto a cercanía y disponibilidad de materias primas calificamos a esta localidad con un valor de 3 debido a que cuenta con la cercanía a la cervecería Quilmes, la cual presenta una capacidad productiva en promedio de 2.240.000 htls/año lo que arroja 15200 tn/año de malta agotada.

Con respecto a las rutas y accesibilidad a la localidad de Quilmes se le otorgó una calificación de 3 debido a que cuenta con 3 rutas provinciales, las cuales son 49,18 y 36.

En cuanto a la cercanía del puerto calificamos a esta localidad con un valor de 5 debido a que queda aproximadamente a 25 km del Puerto de Buenos Aires.

Respecto a la disponibilidad de mano de obra calificamos con un valor de 3 debido a que cuenta con la Universidad Nacional de Quilmes y 6 escuelas técnicas.

#### **3.4.2.3- Luján**

Con respecto a la disponibilidad y cercanía de la materia prima, calificamos esta localización con un valor de 3 debido a que se encuentra cerca de la planta de CCU en Luján, la cual cuenta con una producción de 200 millones de litros de cerveza anuales, lo que equivale a un total 13600 toneladas de hez de malta por año

La localidad de Lujan está lindada por 3 rutas provinciales (RP 5, RP 6, RP 7), lo que permite una buena accesibilidad a la zona por medio de camiones. Es por esto que le asignamos una calificación de 3 puntos.

En cuanto a la cercanía de Luján con respecto al puerto de Buenos Aires, optamos por asignarle una calificación de 3 debido a que se encuentra a 69 km de dicha localización.

En lo que a la mano de obra respecta, consideramos apropiado una calificación de 1 para esta localidad, debido a que solo se encuentran allí la Universidad Nacional de Lujan y la Escuela Técnica N°1 Eduardo Guillermo Olivar, para proveer de mano de obra calificada a la industria.

### 3.4.3- Tabla de resultados

Factores	Valor de peso	Zárate		Quilmes		Luján	
		C	P	C	P	C	P
Cercanía y cantidad de materia prima	0,4	5	2	3	1,2	3	1,2
Rutas y accesibilidad	0,15	3	0,45	3	0,45	3	0,45
Cercanía al puerto de Buenos Aires	0,25	1	0,25	5	1,25	3	0,75
Disponibilidad de mano de obra	0,2	5	1	3	0,6	1	0,2
Total			3,7		3,5		2,6

#### **3.4.4- Conclusión**

Luego de realizar el cuadro se observa que la mayor puntuación la obtuvo la localidad de Zárate, lo cual quiere decir que es la localización donde los factores decisivos calificaron por encima de las demás y por lo tanto es la más adecuada para instalar la planta.

#### **3.5. - Importancia de la industria proyectada para la región donde se localiza**

La importancia de localizar la industria en la localidad de Zárate sería la fuente de trabajo que representaría para dicha zona, así como también la reducción significativa de los residuos de la industria cervecera, como lo es la hez de malta.

Así también, el furfural producido en esa zona tendría menor costo de transporte hasta el puerto de exportación, representando una disminución en los costos del producto.



# 4. INGENIERÍA



## **4 INGENIERÍA**

### **4.1.- Descripción del proceso de fabricación**

Se plantea la obtención de furfural a partir de bagazo de malta, el cual tiene una composición del 30% de pentosanos como Xilosa y Arabinosa, las cuales por reacciones de hidrólisis y deshidratación se convierten en furfural. Debido a que el bagazo utilizado se recibe con un porcentaje de humedad elevado, debe atravesar una operación de secado previo a su incorporación al reactor.

El método de obtención de furfural considerado es el Suprayield, el cual mantiene el medio de reacción en constante ebullición por medio de una alta temperatura inicial acompañada de una descompresión lenta, causando una conversión de pentosanos en furfural cercana al 100%. Este producto luego de abandonar el reactor debe someterse a un sistema de columnas de destilación y decantadores que aseguran la obtención de un producto con 98,5% de furfural

El proceso se observa en el diagrama de bloques correspondiente a la Figura 1:

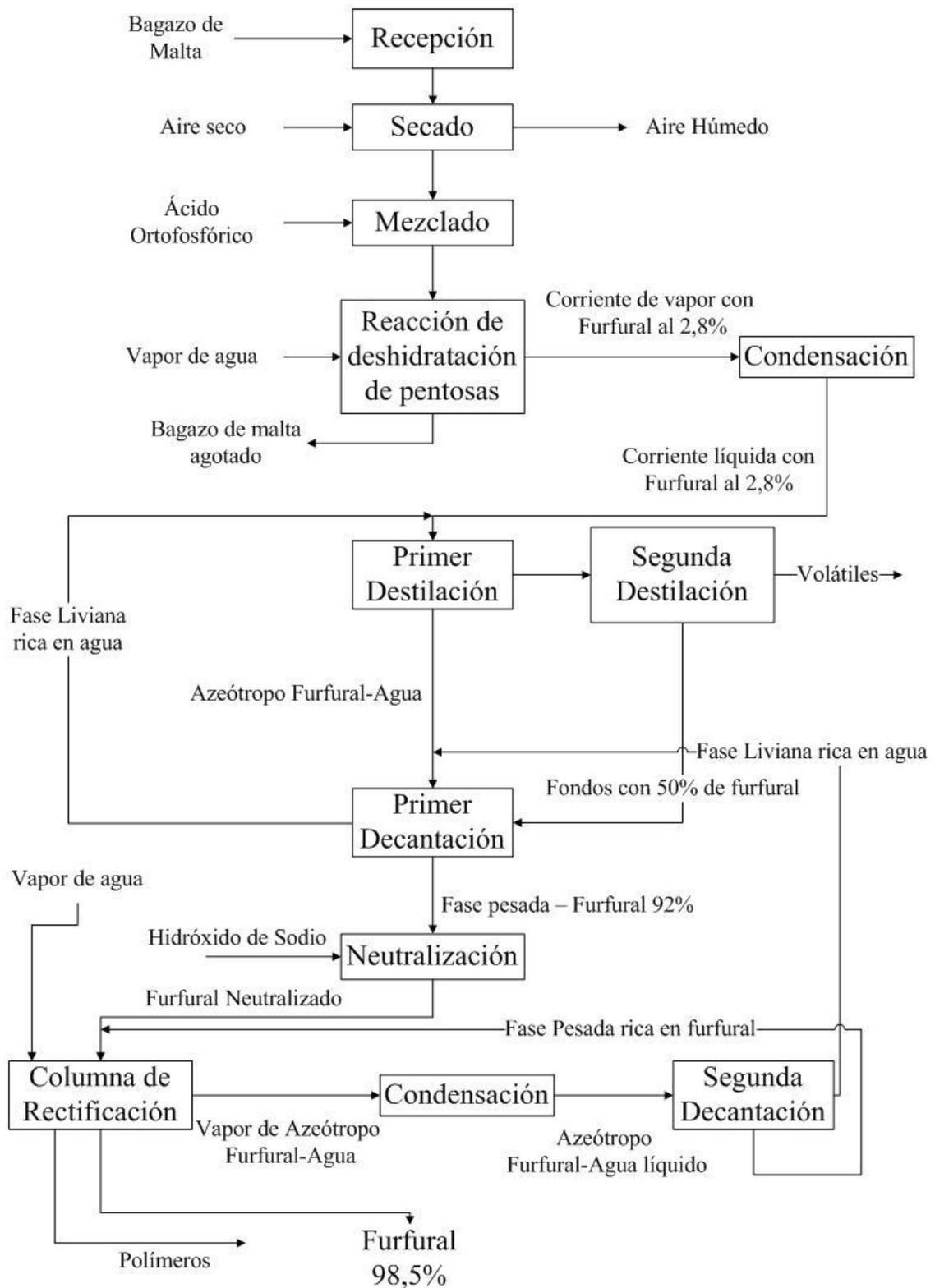


Imagen 3 - Diagrama de bloques de la producción de furfural

#### **4.1.1.** - Descripción detallada del proceso de fabricación

##### **4.1.1.1.** – Secado

El bagazo agotado de malta ya fue sometido a una molienda para poder fabricar la cerveza. De este modo, la materia prima sólo debe ser secada para disminuir su humedad.

##### **4.1.1.2.** – Mezclado

La materia prima se mezcla con la solución ácida en un mezclador de tornillo, con el fin de alimentar una mezcla lo más homogénea posible al reactor. Dicha solución actúa como catalizador de reacción y se utiliza ácido ortofosfórico. Este compuesto genera una alta concentración de Hidrógeno que favorece la formación de furfural.

##### **4.1.1.3.** Reacción de deshidrogenación de pentosas

La mezcla ingresa al reactor, en el cual se calienta la carga a una temperatura (T1) de 230°C introduciendo vapor presurizado a través de una válvula de entrada de vapor. Una vez alcanzada dicha temperatura, se cierra la válvula de entrada de vapor y se somete la carga a una despresurización gradual, reduciendo la presión en el reactor hasta que se alcanza una temperatura (T2) de 180°C. En este punto, se analiza si la carga todavía tiene la capacidad para producir furfural; si es el caso, se la vuelve a someter a un calentamiento y a una descompresión gradual. La despresurización se realiza a una velocidad suficiente como para mantener la fase líquida dentro del reactor en un estado de constante ebullición. El reactor cuenta con una salida de vapor, por la cual se extrae continuamente el furfural generado, ya que el mismo se produce en la fase gaseosa al estar la carga en ebullición, lo cual genera rendimientos cercanos al 100% debido a que se evita el contacto entre el furfural producido y las pentosas. Se busca que la reacción se produzca en fase gaseosa para evitar las reacciones de pérdida; éstas se dan en fase líquida.

##### **4.1.1.4.** - Destilación por arrastre con vapor

El vapor que se produce en el reactor contiene una mezcla de hasta 6% de furfural y 90% de agua. Esta corriente se alimenta a una columna de destilación azeotrópica, la cual funciona con el azeótropo furfural-agua que tiene un punto de ebullición de aproximadamente 98°C y contiene 65% de agua.

De la columna, se extrae una fracción del azeótropo como corriente líquida y se alimenta un decantador; donde se separa en una fase liviana rica en agua y una fase pesada rica en furfural. La fase liviana se devuelve como reflujo a la columna.

La cabeza de la columna suele tener una mezcla de varios compuestos además de una pequeña cantidad de agua y furfural. Esta mezcla se envía a una columna empacada donde el furfural y el agua se separan para luego alimentar el decantador.

La corriente de fondo suele estar compuesta por agua y ácidos carboxílicos. La misma se descarga y se envía a la planta de tratamiento para su disposición final.

#### **4.1.1.5. – Destilación en columna empacada**

Esta columna se alimenta con el destilado de la columna anterior, que contiene una composición del 38% de furfural, y se procede a separar por la cabeza los componentes volátiles como el metanol y por la cola de esta columna se separa una corriente con una composición de furfural cercana al 50%. Esta última corriente se convierte en una de las alimentaciones del decantador 1.

#### **4.1.1.6. – Decantación**

En el decantador (D1) se separan dos fases, una acuosa y otra de furfural que se encuentra al 92%. Como se dijo, la fase liviana se devuelve a la columna y la pesada se bombea a una cámara de mezcla.

#### **4.1.1.7. - Neutralización**

La fase rica en furfural se mezcla en una cámara de contacto con una solución de hidróxido de sodio con el fin de neutralizar el ácido agregado inicialmente a la mezcla.

#### **4.1.1.8. - Deshidratación**

La solución neutralizada se alimenta a una columna de destilación de platos. Por medio de reboilers e inyecciones de vapor, el furfural se libera de su contenido de agua. La fracción de la cabeza contiene una mezcla del azeótropo agua-furfural. Esta corriente se condensa y se envía a un decantador (D2), donde se separa en una fase liviana y una pesada. La fase liviana se envía al

de decantador (D1) para eliminar el agua de la columna y la fase pesada se devuelve como refluo a la columna. Debajo de la cabeza de la columna, se extrae una corriente de furfural en estado de vapor. Su condensado es el producto que queremos obtener, furfural con un 98,5% de pureza.

#### 4.1.2. Programa de producción

##### 4.1.2.1. Régimen de trabajo

La planta estará operando durante las 24 hs del día todos los días, a excepción de la parada anual de mantenimiento que durará 3 semanas. Durante el tiempo de trabajo habrá 3 turnos de 8 horas cada uno, contemplando 1 hora para el almuerzo y la cena y 30 min de descanso para el turno de la madrugada.

Teniendo en cuenta el tiempo de operación y la parada anual, se trabajarán 344 días al año. Esto suma un total de 8256 horas por año.

En concordancia con el programa de producción adoptado y los balances de masa realizados, se expresa en la siguiente tabla la capacidad anual de cada etapa para los próximos 10 años.

Se estimó un aumento de producción anual del 7%.

Etapas	Producción anual (Tn)				
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Secado	49536	53004	56714	60684	64932
Mezclado/Acidificación	12384	13251	14178	15171	16233
Reacción de deshidratación de pentosas	43591	46642	49907	53401	57139
Destilación 1	8090	8656	9262	9911	10604
Decantación 1	8256	8834	9452	10114	10822
Destilación 2	990	1059	1133	1213	1298
Neutralización	1403	1501	1606	1719	1839
Destilación 3	1486	1590	1701	1820	1948

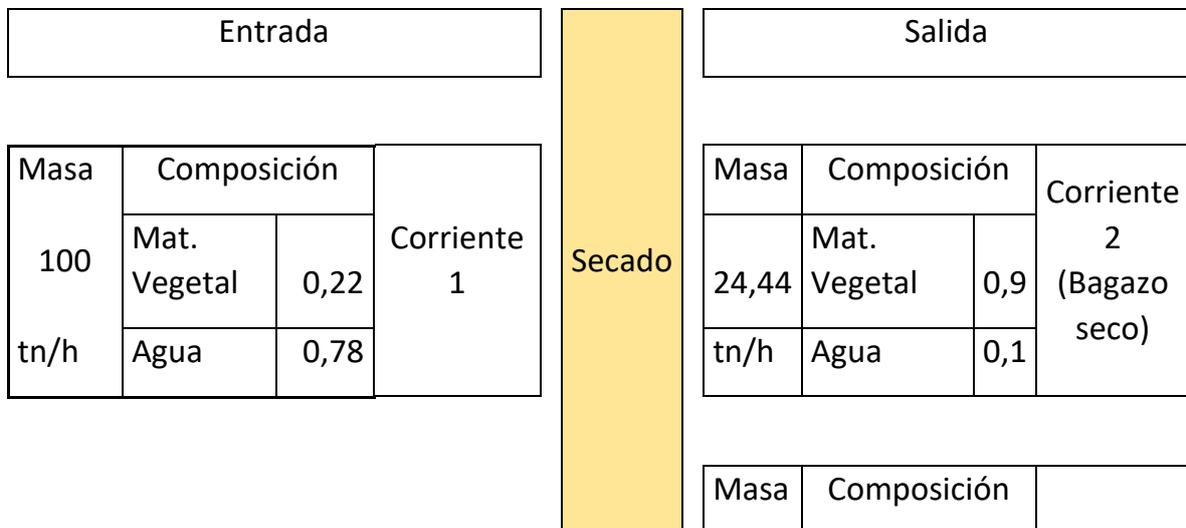
Decantación 2	421	450	482	516	552
---------------	-----	-----	-----	-----	-----

Etapas	Producción anual (Tn)				
	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Secado	69477	74340	79544	85112	91070
Mezclado/Acidificación	17369	18585	19886	21278	22767
Reacción de deshidratación de pentosas	61139	65418	69998	74897	80140
Destilación 1	11347	12141	12991	13900	14873
Decantación 1	11579	12390	13257	14185	15178
Destilación 2	1389	1486	1590	1701	1820
Neutralización	1968	2106	2253	2411	2579
Destilación 3	2084	2230	2386	2553	2732
Decantación 2	590	632	676	723	774

#### 4.1.3. Balance de masa y diagrama de flujos

##### 4.1.3.1. Secado

Se considera que la materia prima se recibe con un 78% de humedad y se desea acondicionarla a un 10% de humedad.



	75,56	Agua	1	Corriente 3 (Agua)
	tn/h			

#### 4.1.3.2. Mezclado

Para el mezclado se agrega solución acidificada al 12,5% de Ácido Ortofosfórico en una proporción de 2,25 Kg de solución por cada 100 Kg de material vegetal.

Entrada				Mezclado	Salida			
Masa	Composición		Corriente 2		Masa	Composición		Corriente 5
24,44	Mat. Vegetal	0,9			24,99	Mat. Vegetal	0,88023	
tn/h	Agua	0,1			tn/h	Agua	0,11702	
					Ácido Ortofosfórico	0,00275		
Masa	Composición		Corriente 4					
0,55	Ácido Ortofosfórico	0,125						
tn/h	Agua	0,875						

#### 4.1.3.3. Reacción

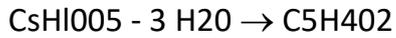
Para analizar la reacción se consideró un rendimiento de conversión de pentosanos en furfural de un 70% provisto por Zeisch, además de las composiciones de los componentes generados en menor medida como Ácido acético y alcohol furfurílico.

##### Hidrólisis de pentosanos



$$n \times 132.114 + n \times 18.016 \rightarrow n \times 150.130$$

Deshidratación de Pentosas



$$150.130 - 54.048 \rightarrow 96.082$$

Entrada

Masa	Composición		Corriente 5
24,993	pentosanos	0,2201	
tn/h	inertes	0,6162	
	otros	0,0440	
	Agua	0,1170	
	Ácido Ortofosfórico	0,0027	

Reacción

Salida

Masa	Composición		Corriente 7 (fase vaporizada)
88,000	Furfural	0,0280	
tn/h	Agua	0,9557	
	Ácido Ortofosfórico	0,0007	
	Ácido Acético	0,0137	
	Alcohol Furfurílico	0,0007	
	Volátiles	0,0012	

Masa	Composición		Corriente 6 (Vapor sobrecalentado)
108,305	agua	1	
tn/h	T°	260	
	P° (Kg/cm <sup>2</sup> )	30	

Masa	Composición		Corriente 8 (Bagazo Agotado)
45,298	Inerte	0,3400	
tn/h	Agua	0,5705	
	Ácido Ortofosfórico	0,0010	
	Pentosanos	0,0486	
	Ácido acético	0,0400	

#### 4.1.3.4. Destilación 1

En la columna de destilación 1 se consideran la alimentación proveniente del reactor, además de una corriente que vuelve de la etapa de Decantación 1, posterior a esta destilación. También se agrega una corriente de vapor vivo que favorece la destilación. En las corrientes de salida, además del destilado y fondo, se considera una corriente de salida lateral de la columna, por la cual sale la mayor parte del furfural y que sigue la línea de proceso para su posterior purificación.

Entrada				Destilación 1	Salida			
Masa	Composición		Corriente 7 (salida reactor)		Masa	Composición		Corriente 9 (cabeza)
88	Furfural	0,0280			0,43	Furfural	0,3800	
tn/h	Agua	0,9557			tn/h	Agua	0,3730	
	Ácido Ortofosfórico	0,0007				Ácido Acético	0,0001	
	Ácido Acético	0,0137				Volátiles	0,2470	
	Alcohol Furfurílico	0,0007						
	Volátiles	0,0012						
Masa	Composición		Corriente 12 (fase liviana decantador)		Masa	Composición		Corriente 10 (corriente lateral destilador 1)
14,03	Furfural	0,1199			15,80	Furfural	0,248	
tn/h	Ácido Acético	0,0022		tn/h	Ácido Acético	0,002		
	Agua	0,7898			Agua	0,675		
	Volátiles	0,0882			Volátiles	0,075		

Masa	Composición		Corriente 13 (vapor inyectado)
11,20	Agua	1,0000	
tn/h	T° (°C)	134,00	
	P° (bar)	3,0000	

Masa	Composición		Corriente 11 (cola destilador 1)
96,99	Furfural	0,0001	
tn/h	Ácido Acético	0,0125	
	Agua	0,9862	
	Alcohol Furfurílico	0,0013	

#### 4.1.3.5. Decantación 1

En la decantación, se aprovecha la diferencia de densidades entre el agua y el furfural para obtener una fase pesada rica en dicho componente con una composición de 92% en peso y una fase liviana rica en agua con una composición cercana al 12 % en peso de furfural.

Entrada
---------

Masa	Composición		Corriente 10 (corriente lateral destilador 1)
15,802	Furfural	0,248	
tn/h	Ácido Acético	0,002	
	Agua	0,675	
	Volátiles	0,075	

Masa	Composición		Corriente 14 (fondo destilador 2)
0,117	Furfural	0,5049	
tn/h	Ácido Acético	0,0001	
	Agua	0,4950	

Decantación  
1

Salida
--------

Masa	Composición		Corriente 12 (fase liviana decantador)
14,026	Furfural	0,1199	
tn/h	Ácido Acético	0,0022	
	Agua	0,7898	
	Volátiles	0,0882	

Masa	Composición		Corriente 15 (fase pesada)
2,804	Furfural	0,9200	
tn/h	Ácido Acético	0,0008	
	Agua	0,0792	

Masa	Composición		Corriente 23 (fase liviana decantador 2)
0,705	Furfural	0,1985	
tn/h	Agua	0,8015	

#### 4.1.3.6. Destilación 2

La columna de destilación 2 se utiliza para la separación de los compuestos volátiles de la corriente de cabeza de Destilación 1, por lo cual la corriente de destilado obtenida no se reprocesa. La corriente de fondo vuelve a la línea de proceso incorporándose en el decantador 1.

Entrada			Salida				
Masa	Composición		Corriente 9 (cabeza)	Masa	Composición		Corriente 16 (cabeza)
0,430	Furfural	0,3800		0,313	Agua	0,6604	
tn/h	Agua	0,3730		tn/h	Volátiles	0,3396	
	Ácido Acético	0,0001					
	Volátiles	0,2470					
			Destilación 2	Masa	Composición		Corriente 14 (fondo destilador 2)
				0,117	Furfural	0,5049	
				tn/h	Ácido Acético	0,0001	
					Agua	0,4950	

#### 4.1.3.7. Neutralización

En esta etapa se agrega Hidróxido de sodio de concentración 5 % en peso para neutralizar los ácidos presentes en la corriente proveniente de aguas arriba.

Entrada			Decantación 1	Salida				
Masa	Composición			Corriente 15 (fase pesada)	Masa	Composición		Corriente 18 (Corriente Neutralizada)
2,80	Furfural	0,92			2,83	Furfural	0,9103	
tn/h	Ácido Acético	0,0008			tn/h	Agua	0,0308	
	Agua	0,0792		Acetato de Sodio	0,0011			
Masa	Composición		Corriente 17					
0,03	Agua	0,95						
tn/h	Hidróxido de Sodio	0,05						

#### 4.1.3.8. Destilación 3

En la destilación 3 se alimenta la columna con la corriente de furfural neutralizada, junto con una corriente que retorna de la segunda decantación y una corriente de vapor vivo que favorece la destilación. La corriente de destilado alimenta luego a la segunda decantación y la corriente de fondos se purga debido a la presencia de polímeros obtenidos. El furfural listo para comercializar se obtiene de una corriente lateral de la columna.

Entrada			Destilación 3	Salida				
Masa	Composición			Corriente 18 (Corriente Neutralizada)	Masa	Composición		Corriente 19 (cabeza destilador 3)
2,834	Furfural	0,9103			0,893	Agua	0,65	
tn/h	Agua	0,0886		tn/h	Furfural	0,35		

Acetato de Sodio	0,0011	
Volátiles	0,2470	

Masa	Composición		Corriente 22 (vapor)
0,329	Agua	1	
tn/h	T° (°C)	134	
	P° (bar)	3	

Masa	Composición		Corriente 24 (fase pesada decantador 2)
0,187	Furfural	0,92	
tn/h	Agua	0,08	

Masa	Composición		Corriente 20 (Producto Final)
0,850	Furfural	0,9856	
tn/h	Agua	0,0012	
	Impurezas	0,0132	

Masa	Composición		Corriente 21 (purga de polímeros)
1,608	Polímeros	0,95	
tn/h	Furfural	0,04	
	Agua	0,01	

#### 4.1.3.9. Decantación 2

Esta segunda decantación se utiliza para concentrar la corriente de cabeza del destilador 3, enviando la fase liviana como reflujo al decantador 1 y la fase pesada de vuelta a la columna de destilación 3.

Entrada				Decantación 2	Salida			
Masa	Composición		Corriente 19 (cabeza destilador 3)		Masa	Composición		Corriente 23 (fase liviana decantador 2)
0,893	Agua	0,65			0,705	Furfural	0,198	
tn/h	Furfural	0,35			tn/h	Agua	0,802	

	Masa	Composición		Corriente 24 (fase pesada decantador 2)
	0,187	Furfural	0,92	
	tn/h	Agua	0,08	

### Diagrama de flujo

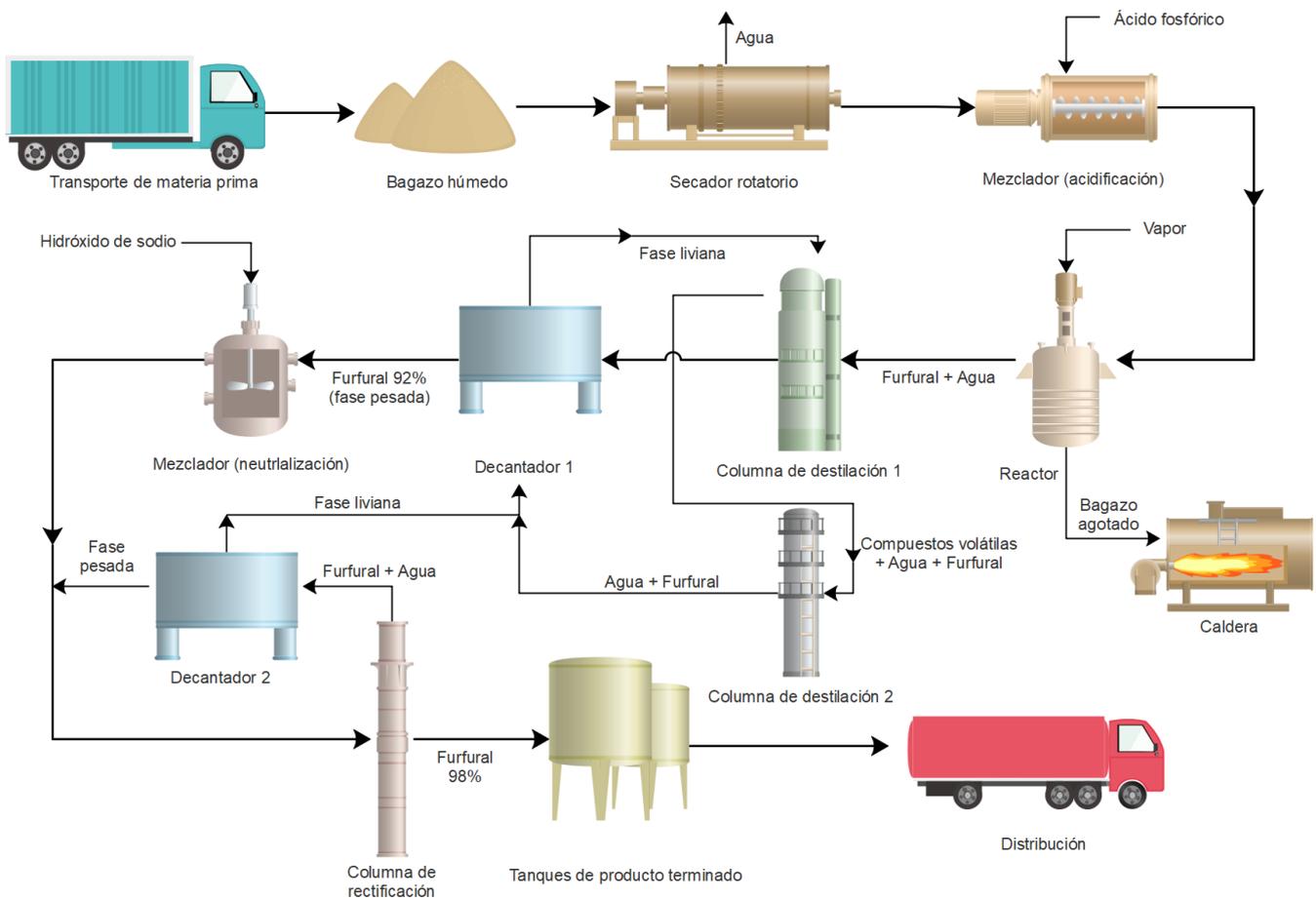


Imagen 4 - Diagrama de flujo de la producción de furfural

#### 4.1.4. Evolución prevista a los 10 años

Siguiendo con el análisis a 10 años, en el cuadro siguiente se muestra cómo aumenta el consumo de materia y la producción anual. También se tiene en cuenta el crecimiento anual del 7%.

		Consumo y producción anual (Tn/año)				
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Materia Prima	Bagazo de malta	49536	53004	56714	60684	64932
Insumos	Ácido Fosfórico	247	264	283	303	324
	Hidróxido de Sodio	15	16	17	18	20
Desechos	Polímeros	157	168	180	192	206
	Furfural	7	7	8	9	9
Producto	Furfural	1073	1148	1228	1314	1406

		Consumo y producción anual (Tn/año)				
		Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Materia Prima	Bagazo de malta	69477	74340	79544	85112	91070
Insumos	Ácido Fosfórico	346	371	397	424	454
	Hidróxido de Sodio	21	23	24	26	28
Desechos	Polímeros	220	236	252	270	289
	Furfural	10	11	11	12	13
Producto	Furfural	1505	1610	1723	1844	1973

#### 4.1.5. Capacidad de producción

**Descansos:** la ley estipula un descanso de 30 min por cada jornada de 8 horas. Como se trabajarán las 24 horas del día, se dará 1 hora en el primer turno para almorzar y en el 2do para cenar. Luego, el turno de la madrugada contará con 30 min de descanso. Esto se traduce en 65 horas mensuales.

**Mantenimiento:** puesto que no resulta conveniente parar la planta para hacer un mantenimiento mensual, se pretende hacer una parada anual de 3 semanas para realizar el mantenimiento de todos los equipos.

Tiempo Improductivo = Descansos + Mantenimiento

Horas					
Totales		Improductivas		Productivas	
Mensuales	Anuales	Mensuales	Anuales	Mensuales	Anuales
672	8760	65	1295	607	7465

Una vez calculado el tiempo productivo, se evalúa la capacidad real de cada etapa teniendo en cuenta la capacidad de los equipos seleccionados.

Etapas	Capacidad real de las etapas (Tn/h)				
	Capacidad teórica (tn/h)	Horas productivas anuales	Capacidad teórica (tn/año)	Coeficiente operativo	Capacidad real (tn/año)
Secado	12,14	8256	100228	0,91	91070
Mezclado/Acidificación	2,85	8256	23530	0,97	22767
Reacción de deshidratación de pentosas	10,45	8256	86275	0,93	80140
Destilación 1	1,92	8256	15852	0,94	14873
Decantación 1	2,32	8256	19154	0,79	15178
Destilación 2	0,23	8256	1899	0,96	1820
Neutralización	0,35	8256	2873	0,90	2579
Destilación 3	0,35	8256	2865	0,95	2732
Decantación 2	0,12	8256	958	0,81	774

Con la capacidad real de las etapas se procede a calcular la cantidad de equipos necesarios para afrontar el inicio de la producción y el consecuente aumento del 7% anual durante 10 años.

Etapas	Cantidad de equipos									
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10

Secado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mezclado/Acidificación	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
Reacción de deshidratación de pentosas	5	5	5	5	5	6	7	8	9	10
Destilación 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Decantación 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Destilación 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Neutralización	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Destilación 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Decantación 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

## 4.2. - Justificación de la elección del proceso

### 4.2.1. - Tecnologías existentes

#### 4.2.1.1. - Métodos de producción existentes

Existe una gran variedad de tecnologías para la producción de furfural, las cuales varían en la forma de llevar a cabo el mismo proceso productivo, diferenciándose por el tipo de flujo de producción, los materiales y la complejidad de los equipos. Entre los métodos más importantes podemos identificar:

- Método Quaker Oats
- Método Batch usado en China
- Método Suprayield o de máximo rendimiento

#### 4.2.1.1.1. - Método Quaker Oats

El proceso por lotes de QUAKER OATS es la forma más antigua de hacer furfural. Este proceso fue concebido en 1921, empleando los digestores disponibles, anteriormente utilizados para la fabricación de un producto de cereal no rentable.

Los digestores eran recipientes cilíndricos, de 12 pies de largo por 8 pies de diámetro, dispuestos horizontalmente, que giraban sobre un eje longitudinal, con vapor entrando a través de un muñón y el vapor de producto que sale a través del otro muñón. La materia prima mezclada con ácido sulfúrico se introduce a través de un orificio, y después de cerrar este

último, se aplican la rotación de la olla y el paso de vapor para lograr 153 °C durante 5 horas. La temperatura de 153°C fue impuesta por la presión nominal de los digestores disponibles. Después de probar varios materiales, QUAKER OATS terminó revistiendo los digestores con ladrillos de carbono sellados por un cemento a prueba de ácidos. Este proceso utiliza como materia prima cascarilla de avena con un contenido de humedad del 6% y ácido sulfúrico acuoso como catalizador

A pesar de su venerable historia, el proceso por lotes de QUAKER OATS tiene desventajas significativas que se pueden resumir de la siguiente manera:

- Un largo tiempo de residencia debido a la baja temperatura.
- Un alto requerimiento de ácido sulfúrico para compensar un poco la baja temperatura.
- Medidas especiales contra la corrosión (ladrillos de carbono).
- Un residuo extremadamente ácido.
- Problemas en el procesamiento de partículas que tienden a ser expulsadas por el vapor debido al giro de la que genera tal efecto.
- La rotación del reactor requiere un diseño bastante complicado que apenas está justificado por su beneficio marginal para el proceso

#### **4.2.1.1.2. - Método Batch usado en China**

China ha adoptado esquemáticamente un proceso por lotes muy simple y económico, en el cual todos los reactores tienen un diámetro de 1,5 m y una altura de 8 m. Extrañamente, son fabricados en acero dulce y tiene un enorme espesor de pared de 50 mm para soportar la corrosión. No poseen revestimiento, pero la pared interior queda cubierta, y protegida, por los polímeros de furfural que se forman naturalmente en el proceso. La materia prima generalmente consiste en mazorcas de maíz molidas, de la cual se eliminaron las partículas pequeñas por tamizado. El tamaño de partícula es entre 20 y 30 mm y el contenido de humedad inicial de la materia prima es del orden del 15 por ciento. En el tornillo de alimentación, hecho de acero inoxidable, se pulveriza ácido sulfúrico acuoso al 4% sobre las mazorcas de maíz entrantes para dar 1,5 kg de ácido por 100 kg de fase líquida. La materia prima acidificada se carga a través de una escotilla en la parte superior hasta que se llena aproximadamente el 75% del reactor. Tras el cierre de la escotilla, se pasa de 1 a 1.5 toneladas / h de vapor de 6 a 7 atm, de abajo hacia arriba por un período de 4 a 5 horas. Después de este tiempo, el residuo se descarga abriendo una compuerta en la parte inferior. De esta manera bastante brusca, el reactor es vaciado en 20 segundos. En lugar de

utilizar un generador de vapor secundario, el proceso chino pasa al vapor del reactor directamente a través del hervidor de la columna de destilación azeotrópica, y en lugar de utilizar una columna de recuperación para el reboilers, la mayoría de estos vapores se transmiten a la atmósfera antes de que comience la destilación.

Como en el caso del proceso por lotes de QUAKER OATS, el rendimiento de furfural en el destilado es del orden del 50 por ciento.

#### **4.2.1.1.3.** - Método Suprayield o de máximo rendimiento

Otros procesos explotan el potencial de rendimiento de altas temperaturas pero no hacen nada por la causa fundamental de las reacciones de pérdida, que es un medio de reacción sin hervir. Por el contrario, un concepto más reciente señaladamente llamado proceso SUPRAYIELD, comercializado por BOSCH PROJECTS de Durban, Sudáfrica, tiene como objetivo duplicar el rendimiento del 100% obtenido rutinariamente en el "proceso analítico de furfural", el cual da un rendimiento probado del 100%, ya que mantiene el medio de reacción en un estado de ebullición, de modo que de acuerdo con los respectivos diagramas de fase, cualquier furfural generado en la fase líquida se "rechaza" instantáneamente en la fase vapor. Por este motivo, en el proceso SUPRAYIELD se requiere que el hervido del medio de reacción se realice de una manera diferente.

Siendo la respuesta a esta pregunta, que la reacción se lleve a cabo bajo elevada presión, en la cual el punto de ebullición pueda alcanzarse y mantenerse en dicho estado, disminuyendo gradualmente la presión para mantenerla por debajo de la presión de vapor. En el proceso SUPRAYIELD, la "descompresión retardada" es una degeneración del proceso de flasheo, ralentizado hasta tal punto que el período de tiempo para pasar de un nivel primario de alta presión a una presión secundaria más baja corresponde al tiempo de reacción necesario para la conversión deseada de pentosanos a furfural. Como después de calentar el reactor a la temperatura primaria, la presión en el recipiente es alta, la "descompresión retardada" se puede efectuar y controlar fácilmente mediante una simple válvula de escape. En casos especiales, cuando la temperatura primaria está limitada por la presión de vapor disponible, se puede aplicar más de una "descompresión retardada" para determinar la conversión completa del pentosanos a furfural. El ácido externo elegido es el ácido ortofosfórico, ya que no causa ninguna reacción secundaria. El mismo no es un ácido fuerte, pero es suficientemente fuerte para el propósito dado.

#### **4.2.1.2. - Catalizadores ácidos existentes**

Las reacciones de hidrólisis del pentosanos y la deshidratación de la pentosa en furfural, están ambas catalizadas por ácidos, por lo cual una correcta selección del mismo resulta clave para el desarrollo del proceso.

##### **4.2.1.2.1. - Ácido Sulfúrico**

Es el ácido que se usa con mayor frecuencia en los procesos de obtención de furfural debido a su elevado grado de acidez. Presenta graves problemas de corrosión en los reactores, por lo cual los mismos deben poseer ya sea un revestimiento adecuado, o bien presentar baja reactividad frente a dicho ácido.

En el método Suprayield, debido a las condiciones en la que se da el mismo, se evita la utilización de ácido sulfúrico debido a que produce pérdidas de furfural por reacciones de sulfonación.

##### **4.2.1.2.2. - Ácido Clorhídrico**

Es una variante para el catalizador ácido considerada en el método Suprayield ya que no genera reacciones de sulfonación con el furfural. El factor corrosivo de este ácido lo descarta para producciones industriales debido a que acarrearía inversiones elevadas en el uso de materiales que soporten la corrosión provocada por el mismo.

##### **4.2.1.2.3. - Ácido Ortofosfórico**

Si bien no es un ácido tan fuerte como los dos mencionados anteriormente, su constante de disociación ácida es lo suficientemente fuerte como para catalizar la reacción de producción de furfural sin producir reacciones competitivas.

#### **4.2.1.3. - Reactores existentes**

##### **4.2.1.3.1. - Reactor batch revestido con ladrillos de carbono**

Consisten en los primeros reactores utilizados en la producción de furfural, los cuales son de estructura cilíndrica de 2,5 m de diámetro y 4 m de largo. Estos reactores estaban diseñados para un proceso de producción de cereales, por lo que no estaba optimizado para la fabricación de furfural.

#### **4.2.1.3.2.** - Reactor batch de acero con poco carbono

Estos reactores se asemejan en la estructura cilíndrica al reactor anterior pero con dimensiones de 1,5 m de diámetro y 8 m de largo, de paredes muy gruesas fabricadas con acero con bajo carbono para soportar la corrosión ácida.

#### **4.2.1.3.3.** - Reactor continuo Escher Wyss

Consiste en un reactor de lecho fluidizado en el cual se incorporaba la materia prima por la parte superior en un alimentador giratorio, al mismo tiempo que se rociaba en forma de spray la solución ácida que actuaba como catalizador. Por la parte inferior se incorporaba vapor por medio de un distribuidor rotativo generando el lecho fluidizado.

El reactor estaba hecho de acero de alta aleación para tratar de afrontar la corrosión generada por la solución ácida distribuida en forma de spray.

#### **4.2.1.3.4.** - Reactor continuo Rosenlew

Este reactor consiste en una estructura cilíndrica de 2,5 m de diámetro y 12 m de alto, en la cual por la parte superior se alimenta continuamente la materia prima, la cual puede ser catalizada con un ácido externo como también con los mismos ácidos producidos dentro del reactor debido a la materia prima usada. En dirección contraria a la alimentación del material vegetal, se incorpora vapor por la parte inferior del reactor, el cual atraviesa el lecho vegetal para luego recogerse en la parte superior. Por su funcionamiento puede pensarse como una torre de desorción o stripping.

#### **4.2.1.3.5.** - Reactor continuo con descompresión lenta

Este reactor posee una geometría cilíndrica, el cual se carga con el material vegetal acompañado del ácido catalítico para luego calentarse hasta una temperatura elevada que asegure la ebullición del furfural. Luego se mantiene la ebullición disminuyendo la presión del sistema a medida que disminuye la temperatura del mismo, enviando continuamente furfural a la columna de separación.

#### **4.2.1.4.** - Secadores existentes

Las operaciones de secado pueden clasificarse ampliamente según que sean por lotes o continuas. Estos términos pueden aplicarse específicamente desde el punto de vista de la sustancia que está secando.

#### **4.2.1.4.1.** - Secadores de Bandejas

El secador de bandejas, consiste en un gabinete, de tamaño suficientemente grande para alojar los materiales a secar, en el cual se hace correr suficiente cantidad de aire caliente y seco. En general, el aire es calentado por vapor, pero no saturado, de modo que pueda arrastrar suficiente agua para un secado eficiente.

#### **4.2.1.4.2.** - Secadores continuos de túnel

Este tipo de secador está formado por un túnel, por el cual pasan bandejas o carretillas con el material a secar, dentro del túnel, se hace fluir, generalmente a contracorriente, aire caliente, el cual sirve para secar los sólidos. Este tipo de secador es típico de la industria alimenticia. A diferencia de los secadores de bandejas, en este caso, el área superficial, no es tan importante, debido a que la velocidad del aire y el tiempo de estadía dentro del secador pueden variar en un rango muy amplio, por ende, estos secadores son muy utilizados para materiales grandes.

#### **4.2.1.4.3.** - Secadores Rotatorios

Un secador rotatorio consta de un cilindro hueco que gira sobre su eje, con una ligera inclinación, para permitir el desliz de los sólidos a secar hacia la boca de salida. Se alimentan por la boca de entrada y por la boca de salida se alimenta el gas caliente, que habrá de secar a contracorriente el sólido que se desliza despacio hacia la salida, a medida que se va secando.

El método de calentamiento es por contacto indirecto a través de la pared del cilindro que se calienta por el paso de los gases.

Las partículas atraviesan una sección relativamente corta, a medida que se deslizan, mientras su humedad disminuye de la misma manera en que descienden. Evitar y revisar el estancamiento.

#### **4.2.1.5.** Mezcladores existentes

Se detallan los equipos y métodos existentes para realizar una mezcla y homogeneización de la materia prima vegetal con el catalizador ácido para evitar zonas sin reacción dentro del reactor.

#### **4.2.1.5.1.** - Mezclador de tornillos

El mezclador de tornillo se basa en un sistema de mezcla para sólido y líquido de gran eficacia y productividad con un bajo consumo energético. Se trata de un cuerpo mezclador en forma de cono invertido con un tornillo sinfín mezclador que gira sobre sí mismo y simultáneamente se desplaza con un movimiento circular paralelo a la bisectriz del cono. De esta manera se crea un movimiento de elevación del producto, que, unido al desplazamiento de éste hacia el centro del mezclador, crea unas corrientes de transporte asegurando que todo el material entre dentro del campo de acción del tornillo sinfín en el mínimo tiempo posible.

#### **4.2.1.5.2.** Cinta transportadora con spray de ácido

Consiste en una cinta transportadora con aspersores que rocían intermitentemente la solución sobre el bagazo.

#### **4.2.1.6.** Destilaciones existentes

Uno de los inconvenientes que tiene la separación del sistema binario furfural-agua es que a presión atmosférica forman un azeótropo. Es por ello, que la elección de la destilación debe, no sólo superar o eliminar el azeótropo, sino también, proporcionar un ahorro en los costos de capital y energéticos. Entre las técnicas que más se utilizan están la destilación al vacío, la destilación azeotrópica y la destilación extractiva, las cuales se describen a continuación:

##### **4.2.1.6.1.** - Destilación al vacío

Este proceso aprovecha el cambio de equilibrio de fases líquido-vapor que se produce a presiones menores a la atmosférica. Se realiza un vacío en la columna de destilación para disminuir la temperatura del punto de ebullición de la mezcla para así eliminar el azeótropo. Sin embargo, para obtener furfural con un alto grado de pureza, es necesario trabajar con un gran número de platos y altas relaciones de reflujo. Esto se traduce en torres altas, de gran diámetro y consumo energético elevado.

#### **4.2.1.6.2.** - Destilación azeotrópica

Utilizando esta tecnología se consigue superar el azeótropo mediante la incorporación de un tercer compuesto que actúa como agente separador. De esta forma, se consigue modificar la estructura del sistema y formar un azeótropo ternario.

En general, esta tecnología utiliza tres columnas. La primera se alimenta con un vapor compuesto de furfural-agua con baja concentración de furfural. La segunda columna se alimenta con la corriente que proviene de la primera columna y se agrega el agente separador. Se busca que la corriente de cabeza tenga el azeótropo formado por el agente y el agua; y por la cola se obtenga el furfural. La corriente de cabeza se condensa y se lleva a un decantador para separar el agua y el agente; donde se recupera el agente (fase ligera) y se recircula a la columna dos. La fase pesada alimenta la tercera columna, donde se busca recuperar el separador que haya sido arrastrado.

#### **4.2.1.6.3.** - Destilación extractiva

Mediante este proceso se busca separar un azeótropo binario con bajo punto de ebullición. Al igual que en la destilación anterior, también se agrega un tercer componente, pero en este caso se busca aumentar la diferencia de volatilidad relativa que existe entre los compuestos del sistema binario, sin que se forme un nuevo azeótropo. Dependiendo del caso, se pueden usar tres tipos de agentes: solventes, sales y mezcla de estas últimas.

#### **4.2.1.6.4.** - Destilación por arrastre con vapor

Si bien no es una destilación diseñada para separar un azeótropo propiamente dicha, si se usa en conjunto con decantador se consigue lograr la separación de la mezcla. La condición fundamental para que este procedimiento sea factible, es que los compuestos de la mezcla en estado líquido tengan una densidad suficientemente distinta para separarse en dos fases dentro del decantador. Esta operación consiste en alimentar la columna con una corriente de vapor, que al condensarse, aporta la energía necesaria para vaporizar los componentes que se desean separar.

#### **4.2.2.** - Justificación de la elección

##### **4.2.2.1.** - Elección del método

En contraste con los demás métodos, el proceso Suprayield apunta a conseguir el 100% de la producción de furfural, además este proceso es utilizado actualmente en el país para la producción de furfural a partir de otras materias primas. Es por esto que seleccionamos dicha tecnología.

El proceso básicamente consiste en mantener un medio de reacción en un estado continuo de ebullición de manera que el furfural generado en la fase líquida es, al instante, transferido a la fase vapor. Esto no puede lograrse por inyección de vapor ya que, a cualquier presión, el vapor que condensa es termodinámicamente incapaz de llevar una solución acuosa de pentosa a ebullición, debido a la elevación del punto de ebullición provocada por la pentosa. Por tanto, el calentamiento y la extracción con vapor lleva a un medio de reacción sin ebullición que deja a cualquier furfural generado disuelto temporalmente en la fase líquida donde puede sufrir reacciones de pérdida de furfural consigo mismo o con otros intermedios de reacción. En el proceso Suprayield la ebullición del medio de reacción se lleva a cabo de un modo diferente que consiste en trabajar a presión elevada en principio disminuyendo lentamente, para que la fase líquida esté continuamente hirviendo a las temperaturas de reacción.

##### **4.2.2.2.** Elección del catalizador ácido

Se selecciona el ácido ortofosfórico, ya que no posee un gran poder corrosivo y su acidez es lo suficientemente fuerte para catalizar la reacción de formación de furfural.

##### **4.2.2.3.** Elección del reactor

Luego de considerar todas las opciones de reactores, se optó por el reactor con calentamiento exterior y con despresurización lenta, el cual se ajusta de manera óptima al método Suprayield, ya que es uno de los únicos reactores pensados y diseñados exclusivamente para la producción de furfural.

##### **4.2.2.4.** Elección del secador

Se opta por un secador rotatorio para disminuir el contenido de humedad de la materia prima debido a que se deben tratar grandes volúmenes de bagazo y este tipo de secador evitará el estancamiento.

#### 4.2.2.5. Elección del mezclador

Se elige mezclar la materia prima y la solución ácida en un mezclador de tornillo, con el fin de alimentar una mezcla lo más homogénea posible al reactor a un costo energético bajo.

#### 4.2.2.6. Elección del sistema de destilación

Teniendo en cuenta las opciones planteadas anteriormente, se elige la destilación por arrastre con vapor. Esta tecnología lleva mucho tiempo en el mercado y es muy utilizada, de manera que es posible encontrar información suficiente para diseñar una columna que se adapte a los requerimientos del proceso.

### 4.3. - Cálculo, diseño y adopción de equipos

#### 4.3.1. Cálculo de equipos principales

##### 4.3.1.1. Secador

Teniendo en cuenta la cantidad de bagazo de malta a tratar y las condiciones de humedad que debe tener a la salida, se eligió el secador rotativo. Particularmente, se seleccionó el modelo DSG (Brewer's Spent Grain) de la empresa Dingli ya que está diseñado específicamente para secar bagazo de malta. Cuenta con diversos accesorios para aumentar su eficiencia, como ser: un deshidratador para retirar el exceso de líquido del bagazo antes de que entre al cilindro, ciclones a la salida para retener el polvo que se pueda generar y una empaquetadora. Además, el calor necesario para producir el secado se realiza en una cámara de combustión que puede ser alimentada con el bagazo agotado.

Secador Rotativo	
Marca	Zhengzhou Dingli
Modelo	DLSG2912/3
Capacidad (tn/h)	12,14
Temp. de operación (°C)	280
Potencia (kW)	155

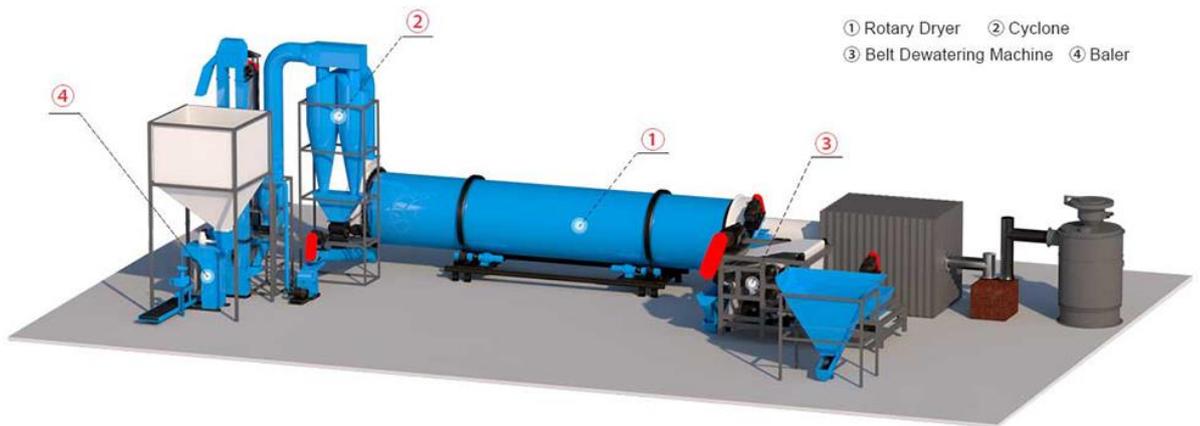


Imagen 5 - Planta modular secador rotativo

#### 4.3.1.2. - Mezclador

A fin de cumplir con los requerimientos de capacidad y condiciones de operación que exige esta etapa, se eligió un mezclador de tornillo horizontal. Este equipo es altamente eficiente y permite obtener un producto homogéneo a un bajo costo de energía.

Mezclador de tornillo	
Marca	Siehe Industry
Modelo	SHDH-20
Capacidad (L)	6000-12000
Velocidad (rpm)	26
Potencia (kW)	90
Longitud (m)	8
Altura (m)	3



Imagen 6 - Mezclador de tornillo

Mezclador de tornillo	
Marca	Siehe Industry
Modelo	SHDH-5
Capacidad (L)	1500-3000
Velocidad (rpm)	42
Potencia (kW)	30
Longitud (m)	4,2
Altura (m)	2

#### 4.3.1.3. Reactor

Para el diseño del reactor se partió de que la manera más fácil de determinar

la velocidad de formación de furfural es la desaparición de xilosa. Aunque no necesariamente toda la xilosa consumida se transforme en furfural, el proceso de desaparición de la misma es de vital importancia para el diseño de los reactores de furfural, ya que permite determinar el tiempo de residencia de la materia prima en el reactor.

La desaparición de xilosa como medida para la determinación del tiempo de residencia es un procedimiento válido, ya que se estableció que la tasa de desaparición de xilosa no se ve afectada por las reacciones de la pérdida de furfural. Por lo cual, independientemente de si se producen reacciones de pérdida o no (que depende del diseño del reactor), la tasa de desaparición de xilosa es la misma.

La velocidad de formación de las pentosas a partir de los pentosanos es proporcional a la concentración de éstos, pero se ve disminuida por la reacción consecutiva de las pentosas a furfural, de modo que:

$$\frac{d[\text{Pentosa}]}{dt} = k_0 \times [\text{Pentosanos}] - k_1 \times [\text{Pentosa}]$$

Resultados empíricos arrojaron que la constante de proporcionalidad de la reacción es:

$$k_0 = 7,382 \times 10^4 \frac{\text{litro}}{\text{mol} \times \text{min}} \times C_H \times e^{\frac{-5163 K}{T}}$$

Donde  $C_H$  es la concentración inicial de iones hidrógeno (mol/litro) a temperatura ambiente, y  $T$  es la temperatura absoluta (K) (Zeitsch, 2000).

Para una digestión en ácido fosfórico, la velocidad de reacción de la xilosa para la formación de furfural se describe como:

$$\frac{d[XY]}{dt} = 9,306 \times 10^{15} \frac{\text{litro}}{\text{mol} \times \text{min}} \times C_H \times [XY] \times e^{\frac{-16894 K}{T}}$$

Donde el factor de proporcionalidad resulta ser:

$$k_1 = 9,306 \times 10^{15} \frac{\text{litro}}{\text{mol} \times \text{min}} \times C_H \times e^{\frac{-16894 K}{T}}$$

Donde  $C_H$  es la concentración inicial de iones hidrógeno (mol/litro) a temperatura ambiente,  $T$  es la temperatura absoluta (K).

Para el diseño del reactor, se parte de la ecuación de funcionamiento para un reactor batch, la cual viene dada por:

$$t = C_{P0} \int_0^{X_P} \frac{dX_P}{-r_P}$$

Donde el subíndice P se refiere al material orgánico. Por balance de masa para reacción pueden expresarse las concentraciones como función de la fracción de conversión de P, de la siguiente forma:

$$C_P = C_{P0} (1 - X_P)$$

La hidrólisis de los pentosanos a pentosas es mucho más rápida que la deshidratación posterior de las pentosas a furfural. En consecuencia, en cualquier evaluación de los reactores de furfural el tiempo necesario para que la hidrólisis proceda no suele ser tomado en consideración, por lo que al reescribir la ecuación de funcionamiento se tiene:

$$t = C_{P0} \int_0^{X_P} \frac{dX_P}{-r_P} = C_{P0} \int_0^{X_P} \frac{dX_P}{k_1 C_P}$$

$$t = C_{P0} \int_0^{0.99} \frac{dX_P}{k_1 C_{P0} (1 - X_P)}$$

$$t = C_{P0} \times \frac{4,60517}{C_{P0} \times k_1}$$

$$t = \tau = \frac{4,60517}{k_1}$$

La concentración de ácido fosfórico al 10% corresponde a una concentración de iones hidrógeno de 0.417 mol / litro, después de calentar.

La constante de desaparición de las pentosas se encuentra con este dato y a las condiciones de operación de:

$$k_1 = 0,01527 \text{ min}^{-1}$$

Lo que conduce a un requerimiento mínimo en tiempo de residencia de:

$$\tau = \frac{4,60517}{k_1} = 301,56 = 5,02 \text{ horas}$$

La dilución del catalizador ácido por el condensado formado en el proceso de calentamiento y en el mantenimiento de la temperatura de reacción hace hincapié en la importancia de contar con el reactor térmicamente bien aislado, ya que así:

1. Reduce el consumo de ácido o el período de procesamiento, y
2. Conduce a un residuo seco, lo que aumenta su valor calórico.

El tiempo total de ciclo viene dado por la suma del tiempo de residencia, y el tiempo de calentamiento, se puede despreciar los tiempos de llenado y vaciado que son más rápidos que los demás tiempos considerados:

$$\text{Tiempo de ciclo} = 5,02 + 1 = 6,02 \text{ h}$$

El volumen será:

$$V_c = \frac{5280 \text{ kg}}{190 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 27,8 \text{ m}^3$$

El volumen total del reactor es 27,8 m<sup>3</sup> por lo que se trabaja con 5 reactores batch de 5,5 m<sup>3</sup> con el fin de alimentar de manera continua la columna de destilación y las operaciones subsiguientes, simulando una operación continua con el trabajo desfasado y en simultaneo de varios reactores batch.

Para un reactor que trabaja a presiones menores a los 250 psi la relación L/D =3. Para obtener las dimensiones del reactor procedemos de la siguiente forma:

$$L/D = 3 \Rightarrow L = 3D$$

$$V_c = 5,5 \text{ m}^3$$

$$V = V_{carga} + V_{vapor}$$

El volumen tendrá que incluir una fracción adicional de manera que el vapor producido por la reacción heterogénea tenga espacio por el cual circular en dirección a la torre de destilación sin arrastrar líquido de la reacción con él. Fijamos como una fracción del 20% de espacio adicional y calculamos el diámetro del reactor.

$$V_r = \frac{\pi}{4} D^2 L = \frac{\pi}{4} D^2 (3D)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4(5,5 \text{ m}^3 * 1,2)}{3\pi}}$$

$$\Rightarrow D = 1,41 \text{ m} \wedge L = 4,23$$

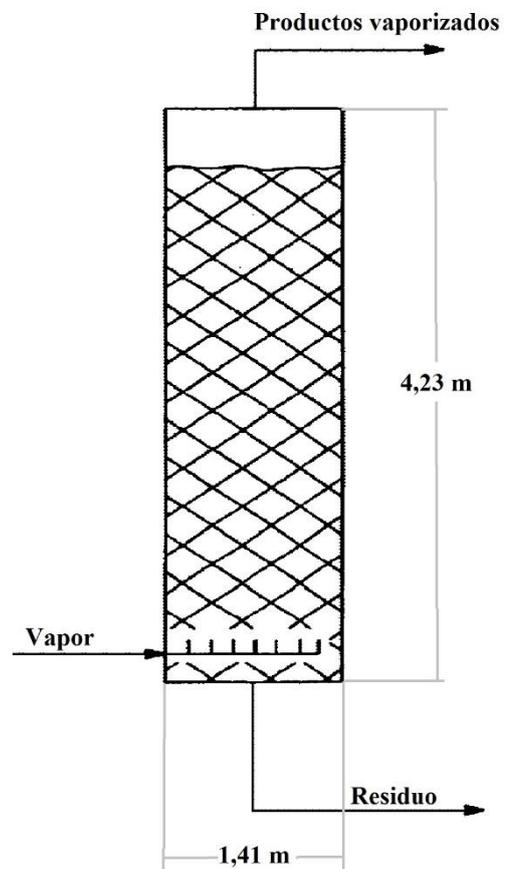


Imagen 7 - Esquema representativo del reactor

## Destilación

El proceso de purificación de furfural no puede darse por medio de una sola destilación debido a que el mismo forma un heteroazeotropo cuando se mezcla con agua. Es por esto que para su correcta separación se utilizan dos columnas de destilación y un decantador, donde en la primer torre se obtiene

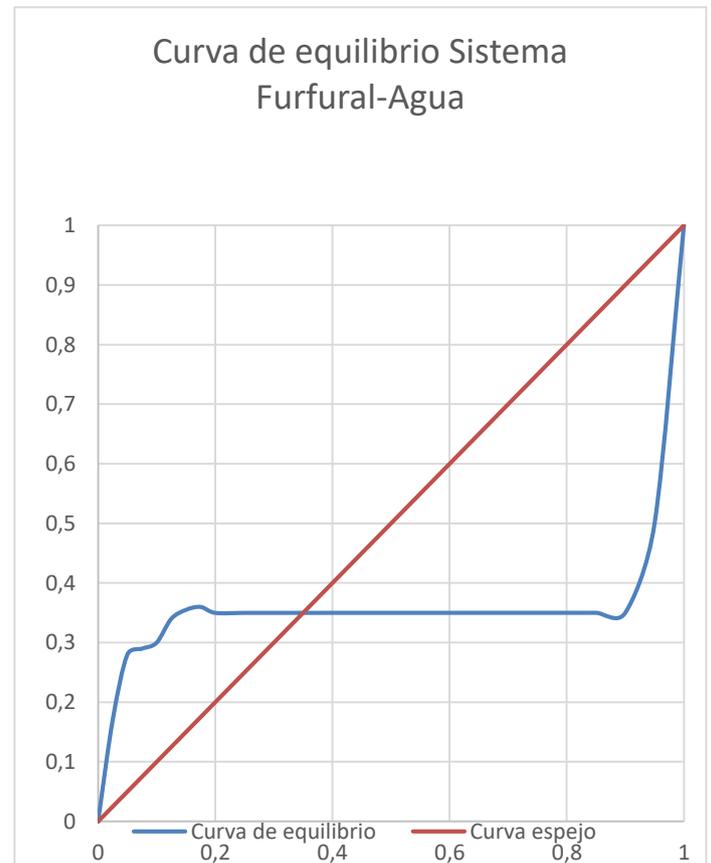
una corriente con furfural en una concentración cercana a la del azeótropo (35% peso de furfural), la cual luego se alimenta al decantador, el cual logra una separación de 2 fases (una rica en furfural y otra rica en agua). La corriente rica en furfural (92% en peso de furfural) alimenta a la segunda torre de destilación donde se lleva a cabo la purificación final, funcionando la misma como un deshidratador debido a que una vez que se sobrepasa la composición azeotrópica de la mezcla, el componente más volátil deja de ser el furfural y pasa a ser el agua.

#### 4.3.1.4. Columna de Destilación 1

Para el diseño de la columna de destilación es necesario determinar en primer lugar el número de etapas teóricas que permiten separar los componentes y luego, la altura y el diámetro de la columna. Para ello se utiliza el método de McCabe-Thiele, el cual se basa en los valores de la curva de equilibrio líquido-vapor de los componentes a separar, en este caso furfural y agua.

Los valores de equilibrio líquido-vapor para la mezcla furfural-agua se detallan en la tabla y se presentan en el grafico

Fracción en peso de furfural en la mezcla			
x	y	x	y
0	0	0,45	0,35006
0,025	0,17	0,5	0,35007
0,05	0,28	0,55	0,35008
0,075	0,29	0,6	0,35009
0,1	0,3	0,65	0,3501
0,125	0,34	0,7	0,35011
0,15	0,355	0,75	0,35012
0,175	0,36	0,8	0,35013
0,2	0,35001	0,85	0,35014
0,25	0,35002	0,9	0,35015



0,3	0,35003	0,95	0,5
0,35	0,35004	1	1
0,4	0,35005		

Para el cálculo de las etapas teóricas, se partió de las fracciones másicas que caracterizan el proceso de destilación para el cual se está diseñando la columna:

Corriente	Fracción Másica
Alimentación (Zf)	0,028
Destilado (Xd)	0,35
Fondo (Xb)	0,01

En primer lugar se establece el estado térmico de la alimentación por medio de  $q$ , así como la relación de reflujo adoptada y la eficiencia de cada etapa.

$q = 1,2$  Líquido subenfriado

Se considera que la alimentación ingresa a la columna a una temperatura menor a la del punto de burbuja

$R = L/D = 3$

Se adopta una relación de reflujo de 3 para trabajar con un valor intermedio entre coste de fabricación de la columna y el coste operativo de la misma

$E = 0,7$

Se estima una eficiencia del 70% de separación de cada plato basado en datos empíricos de los mismos

Por medio del software McCabe-Thiele Calculator de la empresa Vaxa Software, se procedió a calcular:

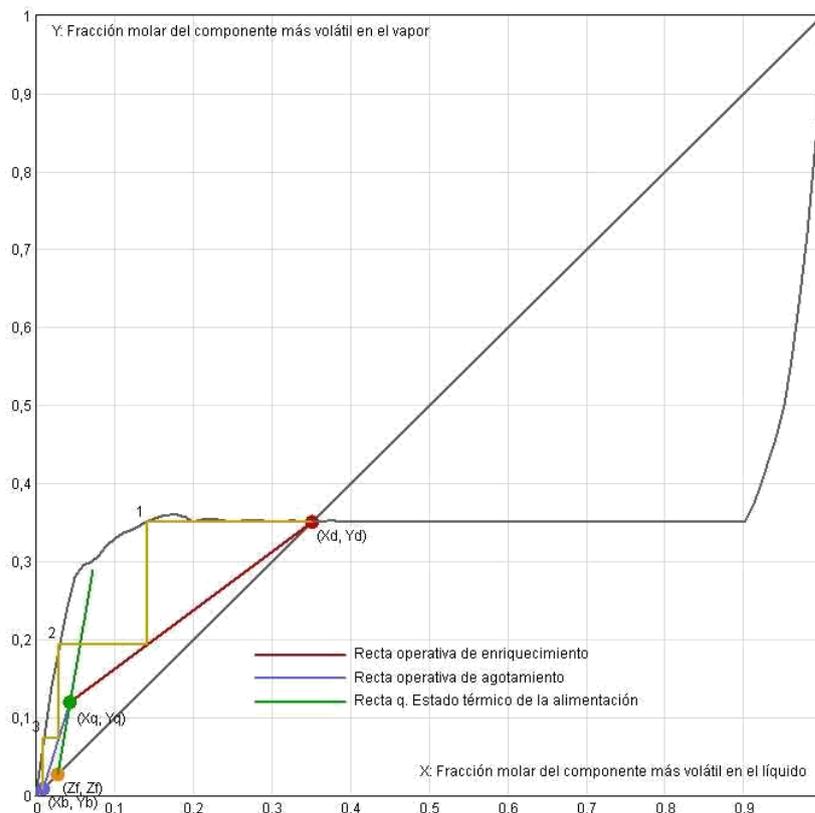
- a) Relación de reflujo mínima.
- b) Número del plato alimentación.
- c) Número de platos teóricos.

Los resultados obtenidos fueron:

a) Relación de reflujo mínima:  $R_{min} = 0,2782$

b) Número del plato de entrada de la alimentación (eficiencia de 0,7):  $NF = 2,68$  (contando desde arriba).

c) Número de platos teóricos (eficiencia de 0,7):  $NPT = 4,28$  (incluyendo el rehervidor).



Una vez obtenidos estos resultados se procedió al cálculo del diámetro y la altura de la columna, utilizando la ecuación (5.51) del libro "Problemas de Ing. Química – Ocon Tojo – Volumen I".

*Número de platos*

$$N_R = \frac{N_T - 1}{E} + 1 = \frac{5 - 1}{0,7} + 1 = 6,71 \cong 7 \text{ platos reales}$$

*Altura de la columna*

$$H = \text{Distancia entre platos} * \text{Número de platos}$$

$$H = 0,9 \text{ m} * 7 = 6,3 \text{ m}$$

*Diámetro de la columna*

$$D = 0,149 * \sqrt{\frac{V * (273 + T)}{u * P}}$$

Donde

V=caudal de vapor en kmol/h

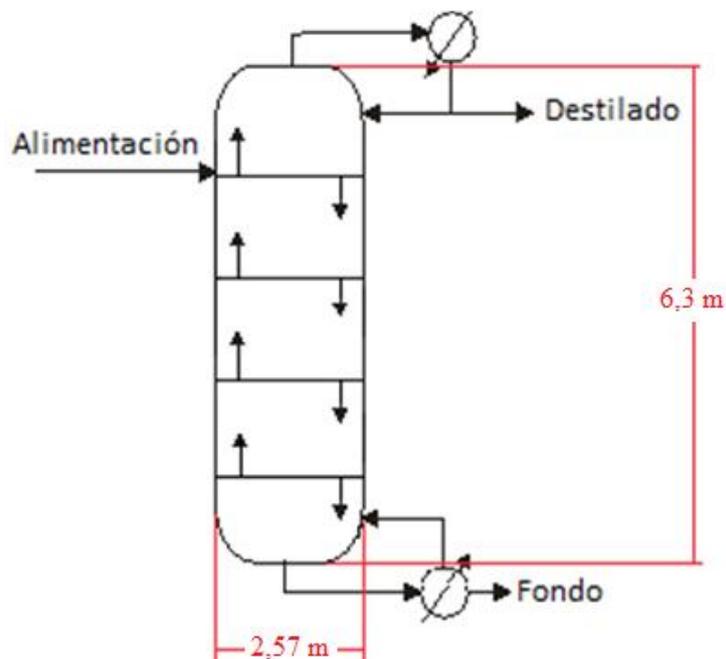
T= temperatura media de los vapores en °C

P=presión absoluta en mmHg

u= velocidad media de los vapores en m/s

$$D = 0,149 * \sqrt{\frac{34,96 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} * (273 + 101^\circ\text{C})}{5,8E^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}} * 760 \text{ mmHg}}} = 2,57 \text{ m}$$

*Esquema de la columna 1*



*Imagen 8 - Esquema representativo de la Columna de destilación 1*

#### **4.3.1.5. Columna de Destilación 2**

La columna 2 es la encargada de separar los productos volátiles de la corriente de cabeza de la primera destilación. Para el diseño de la misma se utilizó el software Unisim de la empresa Honeywell.

Partiendo de los datos de las composiciones y flujos másicos tanto de las corrientes de entrada y de destilado, como la de fondo, se simuló la columna de destilación 2.

Corriente	Composición		Flujo másico (tn/h)
Alimentación	Furfural	0,3800	0,014
	Agua	0,3730	
	Volátiles	0,2470	
Destilado	Agua	0,1400	0,004
	Volátiles	0,8600	
Fondo	Furfural	0,5049	0,01
	Agua	0,4950	

Para las corrientes dadas, el simulador arrojó los siguientes datos:

- a) Relación de reflujo mínima:  $R_{min} = 0,224$
- b) Número del plato de entrada de la alimentación (eficiencia de 0,7):  $NF = 9$  (contando desde arriba).
- c) Número de platos teóricos (eficiencia de 0,7):  $NPT = 9,7$  (incluyendo el rehervidor).

También partiendo de la base de datos del programa se calcularon las dimensiones de la torre a diseñar, las cuales fueron:

d) Altura de la columna:  $H = 1,8 \text{ m}$

e) Diámetro de la columna:  $D = 1,2 \text{ m}$

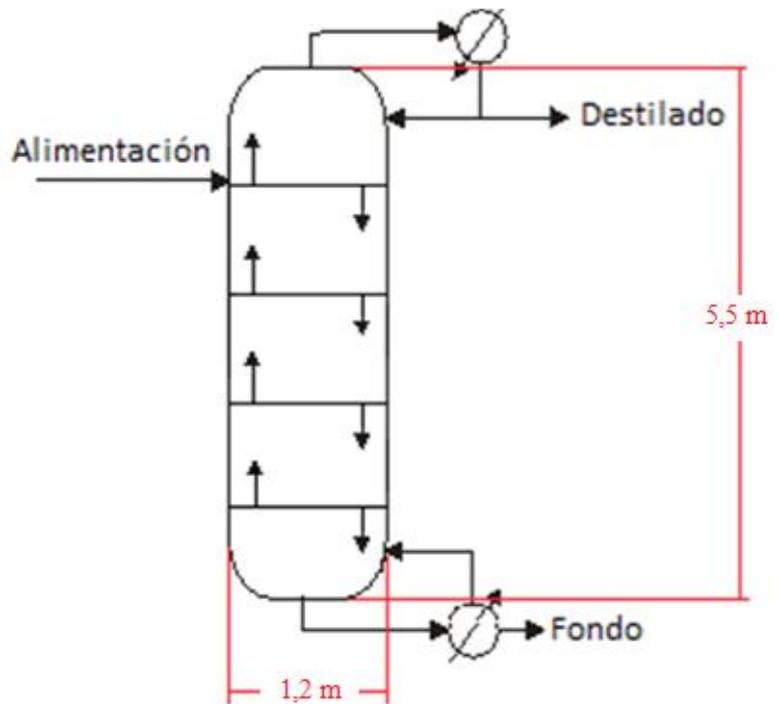


Imagen 9 - Esquema representativo de la columna de destilación 2

#### 4.3.1.6. -Neutralización

De acuerdo con la capacidad requerida y las condiciones de operación requeridas se eligió un tanque con agitación para realizar la neutralización. Es un equipo compacto, de fácil instalación y mantenimiento.

Tanque con agitación	
Marca	Hundom
Modelo	HD-200L
Capacidad (L)	200L
Velocidad (rpm)	35
Potencia (kW)	0,75
Altura (m)	0,65
Diámetro (m)	0,6



Imagen 10 - Tanque de Neutralización

#### 4.3.1.7. -Decantación 1

La empresa Ferji es conocida por fabricar depósitos personalizados en acero inoxidable para distintos sectores industriales. Para esta etapa se eligió un

decantador vertical con las características que se mencionan en el siguiente cuadro; de acuerdo con la capacidad requerida y teniendo en cuenta las características de los fluidos a separar.

Decantador vertical	
Marca	Ferji
Modelo	Florentino
Capacidad (L)	2000L
Altura (m)	1,6
Diámetro (m)	2,65
Inclinación del cono	60°
Material	Acero Inoxidable



Imagen 11 - Decantador cónico

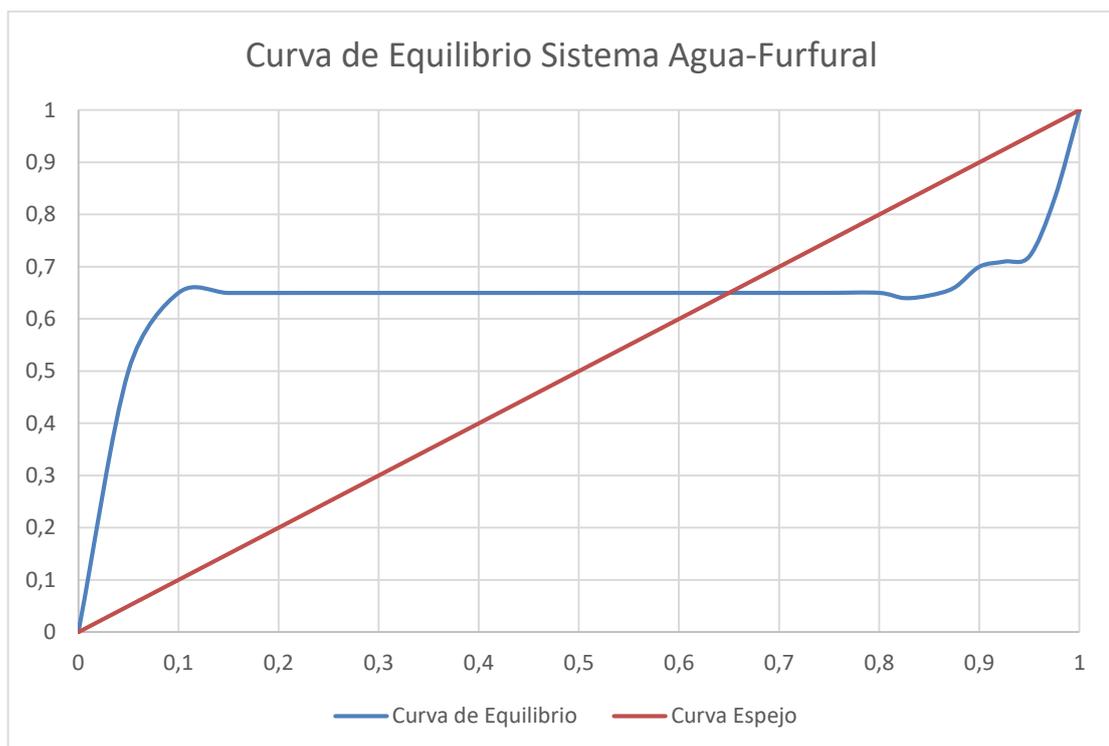
#### 4.3.1.8. Columna de Destilación 3

Para el diseño de la columna de destilación es necesario determinar en primer lugar el número de etapas teóricas que permiten separar los componentes y luego, la altura y el diámetro de la columna. Para ello se utiliza el método de McCabe-Thiele, el cual se basa en los valores de la curva de equilibrio líquido-vapor de los componentes a separar, en este caso furfural y agua. Como nos encontramos con una alimentación de composición por encima de la composición de la mezcla azeotrópica y se aprecia en la curva un cambio en la volatilidad relativa de las especies, se invirtieron los valores de la curva de equilibrio para poder calcular el número de etapas teóricas.

Los valores de equilibrio líquido-vapor para la mezcla furfural-agua se detallan en la tabla y se presentan en el gráfico.

Fracción en peso de agua en la mezcla			
x	y	x	y
0	0	0,65	0,64996
0,05	0,5	0,7	0,64997
0,1	0,64985	0,75	0,64998

0,15	0,64986	0,8	0,64999
0,2	0,64987	0,825	0,64
0,25	0,64988	0,85	0,645
0,3	0,64989	0,875	0,66
0,35	0,6499	0,9	0,7
0,4	0,64991	0,925	0,71
0,45	0,64992	0,95	0,72
0,5	0,64993	0,975	0,83
0,55	0,64994	1	1
0,6	0,64995		



Para el cálculo de las etapas teóricas, se partió de las fracciones másicas que caracterizan el proceso de destilación para el cual se está diseñando la columna:

Corriente	Fracción Másica Furfural	Fracción Másica Agua
Alimentación (Zf)	0,92	0,08
Destilado (Xd)	0,361	0,639
Fondo (Xb)	0,99	0,001

Para poder ingresar con los datos al programa se trabaja con las fracciones de agua en lugar de las de furfural, obteniéndose la corriente rica en furfural en la corriente de fondos, en lugar de la corriente de destilado como en la primera columna.

En primer lugar se establece el estado térmico de la alimentación por medio de  $q$ , así como la relación de reflujo adoptada y la eficiencia de cada etapa.

$$q = 1 \text{ Líquido saturado en su punto de burbuja}$$

Se considera que la alimentación ingresa a la columna a una temperatura igual a la del punto de burbuja

$$R = L/D = 0,408$$

Se adopta una relación de reflujo de 0.408

$$E = 0,7$$

Se estima una eficiencia del 70% de separación de cada plato basado en datos empíricos de los mismos

Por medio del software McCabe-Thiele Calculator de la empresa Vaxa Software, se procedió a calcular:

- a) Relación de reflujo mínima.
- b) Número del plato alimentación.
- c) Número de platos teóricos.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

$$a) \text{ Relación de reflujo mínima: } R_{min} = 0,064541$$

b) Número del plato de entrada de la alimentación (eficiencia de 0,7):  $NF = 1,87$  (contando desde arriba).

c) Número de platos teóricos (eficiencia de 0,7):  $NPT = 7,98$  (incluyendo el rehervidor).

Una vez obtenidos estos resultados se procedió al cálculo del diámetro y la altura de la columna, utilizando la ecuación (5.51) del libro "Problemas de Ing. Química – Ocon Tojo – Volumen I"

*Número de platos*

$$N_R = \frac{N_T - 1}{E} + 1 = \frac{8 - 1}{0,7} + 1 = 11 \text{ platos reales}$$

*Altura de la columna*

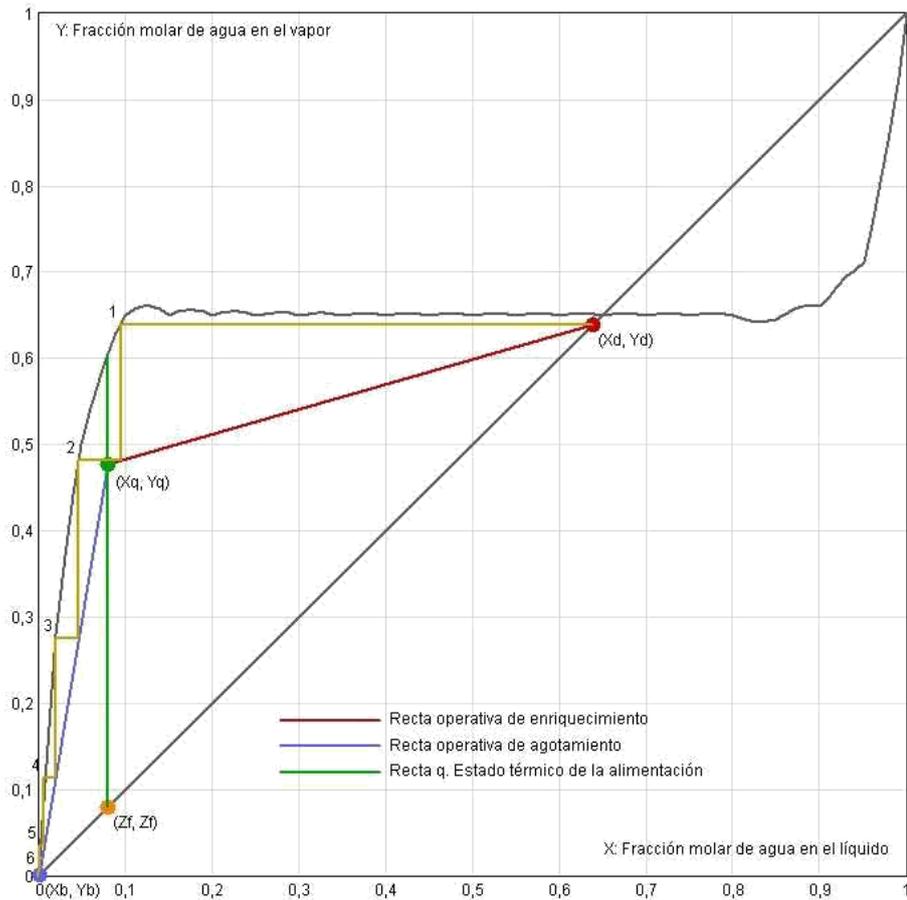
$H = \text{Distancia entre platos} * \text{Número de platos}$

$$H = 0,6 \text{ m} * 11 = 6,6 \text{ m}$$

*Diámetro de la columna*

$$D = 0,149 * \sqrt{\frac{V * (273 + T)}{u * P}}$$

$$D = 0,149 * \sqrt{\frac{1,148 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} * (273 + 161,7^\circ\text{C})}{4,79E^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}} * 760 \text{ mmHg}}} = 0,55 \text{ m}$$



Esquema de la Columna 3

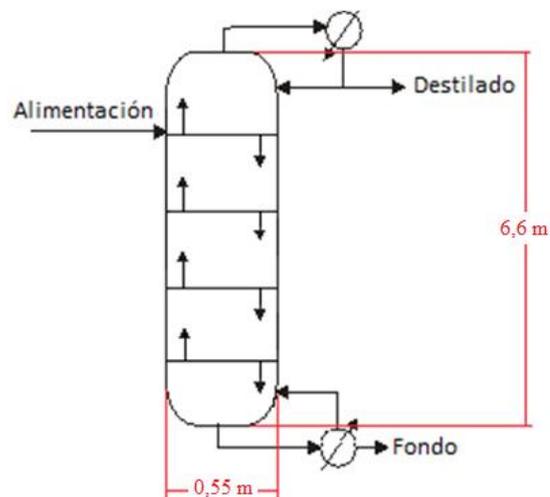


Imagen 12 - Esquema representativo de la columna de destilación 3

#### 4.3.1.9. Decantador 2

La empresa Ferji es conocida por fabricar depósitos personalizados en acero inoxidable para distintos sectores industriales. Para esta etapa se eligió un decantador vertical con las características que se mencionan en el siguiente cuadro; de acuerdo con la capacidad requerida y teniendo en cuenta las características de los fluidos a separar.

Decantador vertical	
Marca	Ferji
Modelo	Florentino
Capacidad (L)	100L
Altura (m)	0,8
Diámetro (m)	0,14
Inclinación del cono	60°
Material	Acero Inoxidable



*Imagen 13 - Decantador cónico 2*

#### **4.3.2. - Servicios auxiliares**

Los servicios auxiliares (SAx) que se utilizan en el proceso de producción de furfural son:

1. Agua: requerida para la producción de vapor, enfriamiento y calentamiento, red contra incendios y para agua de uso sanitario.
2. Vapor: Se utiliza para la reacción de producción de furfural, generación de energía y para los reboilers de las torres de destilación.
3. Combustibles: Utilizados en la producción de vapor de agua y para el funcionamiento del secador de bagazo.
4. Energía eléctrica: indispensable para el funcionamiento de todos los equipos eléctricos, electrónicos y de la iluminación en general.
5. Tratamiento de efluentes: consiste en la adecuación de los efluentes generados durante el proceso productivo para que sean aptos para su vertido según las normativas vigentes.

##### **4.3.2.1. - Provisión de agua**

El abastecimiento de agua es necesario para la producción de vapor, los procesos de enfriamiento, consumo del personal de la planta, limpieza general y en caso de que se produzcan incendios.

#### 4.3.2.1.1. - Agua de caldera

Antes de ingresar a la caldera se la debe someter a un acondicionamiento riguroso debido al tipo de vapor que se necesita en el proceso. El mismo consiste en:

-Tratamiento de intercambio con resinas iónicas para eliminar la dureza y sílice.

-Agregado de agentes químicos para inactivar el efecto corrosivo del oxígeno.

En base a la masa de vapor requerida por el proceso, se estima la cantidad de agua necesaria más la que se debe reponer.

$$\text{Agua para reponer} = 0,15 \cdot m_v$$

$$\text{Agua para reponer} = 0,15 \cdot 7,21 \frac{tn}{h} = 1,1 \frac{tn}{h}$$

$$\text{Agua de alimentación para caldera} = 7,21 \frac{tn}{h} + 1,1 \frac{tn}{h} = 8,31 \frac{tn}{h}$$

#### 4.3.2.1.2. - Agua para enfriamiento

Se utiliza en los condensadores para condensar vapor saturado. El sistema será cerrado para reducir el consumo de esta. El agua debe cumplir con la característica de ser blanda para evitar incrustaciones en las cañerías y tener un pH levemente alcalino a fin de no generar corrosión.

Equipo	Caudal (tn/h)	Te(°C)	Ts(°C)
Condensador Reactor	98	40	95
Condensador 1	19	40	95
Condensador 3	2,5	40	95
Destilación 1	18,6	40	95

Destilación 2	1,96	40	95
Destilación 3	1,2	40	95

La masa de agua requerida será:

$$m_w = 98 + 19 + 2,5 + 18,6 + 1,96 + 1,2 = 141,26 \frac{tn}{h}$$

Al ser un sistema cerrado se debe tener en cuenta agua de reposición para realizar las purgas o en caso de que haya pérdidas. Debe ser un 15% de la masa total:

$$\text{Agua para reponer} = 0,15 \cdot 141,26 \frac{tn}{h} = 22 \frac{tn}{h}$$

$$\text{Agua total} = 141,26 \frac{tn}{h} + 22 \frac{tn}{h} = 163,26 \frac{tn}{h}$$

#### 4.3.2.1.3. - Agua para consumo humano

Este es el agua destinada al consumo del personal y la que se usa en los servicios sanitarios. Según la OMS una persona deber disponer de 50 L/día. La planta va a funcionar las 24 horas del día, de modo que contará con esa cantidad por día por persona. Por razones de seguridad, para este uso se utilizará el agua provista por la red de agua potable.

#### 4.3.2.1.4. - Agua de limpieza

Se usará para la limpieza general de la planta. No se necesita una calidad específica pero como no serán grandes cantidades se utilizará agua de red.

#### 4.3.2.1.5. - Agua en caso de incendios

El agua para incendio es una reserva para casos de siniestro. Esta agua no tiene requisitos particulares, pudiéndose usar cualquier agua que no sea corrosiva.

El sistema cuenta con:

- depósito de agua
- equipo de bombeo autónomo
- red de distribución

- instalaciones para la extinción

La red de distribución no tiene retorno y abastece a los equipos para extinción.

#### **4.3.2.1.6.** - Fuente de aprovisionamiento

La empresa contará con dos tipos de aprovisionamiento:

-Fuente externa por medio de la empresa encargada de la red de agua potable de la provincia. Su principal uso será abastecer el consumo humano y los de limpieza.

-Subterránea a partir de perforación. Se extraerá de los pozos con bombas centrífugas. Su destino será aprovisionar el sistema contra incendios, los sistemas de enfriamiento y la alimentación de la caldera.

Según un estudio realizado por el Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales y el Instituto de Hidrología de Llanuras, las características del agua subterránea en la zona donde se instalará la fábrica son las siguientes:

Parámetro	Media
Dureza (mg/L)	282
Conductividad (uS/cm)	792
pH	7,6
Cloruros (mg/L)	33,2
Sulfatos (mg/L)	12,2
Nitratos (mg/L)	23,1
Sodio (mg/L)	106,6
Potasio (mg/L)	11,3
Magnesio (mg/L)	19,2

#### **4.3.2.2.** Provisión de vapor

La cantidad de vapor necesario para abastecer a todo el proceso viene determinada por la alimentación al reactor y las columnas de destilación:

Equipo	Caudal de vapor (tn/h)
Reactor	12
Columna de destilación 1	4
Columna de destilación 2	1,5
Columna de destilación 3	2,5

Para producir esta cantidad de vapor se utilizará una caldera humotubular de dos pasos.

#### 4.3.2.3. - Provisión de combustibles

El combustible utilizado para el funcionamiento del secador rotatorio es el gas natural, así como también el bagazo agotado.

El gas natural será provisto por la empresa AMG Energía. Para transportar el combustible hasta el secador se utilizan 20 m de cañería de acero cincado 2 pulgadas de diámetro nominal y espesor: 3,91 mm.

Se intercalará el gas natural con el bagazo agotado para el funcionamiento del secador dependiendo de la disponibilidad de bagazo generado, siendo éste utilizado en principio para la generación de vapor en la caldera y destinando el remanente al secador

El combustible utilizado para el funcionamiento de caldera es el bagazo agotado luego de la reacción. A partir del calor que se requiere para evaporar la cantidad de agua de caldera calculada en el 20 Tn/h se puede conocer el caudal másico del combustible.

El poder calorífico del bagazo agotado de malta es:  $P_c = 17,2 \text{ MJ/Kg}$

$$Q_T = m_{vapor} * \lambda = 20000 \frac{kg}{h} * 2257 \frac{kJ}{kg} = 45140000 \frac{kJ}{h} = 45140 \frac{MJ}{h}$$

$$Q_{combustible} = \eta * Q_T$$

$$Q_{combustible} = 0,89 * Q_T = 0,89 * 45140 \frac{MJ}{h} = 40174,6 \frac{MJ}{h}$$

$$m_{combustible} = \frac{Q_c}{P_c} = \frac{40174,6 \text{ MJ/h}}{17,2 \text{ MJ/Kg}} = 2335,73 \frac{Kg}{h}$$

La cantidad de bagazo retirado luego de la reacción supera en gran medida a la necesaria en la caldera, por lo tanto, se decide utilizarlo como combustible en ella.

#### 4.3.2.4. - Instalaciones de frío

Para condensar el vapor proveniente de la Columna de Destilación 1 se utiliza un intercambiador de calor de placas. También se requieren 10 equipos de estos para condensar el vapor a la salida del reactor, adoptándose un condensador por cada reactor. A continuación se detallan las características del mismo:

INTERCAMBIADOR DE PLACAS DANFOSS XB66H-SB-1-160 DN65	
Material	Acero inoxidable
Tipo de flujo	Contracorriente
Tipo de placa	Corrugada
Nro. de pasos	1
Nro. de placas máximo	20
Superficie de calor total	28,914 m <sup>2</sup>



Imagen 14 - Intercambiador de calor de placas

Además, a la salida de la Columna de Destilación 1 se coloca otro intercambiador de calor de placas para una vez condensado el valor, disminuir la temperatura del agua a la requerida por el proceso. Las características del mismo son:

INTERCAMBIADOR DE PLACAS DANFOSS XB25H-1-40	
Material	Acero inoxidable
Tipo de flujo	Contracorriente
Tipo de placa	Corrugada



Nro. de pasos	1
Nro. de placas máximo	40
Superficie de calor total	1,63 m <sup>2</sup>

Imagen 15 - - Intercambiador de calor de placas

Para condensar el vapor proveniente de la Columna de Destilación 3 se requiere de un intercambiador de calor de placas de las siguientes características:

INTERCAMBIADOR DE PLACAS DANFOSS XB61M-SB-1-30	
Material	Acero inoxidable
Tipo de flujo	Contracorriente
Tipo de placa	Corrugada
Nro. de pasos	1
Nro. de placas máximo	50
Superficie de calor total	5,616 m <sup>2</sup>



Imagen 16 - - Intercambiador de calor de placas

Además, a la salida de la misma Columna se coloca otro intercambiador de calor de placas para una vez condensado el valor, disminuir la temperatura del agua a la requerida por el proceso. Las características del mismo son:

INTERCAMBIADOR DE PLACAS DANFOSS XB25H-1-10	
Material	Acero inoxidable
Tipo de flujo	Contracorriente
Tipo de placa	Corrugada
Nro. de pasos	1



Nro. de placas máximo	10
Superficie de calor total	0,34 m <sup>2</sup>

Imagen 17 - -  
Intercambiador  
de calor de  
placas

#### 4.3.2.5. - Provisión de energía eléctrica

La energía eléctrica será suministrada por el proveedor de energía de la provincia. Como la energía que necesita la planta es de media tensión, el sistema contará con:

##### 1. Sub-Estación transformadora (S.E.T.) que consta de:

- Celdas de maniobra en media tensión.
- Transformador.
- Conductores y demás accesorios.

##### 2. Tablero general de baja tensión con:

- Interruptores generales conectados al transformador.
- Interruptores de distribución.
- Medición técnica.
- Equipo de transferencia para conectar el grupo electrógeno en caso de cortes.

##### 3. Tableros Seccionales

##### 4. Centro de control de motores.

#### 4.3.2.5.1. - Determinación de la fuerza motriz necesaria

A continuación, se detalla el consumo de energía eléctrica diaria de los equipos que se encargan del movimiento y transporte de materiales.

Consumo diario de energía eléctrica - Equipos					
Equipo	Cantidad	Potencia KW	Potencia total KW	Horas de trabajo	Energía diaria KW
Secador rotativo	1	155	155	24	3720
Mezclador	2	90	120	24	2880
		30			

Neutralizador		1	0,75	0,75	24	18
Transporte	Redler	3	0,19	1,75	24	42
			0,37			
			1,19			
Bombas	B01-1	30	1,3	1,30	14	18,20
	B01-2		1,3	1,30	14	18,20
	B02		0,086	0,09	14	1,20
	B03		0,25	0,25	14	3,50
	B04-1		1,3	1,30	14	18,20
	B04-2		1,3	1,30	14	18,20
	B05		0,45	0,45	14	6,30
	B06		0,25	0,25	14	3,50
	B07		0,086	0,09	14	1,20
	B08		0,032	0,03	14	0,45
	B09		0,25	0,25	14	3,50
	B10		0,25	0,25	14	3,50
	B11		0,086	0,09	14	1,20
	B12		0,086	0,09	14	1,20
	B13		0,086	0,09	14	1,20
	B14		0,086	0,09	14	1,20
	BCR-1		2,24	2,24	20	44,80
	BCR-2		2,24	2,24	20	44,80
	BCR-3		2,24	2,24	20	44,80
	BCC1-1		1,12	1,12	20	22,40
BCC1-2	1,12	1,12	20	22,40		
BCC1-3	1,12	1,12	20	22,40		
BCC1-4	1,12	1,12	20	22,40		

BCC1-5	1,12	1,12	20	22,40
BCC2	0,37	0,37	20	7,40
BCC3-1	0,37	0,37	20	7,40
BCC3-2	0,37	0,37	20	7,40
BCC3-3	0,37	0,37	20	7,40
BRA-1	2,25	2,25	20	45,00
BRA-2	2,25	2,25	20	45,00
BRA-3	2,25	2,25	20	45,00
TOTAL				3842

#### 4.3.2.5.2. - Iluminación

Determinar los niveles de iluminación adecuados para una instalación no es un trabajo sencillo. Se debe tener en cuenta que los valores recomendados para cada tarea y entorno son fruto de estudios acerca de valoraciones subjetivas de los usuarios. Para este proyecto se selecciona el método de iluminación directa, el cual resulta más económico y nos proporcionará un mayor rendimiento luminoso.

##### 4.3.2.5.2.1. -Iluminación interior

El flujo luminoso necesario para la superficie interna del establecimiento se calcula mediante el método de los lúmenes. La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Para ello debemos conocer las dimensiones de cada sector. Luego se aplican las siguientes ecuaciones:

$$\Phi = E \times S / \eta \times Fm$$

Donde:

$\Phi$  = flujo luminoso total

E = iluminancia media deseada (Se determina en función a la actividad y requerimientos de esta)

S = superficie del plano de trabajo

Fm = factor de mantenimiento (Depende de la frecuencia de limpieza del establecimiento)

$\eta$  = factor de utilización (Incluye diferentes variables como el índice del local y el factor de reflexión)

La cantidad mínima de luminaria que se necesita estará dada por la siguiente ecuación:

$$N = \Phi_t / n \times \Phi_1$$

Donde:

N = Luminaria

$\Phi_t$  = flujo luminoso total

$\Phi_1$  = flujo luminoso por lámpara

n = número de luminaria por luminaria

### ***Luminaria elegida***

-Philips RC400B LED36S

Flujo lumínico: 3600 lm

Cantidad: 26



*Imagen 18 - Luminaria Philips RC400B*

-Philips LL612X LED61S

Flujo lumínico: 6100 lm

Cantidad: 8



*Imagen 19 - Luminaria Philips LL612X*

-Philips LL623X LED123S

Flujo lumínico: 12300 lm

Cantidad: 15



Imagen 20 – Luminaria Philips LL623X

- Philips SON 400W E E40

Flujo lumínico: 48000 lm

Cantidad: 28



Imagen 21 -  
Luminaria Philips  
SON

- Philips SON 250W E E40

Flujo lumínico: 27000 lm

Cantidad: 4

Interior									
Zona	Sector	E (lux)	S (m2)	$\eta$	Fm	Luminaria	FA (lm)	FL (lm)	NL
Administ rativa	Recepción	300	31,7	0,38	0,8	Philips RC400B LED36S	31283	3600	9
	Baños	100	36,7	0,39	0,8	Philips LL612X LED61S	11763	6100	2
	Oficina 1	200	18,5	0,38	0,8	Philips RC400B LED36S	12171	3600	3
	Oficina 2	200	18,4	0,33	0,8	Philips RC400B LED36S	13939	3600	4
	SUM	300	87,4	0,54	0,8	Philips LL623X LED123S	60694	12300	5
	Cocina	200	40	0,41	0,8	Philips LL612X LED61S	24390	6100	4

	Pasillo	100	54	0,37	0,8	Philips RC400B LED36S	18243	3600	5
	Comedor	100	68,6	0,52	0,8	Philips RC400B LED36S	16490	3600	5
Producción	Sala de control	300	46	0,4	0,8	Philips LL623X LED123S	43125	12300	4
	Baños	100	37	0,4	0,8	Philips LL612X LED61S	11563	6100	2
	Laboratorio	500	46	0,4	0,8	Philips LL623X LED123S	71875	12300	6
	Productivo	300	787,5	0,27	0,8	Philips SON 400W E E40	10937 50	48000	23
	Depósito de producto terminado	100	100	0,12	0,8	Philips SON 250W E E40	10416 7	27000	4
SAx	Equipos	200	176	0,18	0,8	Philips SON 400W E E40	24444 4	48000	5

#### 4.3.2.5.2.2. Iluminación exterior

Para la iluminación del área exterior se procede de manera similar, usando la ecuación:

$$NL = (Em * S * Cu * fc) / FL$$

Donde:

NL= cantidad de proyectores;

Em= iluminación media [lux] determinada por cada actividad;

S= superficie a iluminar [m2];

FL= flujo luminoso de una luminaria [lumen] que depende de la lámpara y el rendimiento de la misma;

Cu= coeficiente de utilización del haz (comprendido entre 0.6 y 0.9);

fc= factor de mantenimiento que puede variar entre 0,75 y 0,9, dependiendo de la calidad del mantenimiento que se realice en dicha instalación.

**Luminaria elegida**

- Philips alumbrado 100w

Flujo lumínico: 12000 lm

Cantidad: 16



Imagen 22 - Luminaria Philips Alumbrado

Exterior								
Zona	Sector	E (lux)	S (m2)	Cu	Fm	Luminaria	FL (lm)	NL
Externo	Estacionamiento	100	840	0,75	0,8	Philips alumbrado 100w	12000	4
	Camino externo	100	2316			Philips alumbrado 100w	12000	12

*Consumo de energía eléctrica diaria por iluminación*

Consumo diario de energía eléctrica - Iluminación					
Sector		Cantidad	Potencia W	Horas de trabajo	Energía diaria KW
Interno	Recepción	9	36	24	8
	Baños	2	45	24	2
	Oficina 1	3	36	24	3
	Oficina 2	4	36	24	3
	SUM	5	90	24	11
	Cocina	4	45	24	4
	Pasillo	5	36	24	4
	Comedor	5	36	24	4

	Sala de control	4	90	24	8
	Baños	2	45	24	2
	Laboratorio	6	90	24	13
	Productivo	23	400	24	219
	Depósito de producto terminado	4	250	24	23
	Equipos	5	400	24	49
TOTAL					352
Externo	Estacionamiento	4	100	12	5
	Camino externo	12	100	12	14
TOTAL					19

#### 4.3.2.6. Tratamiento de efluentes

La producción de furfural produce tanto desechos sólidos, como residuos líquidos. De esta división de productos no reutilizables del proceso, los desechos se destinan para ser usados como combustible de la caldera, especialmente diseñada para su utilización. Mientras que los efluentes líquidos son enviados a la planta de tratamiento antes de ser volcados al curso de agua lindero.

##### 4.3.2.6.1. Normativa vigente

El ente regulador de los vuelcos de efluentes industriales a los cuerpos de agua en la provincia de Buenos Aires es la ADA (Autoridad del Agua), la cual establece distintos parámetros máximos de concentración de contaminantes en la corriente que sale como efluente de una industria establecidos en la ley de aguas (Ley 12257), la Ley 5965y el Decreto Reglamentario 2009/60. Estos parámetros se detallan a continuación:

**ANEXO II**  
**PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS DESCARGAS LÍMITE ADMISIBLES**

GRUPO	PARAMETRO	UNIDA D	CODIGO TÉCNICA ANALITICA	LIMITES PARA DESCARGAR A:			
				Colectora Cloacal	Cond. Pluv. o cuerpo de agua superficial	Absorción por el suelo (h)	Mar Abierto
I	Temperatura	°C	2550 B	≤45	≤45	≤45	≤45
	pH	upH	4500 H+ B	7,0-10	6,5-10	6,5-10	6,5-10
	Sólidos Sedim 10 Min (2)	ml/l	Cono Imhoff	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	Sólidos Sedimen.2 Horas (2)	ml/l	Cono Imhoff	≤5,0	≤1,0	≤5,0	≤5,0
	Sulfuros	mg/l	4500 S=D	≤2,0	≤1,0	≤5,0	NE (c)
	S.S.E.E. (1)	mg/l	5520 B (1)	≤100	≤50	≤50	≤50
	Cianuros	mg/l	4500 CN C y E	≤0,1	≤0,1	Ausente	≤0,1
	Hidrocarburos Totales	mg/l	EPA 418.1 ó ASTM3921- 85	≤30	≤30	Ausente	≤30
	Cloro Libre	mg/l	4500 Cl G (DPD)	NE	≤0,5	Ausente	≤0,5
Coliformes Fecales (f)	NMP/10 0ml	9223 A	≤20000	≤2000	≤2000	≤20000	

II	D.B.O.	mg/l	5210 B	≤200	≤50	≤200	≤200
	D.Q.O.	mg/l	5220 D	≤700	≤250	≤500	≤500
	S.A.A.M.	mg/l	5540 C	≤10	≤2,0	≤2,0	≤5,0
	Sustancias fenólicas	mg/l	5530 C	≤2,0	≤0,5	≤0,1	≤2,0
	Sulfatos	mg/l	4500 SO4 E	≤1000	NE	≤1000	NE
	Carbono orgánico total	mg/l	5310 B	NE	NE	NE	NE
	Hierro (soluble)	mg/l	3500 Fe D	≤10	≤2,0	≤0,1	≤10
	Manganeso (soluble)	mg/l	3500 Mn D	≤1,0	≤0,5	≤0,1	≤10

#### 4.3.2.6.2. Caracterización del efluente

En los efluentes líquidos de las plantas productoras de furfural se distinguen comúnmente algunos ácidos carboxílicos, con ácido acético como el principal, así como también una concentración de furfural que llega hasta los 600 ppm dependiendo la eficiencia de la primera columna de destilación. Esto resulta en un pH considerablemente bajo y una carga orgánica – representados por cerca 14.000 mg/L de DBO5 (Demanda Biológica de Oxígeno) y 27.000 mg/L de DQO (Demanda Química de Oxígeno).

Antiguamente, si la concentración de ácido acético en las aguas no justificaba la incorporación de una planta de recuperación del mismo, se limitaba a arrojar el efluente en algún curso de agua para su disposición final. Hoy en día con las reglamentaciones medioambientales es impensable que estos desechos no sean tratados. El proceso de remoción de contaminantes de dicho efluente es complejo debido a la característica recalcitrante de algunos de ellos y no está estandarizado.

#### 4.3.2.6.3. Tratamiento propuesto

Si bien el furfural puede representar una amenaza para un amplio rango de microorganismos utilizados en tratamientos biológicos de efluentes, varios estudios encontraron que dicho compuesto no afecta a las bacterias metanógenas, por lo cual representan una buena solución para el tratamiento de efluentes que contengan dicho compuesto.

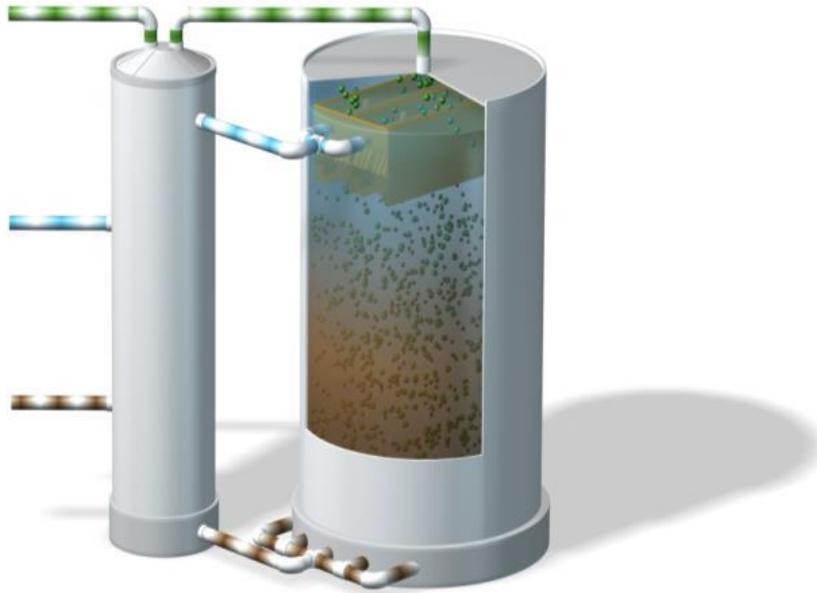
Es por esto que se decide adoptar un sistema de tratamiento de efluentes que combina en un mismo reactor, las características de los digestores anaeróbicos UASB y EGSB. El equipamiento se selecciona de la empresa Veolia Water, y se adopta el modelo Biobed Biothane, el cual reduce la DQO en un 98%.

Dichos reactores se fabrican con una relación de dimensiones igual a  $D = 0,8 H$ , por lo que debido a que se producen  $10 \text{ m}^3$  de efluentes líquidos por hora, por lo cual debido a que el tiempo de residencia del mismo en el reactor es de 12 horas (tiempo de retención hidráulico), el volumen de dicho equipo debe albergar una cantidad igual a  $120 \text{ m}^3$  de efluente. Por lo tanto las dimensiones para  $120 \text{ m}^3$  se traducen a:

$$V = \frac{\pi \times D^2 \times H}{4} = \frac{\pi \times (0,8 H)^2 \times H}{4} = 0,16 \pi \times H^3 = 120 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow H = \sqrt[3]{\frac{120 \text{ m}^3}{0,16 \pi}} = 15,45 \text{ m}$$

$$\Rightarrow D = 0,8 \times H = 12,5 \text{ m}$$



*Imagen 23 - Reactor de tratamiento de efluentes BIOBED BIOTHANE*

#### **4.3.2.6.4. Criterio de selección del método**

Se optó por este tratamiento para los efluentes líquidos ya que por medio de este reactor se logra una gran reducción de la carga orgánica de la corriente en dimensiones no tan extensas como se necesitarían en lagunas de tratamiento, denotando una reducción del terreno destinado a la remediación de las aguas residuales. Además, este reactor debido a la acción de bacterias metanogénicas produce biogas, el cual puede ser utilizado como combustible.

#### **4.3.2.7. - Equipos auxiliares**

##### **4.3.2.7.1. -Caldera**

Los requerimientos de vapor son:

Masa de vapor en el reactor: 12000 kg/h

Masa de vapor en las torres de destilación: 8000 kg/h

Teniendo en cuenta estos datos, se necesitan 200000 kg/h en total. Se elige una caldera humotubular que produce hasta 22000 kg/h del catálogo de la empresa Fontanet.

Modelo HC - HM	Producción vapor (Tn/h)		Capacidad térmica (BHP)		A	B	C	D
	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Largo total (mm)	Ancho total (mm)	Alto total (mm)	Diámetro chimenea (mm)
8	0.65	1	42	64	3750	2000	2000	400
12	1.1	1.4	71	90	4100	2150	2150	400
16	1.5	1.8	96	115	4800	2350	2300	400
20	1.9	2.2	121	141	5400	2400	2400	450
24	2.3	2.7	147	173	5500	2450	2450	500
32	2.8	3.6	179	230	5750	2650	2650	550
40	3.7	4.4	237	281	6100	2850	2850	600
50	4.5	5.6	288	358	6350	2950	2950	650
62	5.7	6.8	365	435	6750	3050	3100	650
74	6.9	8.0	441	512	6900	3200	3300	700
86	8.1	9.1	518	582	7100	3300	3400	750
98	9.2	10.4	588	665	7350	3450	3550	800
110	10.5	11.7	672	748	7500	3550	3650	800
124	11.8	13.6	755	870	8200	4500	3950	900
150	13.7	16.5	876	1056	8700	4700	4050	900
200*	16.6	22	1062	1410	9100	5000	4150	1000

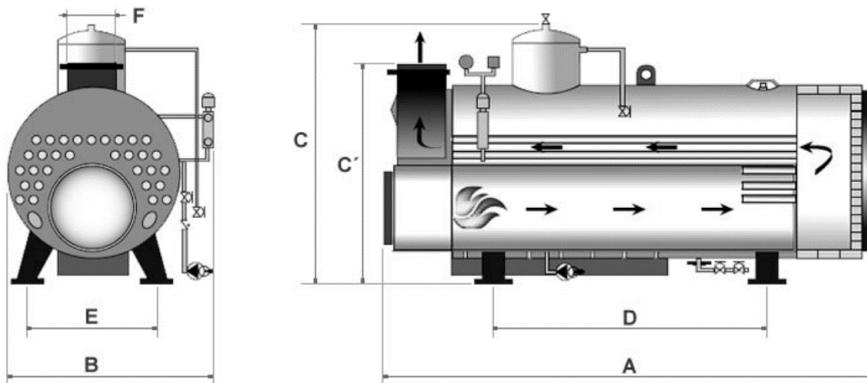


Imagen 24 - Esquema de la caldera



Imagen 25 - Caldera humotubular Fontanet

#### 4.3.2.7.2. -Torre de enfriamiento

Para descender la temperatura del agua proveniente del proceso, se utiliza una torre de enfriamiento ya que es la forma más económica para enfriar grandes volúmenes de agua.

Se selecciona una torre de enfriamiento marca SINAX, modelo EWK 900 que puede procesar hasta 250 m<sup>3</sup>/h, la misma está fabricada de PRFV el cual es un material muy ligero y resistente. Además, cuenta con una gran resistencia frente a la corrosión y el desgaste.

La torre cuenta con ventiladores axiales que poseen palas de material plástico o aluminio que permiten ajustar el ángulo de ataque a fin de lograr el punto de operación más eficiente con el consecuente ahorro de energía. El relleno y separador de gotas son construidos en PP o PVC con características que los destacan por su eficiencia y resistencia mecánica. La distribución de agua se efectúa por cañerías de acero galvanizadas por inmersión en caliente y toberas plásticas inobturables de alta eficiencia que garantizan una distribución óptima sobre la superficie del relleno, sin zonas no irrigadas. El suministro Standard incluye accesorios tales como válvula o flotante, filtro tipo canasto, deflector de vórtice y conexión de pileta.

En la siguiente tabla se resumen las especificaciones del equipo seleccionado:

TORRE DE ENFRIAMIENTO SINAX EWK 900		
Dimensiones	Alto	4,7 m
	Base	7,66 m <sup>2</sup>
Capacidad	250 m <sup>3</sup> /h	



Imagen 26 – Torre de enfriamiento SINAX

#### 4.3.2.7.3. -Almacenamiento del bagazo agotado seco

Para un día de producción se requieren 265 toneladas de bagazo por lo que para tener un stock de materia prima para un equivalente de 10 días de producción se requieren 6 silos de capacidad de 450 toneladas cada uno, con el fin de hacer frente a temporadas bajas de suministro de materia

prima. Se seleccionan los silos de la empresa ISILIAR. A continuación se detallan las características de los mismos:

SILOS ISILIAR		
Capacidad	450 tn	
Dimensiones	Alto	30 m
	Diámetro	9 m



Imagen 27 - Silo ISILAR

Para cargar los silos se utilizan una noria elevadora a cangilones con distribuidor superior con 6 bocas de descarga.

#### 4.3.2.7.4. -Almacenamiento de reactivos

Los productos químicos que se utilizan en el proceso son hidróxido de sodio y ácido fosfórico. Para ambos casos se plantea disponer de tanques cisterna para poder almacenar dichos productos. La capacidad de los tanques será la necesaria para que la planta pueda operar durante un mes.

##### 4.3.2.7.4.1. - Depósito de NaOH

La planta dispondrá de un tanque de almacenamiento con capacidad de 700L. Se va a adquirir por medio de la empresa Duraplas. Sus características están en el cuadro que sigue:

Empresa	Duraplas
Tipo de fluido a almacenar	Hidróxido de Sodio
Volumen (L)	700
Altura (m)	0,7
Diámetro (m)	0,52
Material	Polietileno de densidad media



Imagen 28 - Tanque de Hidróxido de Sodio

*Cantidad mensual de NaOH*

$$= 0,002 \frac{tn}{h} \cdot 24 \frac{h}{día} \cdot 7 \frac{días}{semana} \cdot 4 \text{ semanas} = 1,344 \text{ tn}$$

$$\text{Volúmen mensual de NaOH} = 1344 \text{ kg} \cdot \frac{1 \text{ L}}{2,13 \text{ kg}} = 630 \text{ L}$$

#### 4.3.2.7.4.2. - Depósito de Ácido Fosfórico

Diariamente se necesitan 720 kg de ácido fosfórico que catalicen la reacción. Si tenemos en cuenta que la planta funciona todos los días, al mes se van a necesitar 20160 kg, que a su vez representan 10700 L. Por este motivo, se contará con una cisterna 11000L. Las características del tanque se citan a continuación.

Empresa	Aiqsa
Tipo de fluido a almacenar	Ácido Fosfórico
Volumen (L)	11000
Altura (m)	3,1
Diámetro (m)	2,2
Material	PRFV



*Imagen 29 - Tanque de Ácido Fosfórico*

#### 4.3.2.7.5. - Almacenamiento de producto terminado

Teniendo en cuenta las capacidades de los equipos, se espera producir 2480 litros de furfural por día. Se van a seleccionar 6 depósitos de 5000 L cada uno. De esta forma la planta podrá almacenar la producción de 12 días. Esto será de gran utilidad en caso es caso de que haya imprevistos en la producción. Las características de los tanques se mencionan en el cuadro siguiente.

Empresa	Ferji
Tipo de fluido a almacenar	Furfural
Volumen (L)	5000
Altura (m)	2,4
Diámetro (m)	1,7
Material	Acero Inoxidable



*Imagen 30 - Tanque de producto terminado*

#### **4.3.2.7.6.** - Tolva de recepción de Bagazo húmedo

A la planta deben ingresar 6 tn/h de materia prima, teniendo en cuenta que la densidad del bagazo es de 130 kg/m<sup>3</sup>, entran 46 m<sup>3</sup> por hora. Los camiones van a realizar la descarga directamente en la tolva; es por ello por lo que se van a hacer dos de 2 metros de profundidad, 8 metros de largo y 2 metros de ancho. De esta forma, se podrán descargar 4 camiones en simultáneo si fuera necesario. El material que se eligió para construir las mismas es el concreto y el volumen de cada una será de 32 m<sup>3</sup>.



*Imagen 31 - Tolva de recepción de materia prima*

#### **4.3.2.7.7.** - Almacenamiento de agua

Se va a contar con dos tanques para satisfacer el abastecimiento de agua. El primero a contener el agua extraída de la perforación, necesaria para afrontar la reposición de 1 día de producción más la necesaria en caso de que se produzcan incendios. El segundo será un tanque elevado, en donde

se almacenará el agua de consumo humano y se la podrá distribuir por gravedad.

**4.3.2.7.8.** - Tanque cisterna

$$\text{Agua de proceso} = 22 + 1,1 = 23,1 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua para incendios} = 100 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua total} = 23,1 \text{ m}^3 + 100 \text{ m}^3 = 123,1 \text{ m}^3$$

Por seguridad se va a considerar un volumen total de 150 m<sup>3</sup>.

Fijando un diámetro de 3 m, calculamos una altura de 5 m.

Tipo de fluido a almacenar	Agua de perforación
Volumen (L)	150000
Altura (m)	5
Diámetro (m)	3
Material	Concreto



Imagen 32 - Tanque cisterna de agua

**4.3.2.7.9.** - Tanque elevado

La capacidad del tanque es de 15 m<sup>3</sup>. Considerado que va a tener una altura de 1,6 m, se calcula un diámetro de 3 m.

Tipo de fluido a almacenar	Agua de consumo humano
Volumen (L)	15000
Altura (m)	3
Diámetro (m)	1,6
Material	Concreto



Imagen 33 - Tanque elevado de agua potable

**4.3.2.7.10.** - Tanque pulmón de retorno de agua de enfriamiento

Se concibe un tanque que actúe de receptor del agua de enfriamiento una vez que pasó por los condensadores para constituir un circuito cerrado de refrigeración. El flujo de agua de enfriamiento corresponde a unos 120 m<sup>3</sup>/h, por lo cual se selecciona un tanque con la capacidad para almacenar la mitad de ese flujo, el cual será continuamente alimentado y drenado por las etapas de condensación y de enfriamiento del fluido. Se adopta el tanque cisterna horizontal de PRFV de la empresa MAYPER. En base a la capacidad del tanque se seleccionan las medidas del catálogo provisto por la empresa, del cual la primera columna representa el diámetro, la segunda representa la capacidad y la tercera la altura.



Imagen 34 - Tanque pulmón de retorno de agua enfriamiento

4,00	50000	5,20
	80000	7,50
	100000	9,15
	125000	11,15
	150000	12,95
	165000	14,35
	175000	14,95

#### 4.3.2.8. Equipos para movimiento de fluidos y cañerías

##### 4.3.2.8.1. -Transporte de cadenas tipo redler

##### 4.3.2.8.1.1. - Alimentación al secador rotativo

En la zona de recepción se necesita transportar la materia prima hacia el secador rotativo. Para esto, se selecciona un transporte de cadenas del tipo redler. Este tipo de cintas transportadoras llevan un sistema de

funcionamiento que reduce drásticamente el ruido que generan otras cintas, además de contar con un mínimo mantenimiento. Presentará una inclinación de 45º y de 4 m de altura para ingresar al secador.

Para la selección del transportador se tuvieron en cuenta las siguientes características del material a transportar:

- Tamaño: granular
- Fluidez: Fluido lento
- Abrasividad: media
- Otras características: medianamente corrosivo

En la siguiente tabla se resumen las especificaciones del equipo seleccionado

TRANSPORTE REDLER METALMAX		
Dimensiones	Ancho	3 m
Potencia	0,26 CV	
Características del equipo	Material	Acero inoxidable



Imagen 35 - Transporte Redler

#### 4.3.2.8.1.2. Alimentación de silos y mezcladores

Luego una vez que el material está seco, es necesario transportar el mismo a los silos y a los mezcladores 1 y 2, siendo cada tramo a recorrer de 10 metros, para esto se utiliza el mismo transporte de cadenas tipo redler de disposición horizontal, las características del mismo las siguientes:

TRANSPORTE REDLER METALMAX		
Dimensiones	Ancho	3 m
	Largo	10 m
Potencia	0,5 CV	
Características del equipo	Material	Acero inoxidable

Luego de la finalización de la reacción el bagazo es transportado hacia la caldera para ser utilizado como combustible, para esto se utiliza el transporte redler y las características son las siguientes:

TRANSPORTE REDLER METALMAX		
Dimensiones	Ancho	3 m
	Largo	30 m
Potencia	1,6 CV	
Características del equipo	Material	Acero inoxidable

#### 4.3.2.8.2. Adopción de cañerías

Para la adopción de cañerías se calculó en primer lugar el diámetro en cada tramo utilizando la siguiente fórmula extraída de la bibliografía de Operaciones Unitarias en Ingeniería Química (McCabe) para fluidos de baja viscosidad:

$$D_i = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \times u}}$$

Donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

u: velocidad del fluido [m/s]

Di: diámetro interno de la cañería [m]

El diámetro dependerá entonces en cada tramo del caudal y de la velocidad del fluido, según la bibliografía la velocidad para fluidos incompresibles poco viscosos es de 2m/s, mientras que la velocidad típica de gases y vapores por tuberías es de 15-40 m/s. Se adopta una velocidad de 25m/s para el cálculo.

Una vez determinado el diámetro de cañería, se buscó en tablas de cañerías extraídas de la misma bibliografía el diámetro estandarizado que más próximo y se seleccionó el diámetro nominal.

Para la conducción se utilizan tuberías de acero al carbono fabricadas de acuerdo a normas internacionales, como API, ASTM, EN, DIN, GOST, GB, NACE, EFC, entre otras. Las mismas se adquirirán de Tenaris, una metalúrgica multinacional subsidiaria del Grupo Argentino Techint quien ofrece una amplia gama de tubos de acero sin costura para refinerías,

plantas petroquímicas y de procesamiento de gas. Para la conducción de agua se utilizan cañerías de Polipropileno

Cañerías						
Inicio	Fin	Corriente	Caudal Másico (Kg/h)	Diámetro (pulg)	DN (mm)	Longitud (m)
Reactor	Columna 1	Vapor Furfural	9700	1,5	37,5	16
Columna 1	Columna 2	Furfural con volátiles	50	0,5	12,5	13
Condensador 1	Decantador 1	Furfural 24%	1740	1,5	37,5	4
Columna 1	Tratamiento	Aguas residuales	10670	4	100	30
Decantador 1	Columna 1	Furfural 20%	1550	1	25	4
Decantador 1	Neutralizador	Furfural 92%	310	1	25	2,5
Columna 2	Decantador 1	Furfural 35%	35	0,5	12,5	7
Columna 2	Tratamiento	Volátiles	15	0,5	12,5	28
Neutralizador	Columna 3	Furfural Neutralizado	310	1	25	3
Condensador 3	Envasado	Furfural 98,5%	235	1	25	3,5
Columna 3	Decantador 2	Furfural 35%	100	0,5	12,5	6,5
Decantador 2	Decantador 1	Furfural 20%	80	0,5	12,5	7,5
Decantador 2	Columna 3	Furfural 92%	20	0,5	12,5	4,5
Columna 3	Tratamiento	Furfural y polímeros	50	0,5	12,5	48
Caldera	Distribuidor	Vapor	20000	3	75	15
Distribuidor Vapor	Reactor	Vapor	12000	2	50	2
Distribuidor Vapor	Columna 1	Vapor	4000	2	50	2
Distribuidor Vapor	Columna 2	Vapor	1500	2	50	9
Distribuidor Vapor	Columna 3	Vapor	2500	2	50	17
Reboiler C1	Tanque Condensado	Vapor condensado	2500	1	25	2
Reboiler C2	Tanque Condensado	Vapor condensado	1500	1	25	9
Reboiler C3	Tanque Condensado	Vapor condensado	2500	1,5	37,5	17

Condensador Reactor	Tanque agua caliente	Agua caliente	98000	10	250	3
Condensador 1	Tanque agua caliente	Agua caliente	19000	4	100	10
Condensador C1	Tanque agua caliente	Agua caliente	3500	2	50	12
Condensador C2	Tanque agua caliente	Agua caliente	2000	1,5	37,5	4
Condensador 3	Tanque agua caliente	Agua caliente	2500	1,5	37,5	18
Condensador C3	Tanque agua caliente	Agua caliente	1750	1,5	37,5	20
Tanque agua caliente	Torre enfriamiento	Agua caliente	126750	11	275	30
Torre enfriamiento	Condensador Reactor	Agua enfriamiento	98000	10	250	33
Torre enfriamiento	Condensador 1	Agua enfriamiento	19000	4	100	40
Torre enfriamiento	Condensador C1	Agua enfriamiento	3500	1,25	31,25	42
Torre enfriamiento	Condensador C2	Agua enfriamiento	2000	1,25	31,25	35
Torre enfriamiento	Condensador 3	Agua enfriamiento	2500	1,67	41,75	48
Torre enfriamiento	Condensador C3	Agua enfriamiento	1750	1,67	41,75	50

#### 4.3.2.8.3. Selección de Bombas

Para la selección de bombas se partió del Software Grundfos Product Center, donde, a partir de las necesidades de caudal y de altura manométrica a vencer por el equipo se presentaban las distintas opciones junto con sus características. Las bombas seleccionadas pertenecen a la familia de las bombas centrífugas ya que para las necesidades del proceso prima el movimiento de grandes caudales por sobre el incremento elevado de presión del fluido.

Se presentan las imágenes de las bombas a modo ilustrativo y en la tabla subsiguiente se discriminan sus características:



Imagen 356 - Bombas centrífugas seleccionadas

En los casos donde los caudales a mover eran elevados se optó por la selección de más de una bomba, las cuales están pensadas para funcionar en paralelo, obteniendo así mayores flujos volumétricos de fluido.

Bombas						
Equipo	Codificación	Marca	Modelo	Potencia (KW)	Din (pulg)	Dout (pulg)
Condensador Reactor	B01-1	Grundfos	CM 10-1 A-R-A-E-AVBE G-A-A-N	1,3	1,5	1,5
	B01-2	Grundfos	CM 10-1 A-R-A-E-AVBE G-A-A-N	1,3	1,5	1,5
Columna 1	B02	Grundfos	UP 15-18 B5	0,086	0,5	0,5
Condensador 1	B03	Grundfos	CR 1S-3 A-B-A-E-HQQE	0,25	1	1
Columna 1	B04-1	Grundfos	CM 10-1 A-R-A-E-AVBE G-A-A-N	1,3	1,5	1,5
Columna 1	B04-2	Grundfos	CM 10-1 A-R-A-E-AVBE G-A-A-N	1,3	1,5	1,5
Decantador 1	B05	Grundfos	CM 1-3 A-R-A-E-AVBE G-A-A-N	0,45	1	1
Decantador 1	B06	Grundfos	CR 1S-3 A-B-A-V-HQQV	0,25	1	1
Columna 2	B07	Grundfos	UP 15-18 B5	0,086	0,5	0,5
Columna 2	B08	Grundfos	UP 15-18 B5	0,032	0,5	0,5
Neutralizador	B09	Grundfos	CR 1S-3 A-B-A-V-HQQV	0,25	1	1
Condensador 3	B10	Grundfos	CR 1S-3 A-B-A-E-HQQE	0,25	1	1
Columna 3	B11	Grundfos	UP 15-18 B5	0,086	0,5	0,5
Decantador 2	B12	Grundfos	UP 15-18 B5	0,086	0,5	0,5
Decantador 2	B13	Grundfos	UP 15-18 B5	0,086	0,5	0,5

Columna 3	B14	Grundfos	UP 15-18 B5	0,086	0,5	0,5
Sistema de Enfriamiento	BCR-1	Grundfos	CRN 32-1-1 U-G-G-E-KUBE	2,24	2,5	2,5
	BCR-2	Grundfos	CRN 32-1-1 U-G-G-E-KUBE	2,24	2,5	2,5
	BCR-3	Grundfos	CRN 32-1-1 U-G-G-E-KUBE	2,24	2,5	2,5
	BCC1-1	Grundfos	CRN 5-4 A-FGJ-G-E-HQQE	1,12	1,25	1,25
	BCC1-2	Grundfos	CRN 5-4 A-FGJ-G-E-HQQE	1,12	1,25	1,25
	BCC1-3	Grundfos	CRN 5-4 A-FGJ-G-E-HQQE	1,12	1,25	1,25
	BCC1-4	Grundfos	CRN 5-4 A-FGJ-G-E-HQQE	1,12	1,25	1,25
	BCC1-5	Grundfos	CRN 5-4 A-FGJ-G-E-HQQE	1,12	1,25	1,25
	BCC2	Grundfos	CRN 3-2 A-P-G-E-HQQE	0,37	1,67	1,67
	BCC3-1	Grundfos	CRN 3-2 A-P-G-E-HQQE	0,37	1,67	1,67
	BCC3-2	Grundfos	CRN 3-2 A-P-G-E-HQQE	0,37	1,67	1,67
	BCC3-3	Grundfos	CRN 3-2 A-P-G-E-HQQE	0,37	1,67	1,67
	BRA-1	Grundfos	TP 80-240/2 B BUBE	2,25	3	3
	BRA-2	Grundfos	TP 80-240/2 B BUBE	2,25	3	3
	BRA-3	Grundfos	TP 80-240/2 B BUBE	2,25	3	3

#### 4.3.2.8.4. - Selección de Válvulas y Accesorios

Se seleccionaron las válvulas y accesorios necesarios para las conducciones de fluidos de los catálogos de las empresas Spirax Sarco y Gemü, empresas líderes en la comercialización de estos aparatos. Se tuvieron en consideración las necesidades de seguridad y correcto funcionamiento de líneas de vapor como válvulas de seguridad, venteos para evitar golpes de ariete, así como también purgas y trampas de vapor para el retorno de condensados.

Válvulas						
Equipo	Código	Tipo de Válvula	Corriente	Marca	Modelo	Diámetro (pulg)
Reactor	CV-01	Compuerta	Sólidos	Diseño de equipo		99
	CV-02	De Paso	Vapor	GEMÜ	728	2
	CV-03	Compuerta	Sólidos	Diseño de equipo		10
	CV-04	Separador	Vapor	Spirax Sarco	CA46S	2
	CV-05	Filtro	Vapor	Spirax Sarco	CSF16	2
	CV-06	Reguladora de presión	Vapor	Spirax Sarco	DRV7	2
	CV-07	De Seguridad	Vapor	Spirax Sarco	SV60	2
	CV-08	Trampa de vapor	Vapor	Spirax Sarco	TDS52	2
Condensador Reactor	CV-09	De paso	Vapor	GEMÜ	728	2
	CV-10	Reguladora de presión	Vapor	Spirax Sarco	DRV7	2

	CV-11	De Paso	Agua enfriamiento	GEMÜ	728	11
	CV-12	Venteo	Agua enfriamiento	Spirax Sarco	AVS32	11
Columna 1	CV-13	De Paso	Furfural diluido	GEMÜ	728	1,5
	CV-14	De Paso	Vapor de furfural agua	GEMÜ	728	1,5
Condensador 1	CV-15	De paso	Vapor de furfural agua	GEMÜ	728	1,5
	CV-16	Reguladora de presión	Vapor de furfural agua	Spirax Sarco	DRV7	2
	CV-17	De Paso	Agua enfriamiento	GEMÜ	728	4
	CV-18	Venteo	Agua enfriamiento	Spirax Sarco	AVS32	4
Condensador C1	CV-19	De Paso	Furfural con volátiles	GEMÜ	728	1
	CV-20	Reguladora de presión		Spirax Sarco	DRV7	1
	CV-21	De Paso	Agua enfriamiento	GEMÜ	728	2
	CV-22	Venteo	Agua enfriamiento		AVS32	2
Reboiler C1	CV-23	De Paso	Fondos C1	GEMÜ	728	1,5
	CV-24	De Paso	Vapor	GEMÜ	728	2
	CV-25	Separador	Vapor	Spirax Sarco	CA46S	2
	CV-26	Filtro	Vapor	Spirax Sarco	CSF16	2
	CV-27	Reguladora de presión	Vapor	Spirax Sarco	DRV7	2
	CV-28	De Seguridad	Vapor	Spirax Sarco	SV60	2
	CV-29	Trampa de vapor	Vapor	Spirax Sarco	TDS52	2
Columna 2	CV-30	De Paso	Furfural con volátiles	GEMÜ	728	0,5
Condensador C2	CV-31	De Paso	Agua enfriamiento	GEMÜ	728	1,25
	CV-32	Venteo	Agua enfriamiento	Spirax Sarco	AVS32	1,25
	CV-33	Reguladora de presión	Volátiles	Spirax Sarco	DRV7	0,5
	CV-34	De Paso	Volátiles	GEMÜ	728	0,5
Reboiler C2	CV-35	De Paso	Vapor	GEMÜ	728	2
	CV-36	Separador	Vapor	Spirax Sarco	CA46S	2
	CV-37	Filtro	Vapor	Spirax Sarco	CSF16	2

	CV-38	Reguladora de presión	Vapor	Spirax Sarco	DRV7	2
	CV-39	De Seguridad	Vapor	Spirax Sarco	SV60	2
	CV-40	Trampa de vapor	Vapor	Spirax Sarco	TDS52	2
	CV-41	De Paso	Furfural enriquecido	GEMÜ	728	0,5
Decantador 1	CV-42	Venteeo	Furfural 24%	Spirax Sarco	AVS32	1
	CV-43	De Paso	Furfural 24%	GEMÜ	728	1
	CV-44	De Paso	Furfural 20%	GEMÜ	728	0,5
	CV-45	Venteeo	Furfural 20%	Spirax Sarco	AVS32	0,5
	CV-46	De Paso	Furfural 92%	GEMÜ	728	1
	CV-47	Rompedora de Vacío		Spirax Sarco	VB14	0,5
Neutralizador	CV-48	De Paso	Furfural 92%	GEMÜ	728	1
	CV-49	Venteeo	Furfural 92%	Spirax Sarco	AVS32	1
	CV-50	De estrangulación	Solución NaOH	GEMÜ	423	0,5
	CV-51	De Paso	Furfural Neutralizado	GEMÜ	728	1
	CV-52	Rompedora de Vacío		Spirax Sarco	VB14	0,5
Columna 3	CV-53	De Paso	Furfural Neutralizado	GEMÜ	728	1
	CV-54	De Paso	Vapor furfural 98,5%	GEMÜ	728	1
Condensador 3	CV-55	De Paso	Vapor furfural 98,5%	GEMÜ	728	1
	CV-56	Reguladora de presión	Vapor furfural 98,5%	Spirax Sarco	DRV7	1
	CV-57	De Paso	Agua enfriamiento	GEMÜ	728	1,67
	CV-58	Venteeo	Agua enfriamiento	Spirax Sarco	AVS32	1,67
Condensador C3	CV-59	De Paso	Furfural 35%	GEMÜ	728	0,5
	CV-60	Reguladora de presión	Furfural 35%	Spirax Sarco	DRV7	0,5
	CV-61	De Paso	Agua enfriamiento	GEMÜ	728	1,67
	CV-62	Venteeo	Agua enfriamiento	Spirax Sarco	AVS32	1,67
Reboiler C3	CV-63	De Paso	Fondos C3	GEMÜ	728	0,5
	CV-64	De Paso	Vapor	GEMÜ	728	2
	CV-65	Separador	Vapor	Spirax Sarco	CA46S	2
	CV-66	Filtro	Vapor	Spirax Sarco	CSF16	2

	CV-67	Reguladora de presión	Vapor	Spirax Sarco	DRV7	2
	CV-68	De Seguridad	Vapor	Spirax Sarco	SV60	2
	CV-69	Trampa de vapor	Vapor	Spirax Sarco	TDS52	2
Decantador 2	CV-70	De Paso	Furfural 35%	GEMÜ	728	0,5
	CV-71	Venteo	Furfural 35%	Spirax Sarco	AVS32	0,5
	CV-72	De Paso	Furfural 19%	GEMÜ	728	0,5
	CV-73	Venteo	Furfural 19%	Spirax Sarco	AVS32	0,5
	CV-74	De Paso	Furfural 92%	GEMÜ	728	0,5
	CV-75	Venteo	Furfural 92%	Spirax Sarco	AVS32	0,5
	CV-76	Rompedora de Vacío		Spirax Sarco	VB14	0,5
Caldera	CV-77	De Retención	Agua de caldera	Spirax Sarco	WCV2	1
	CV-78	De Paso	Vapor	GEMÜ	728	3
	CV-79	De seguridad		Spirax Sarco	SV60	3
	CV-80	De Paso	Agua de caldera	GEMÜ	728	1
	CV-81	Venteo	Agua de caldera	Spirax Sarco	AVS32	1

#### 4.4. - Terreno y edificios

##### 4.4.1. – Terreno, medidas y características del mismo.

El terreno seleccionado para la ubicación de la planta se encuentra en el ingreso al Centro Industrial Zárate, en la provincia de Buenos Aires. El terreno tiene una superficie de 22400 m<sup>2</sup> y se proyecta la construcción de caminos internos para el correcto tránsito de los camiones de descarga de materia prima y de transporte de producto terminado

##### 4.4.2. – Edificios y otras obras civiles

El predio contará con 4 naves, las cuales corresponderán a una nave de producción, una nave de administración, una nave de servicios auxiliares y por último, una nave de producto terminado, todas correctamente separadas por una distancia de no menos de 15 metros como establece la ley 13660 de “Instalaciones Para Elaboración de Combustibles y Generación de Energía Eléctrica” referido en este caso al furfural. La totalidad del predio estará delimitada por un cerco perimetral metálico con una altura de 2,5 m soportados por columnas de hormigón rodeado con alambre de acero galvanizado tipo concertina simple con un único acceso por la entrada principal.

**4.4.2.1.** – Características generales de los edificios de producción, depósitos, administrativos y auxiliares. Diseño de planta, techos y paredes.

**4.4.2.1.1.** - Nave de producción

Cuenta con una superficie total de 916,5 m<sup>2</sup>. Está constituido por un baño, una sala de control y un laboratorio, además del espacio destinado meramente a la producción. En base al equipo más alto, se establece una altura de 10m.

La edificación se realiza con mampostería de ladrillos huecos con columnas ubicadas a 4 m entre ellas. El piso será de hormigón, alisado con un ángulo de 2º para su correcto desagüe. Las paredes serán lisas recubiertas con pintura ignífuga, con aberturas para la ventilación, mientras que las uniones de las paredes con el piso serán de media caña para facilitar la limpieza. El techo estará constituido por cubiertas de chapa metálicas onduladas con un aislamiento térmico por debajo de ellas. Además, todos los bloques tendrán desagüe en el techo que se harán con canaletas y caños de bajada de chapa galvanizada.

**4.4.2.1.1.1.** - Laboratorio

Se ubica dentro de la nave de producción. Su superficie es de 9m x 4.5m. Las paredes son construidas de ladrillos huecos con revoques gruesos revestidos de azulejos como lo establecen las normas para el funcionamiento del mismo. Además, los pisos y zócalos presentan baldosas cerámicas, con juntas a tope.

**4.4.2.1.1.2.** - Baño

Los baños contarán a su vez con vestidores abarcando una superficie de 4m x 9m. Las paredes serán de mampostería con ladrillos de espesor de 20 cm con un acabado superficial de azulejos, mientras que el techo será de cielorraso y el piso tendrá baldosas cerámicas.

#### **4.4.2.1.1.3.** - Sala de Control

La sala de control ocupará una superficie de 4m x 10m. Tendrá paredes construidas de mampostería con ladrillos de espesor de 20 cm con un acabado superficial de cemento, cubiertas con pintura látex para interiores. Sus pisos y zócalos serán de baldosas cerámicas con juntas y los cielorrasos de placa de yeso junta tomada.

#### **4.4.2.1.2.** - Nave de Administración

Cuenta con una superficie de 14,5 m x 24.5m. En el mismo se ubica una zona de recepción, un comedor con cocina incluida, dos oficinas administrativas, un baño con vestuario y un salón de usos múltiples.

##### **4.4.2.1.2.1.** - Oficinas y Salón de Usos Múltiples:

Habrán dos oficinas principales correspondientes al área de Administración y Gerencia y un salón de usos múltiples. Todos ellos tendrán las mismas características edificantes, como ser: paredes construidas de mampostería con ladrillos de espesor de 20 cm con un acabado superficial de cemento, cubiertas con pintura látex para interiores.

Sus pisos y zócalos serán de baldosas cerámicas con juntas y los cielorrasos de placa de yeso junta tomada.

##### **4.4.2.1.2.2.** - Baños

Los baños contarán a su vez con vestidores, abarcando una superficie de 5m x 8,3m. Se colocará además otro en la garita de seguridad de 2m x 3m. Las paredes serán de mampostería con ladrillos de espesor de 20 cm con un acabado superficial de azulejos, mientras que el techo será de cielorraso y el piso tendrá baldosas cerámicas.

##### **4.4.2.1.2.3.** - Comedor

El comedor de la empresa se situará en la nave administrativa, con una dimensión prevista de 7m x 8,2m. Contará con paredes de 20 cm de espesor con acabado superficial y pintadas con pintura látex para interiores, pisos recubiertos con baldosas cerámicas y techo con cielo raso recubierto.

#### **4.4.2.1.2.4.** - Cocina

Se emplazará en la nave administrativa ocupando una superficie de 5m x 7m. Este recinto será apto para la elaboración de los alimentos con las características constructivas que prevé el Código Alimentario Argentino y el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura de la nación.

#### **4.4.2.1.3.** - Nave de Servicios Auxiliares

Cuenta con un área de 8m x 22m, y una altura de 5m. En dicha nave se emplazarán la caldera, la torre de enfriamiento y los tanques de almacenamiento de los reactivos utilizados en la producción. La edificación estará constituida por mampostería de ladrillo hueco de 20cm. Contará con piso de hormigón con una pendiente de 2° y paredes lisas recubiertas de pintura ignífuga con uniones entre ellos de media caña. El techo será de chapa metálica ondulada con un aislamiento térmico por debajo. Contará con canaletas y caños de bajada de chapa galvanizada para el desagüe del techo.

#### **4.4.2.1.4.** - Nave de Almacenamiento de Producto Terminado

Cuenta con una superficie de 8m x 4,7m. En éste edificio se ubicarán 6 tanques de almacenamiento de producto terminado, cada uno de ellos con un diámetro igual a 2m. Contará con un camino de acceso pavimentado para posibilitar el despacho de producto terminado. La edificación estará constituida por mampostería de ladrillo hueco de 20cm. Contará con piso de hormigón con una pendiente de 2° y paredes lisas recubiertas de pintura ignífuga con uniones entre ellos de media caña. El techo será de chapa metálica ondulada con un aislamiento térmico por debajo. Contará con canaletas y caños de bajada de chapa galvanizada para el desagüe del techo.

**4.4.2.2.** - Obras complementarias - Las correspondientes a: movimiento de tierra (relleno de terrenos), caminos de acceso, playas de estacionamiento y caminos internos de circulación. desvíos ferroviarios, cercos perimetrales e internos.

**4.4.2.2.1.** - Playa de estacionamiento

Tiene una superficie de 21m x 21 m, construida de concreto y cubierta por una media sombra. El acceso al mismo se da por la entrada principal.

**4.4.2.2.2.** - Garita de seguridad

La entrada de camiones y autos contará con una garita de control y seguridad cuya dimensión será de 3.75m x 2.55m. Sus paredes serán de mampostería con ladrillos de 20 cm de espesor, revoque liso y pintadas con pintura al látex, piso de cemento con revoque liso y techo de chapa con aislación interna.

**4.4.2.2.3.** - Caminos y senderos peatonales internos

Las calles y sendas peatonales internas se encuentran pavimentadas e iluminadas. La extensión de las calles internas es de 300 m, las cuales serán de doble mano, representando un ancho de 7 m. Las sendas peatonales tendrán una longitud total de 100 m con un ancho de 1,5 m.

**4.4.2.2.4.** - Perforación para obtención de Agua

En la zona de Zárate se encuentra el acuífero Puelche, un enorme depósito de agua que abarca una superficie de 240.000 km<sup>2</sup>, con su límite suroeste en la provincia de Buenos Aires, donde ocupa unos 92.000 km<sup>2</sup>. Tiene como ventaja en la zona de Zárate, para las perforaciones, que está muy cerca de la superficie del suelo, según el Grupo de Investigaciones Hidrológicas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) el acuífero se puede encontrar aproximadamente a 10 m de la superficie.

Esta obra se encomendará a la empresa Misota Perforaciones, la cual se dedica a la realización de perforaciones totalmente encamisadas, con filtro y cementadas de costado para garantizar agua potable.

**4.4.2.2.5.** - Fosas para Tolvas de Recepción.

Se realizarán 2 excavaciones de superficie igual a 2m x 8m y una profundidad de 2,5m para las tolvas de recepción. Las mismas serán recubiertas por concreto.

**4.4.2.2.6.** - Movimiento de Suelos

En la zona de silos se prevé la excavación de un cajón, de aproximadamente 35x22 m y 1,25 m de profundidad, más lo correspondiente para completar el fondo cónico. En los rellenos se prevé la colocación de suelo hasta el nivel original más 15 cm bajo la zapata y más el espacio entre zapata y fondo, superior al nivel del terreno, con una mezcla de suelo-cal al 5%.

**4.4.2.2.7.** - Cimentación para Silos

Se cimentará cada silo de diámetro igual a 9m con una viga perimetral en forma de anillo y la losa de fondo, ambos de hormigón armado. Se plantea una fundación con viga anillo y fondo independientes, transmitiendo las cargas perimetrales a través de una zapata corrida sobre un suelo mejorado. De esta forma la viga anillo debe llegar al nivel superior de la zapata limitando la cota de fundación de la misma y resultando en la mayoría de los casos de grandes dimensiones.

## Lámina N°1: Planimetría General



## Lámina N°2: Distribución de Equipos



**Lámina N°3: Corte Longitudinal**



## Lámina N°4: Servicios Auxiliares



## Lámina N°5: Motores Eléctricos



**Lámina N°6: Diagrama Unifilar**



## Lámina N°7: Reactor



**Lámina N°8: Corte del Reactor**



**Lámina N°9: Columna de Destilación**



**Lámina N°10: Corte de Columna de Destilación**



# 5. ORGANIZACIÓN



## **5. ORGANIZACIÓN**

### **5.1. - Tipo de Empresa**

La empresa se va a dedicar a la producción y comercialización de furfural. Se adopta como estructura organizativa de la empresa la Sociedad de Responsabilidad Limitada (S.R.L) que según la Ley N° 19.550 posee las siguientes características:

- Capital dividido en cuotas de igual valor, con libre transmisibilidad.
- Socios con responsabilidad limitada a la integración de las cuotas que suscriban o adquieran.
- Uno o más gerentes, socios o no. Designados en el contrato o posteriormente. Por tiempo determinado o indeterminado.

### **5.2. - Organización de la empresa: áreas, departamentos y funciones.**

La empresa se encuentra constituida por tres áreas bien definidas:

- Área de Administración, finanzas y RRHH
- Área de producción
- Área de Ventas y Logística

Cada una de ellas cuenta con personal calificado, a su vez se encuentran supervisadas por un gerente general. A continuación, se detallan las funciones de cada puesto.

La empresa contará con servicios tercerizados que incluirán, Asesores Legales, Servicio de Limpieza, Especialista en Higiene y Seguridad y Medio Ambiente y cualquier otro servicio específico que la empresa requiera.

#### **5.2.1. Gerencia General**

##### **5.2.1.1. Gerente General**

Es el encargado de la gestión estratégica, dirigiendo y coordinando a las distintas áreas para asegurar la rentabilidad, competitividad, continuidad y sustentabilidad de la empresa, cumpliendo con los lineamientos estratégicos del directorio y las normativas y reglamentos vigentes.

#### **5.2.2. Área de Administración, Finanzas y RRHH.**

##### **5.2.2.1. Jefe de Administración, Finanzas y RRHH**

Su función radica en organizar y supervisar la ejecución de las tareas administrativas de la compañía (relacionadas con archivo de documentación, artículos de oficina, controles de pago) y las operaciones financieras de la compañía (relacionadas con los ingresos, la financiación, las inversiones, el

crédito y otros programas de control). También es el encargado de desarrollar y administrar las actividades de Recursos Humanos tales como reclutamiento, selección, programas de capacitación y desarrollo del personal, compensaciones y beneficios, relaciones laborales y administración de personal. Representa a la compañía ante el Ministerio de Trabajo, los gremios, los tribunales laborales y otras entidades oficiales.

#### **5.2.2.2. Administrativo**

Responsable de realizar actividades administrativas, como separación y clasificación de documentos, correspondencia, transcripción de información y registros y proveer información y organizar archivos de acuerdo con los procesos y rutinas.

#### **5.2.2.3. Guardia**

Es el responsable de llevar el registro de las personas/transporte que ingresa y egresa de la planta. Además debe asegurar la seguridad y el resguardo de las instalaciones, en caso de alguna situación fuera de lo normal debe informar a su superior.

### **5.2.3. Área de Producción**

#### **5.2.3.1. Encargado de Mantenimiento**

Supervisa y controla las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo y la conexión de maquinarias, instalaciones eléctricas, electrónicas, edificios y equipos de fabricación; supervisa la ejecución y cumplimiento del cronograma de mantenimiento preventivo para evitar perjudicar la operatoria normal de trabajo; controla el trabajo realizado por terceros.

#### **5.2.3.2. Encargado de Producción**

Supervisa las actividades de producción de una o más líneas; controla la producción, costos, volumen y calidad y la ejecución del trabajo según la programación de producción; promueve el uso efectivo de equipos, recursos, instalaciones y materiales. Interviene en la resolución de problemas y mejora del proceso de producción.

#### **5.2.3.3. Técnico de Mantenimiento**

Realiza las tareas técnicas de mantenimiento preventivo y correctivo en máquinas y equipos mecánicos, hidráulicos, neumáticos, eléctricos,

electrónicos, identifica fallas, reemplaza y/o repara las piezas y componentes necesarios. Trabaja bajo supervisión directa. Posee conocimientos para resolver problemas simples en el área.

#### **5.2.3.4. Operario**

Realiza servicios generales de producción, administración y/o mantenimiento en varias áreas de la compañía siguiendo instrucciones predeterminadas y con actividades bajo supervisión directa.

#### **5.2.3.5. Técnico de Laboratorio**

Brinda asistencia y apoyo al encargado del área. Prepara material, pone a punto y lleva a cabo ensayos, toma mediciones e informa sobre los resultados. Asesora de forma técnica en procedimientos, documentación, control del cumplimiento de normas internas y demás actividades que este requiera.

### **5.2.4. Área de Ventas y Logística**

#### **5.2.4.1. Encargado de Ventas y Logística**

Planifica, coordina y controla las actividades de ventas para optimizar el volumen vendido y desarrollar el potencial del mercado. Busca cumplir con las metas de ventas establecidas por la compañía. Además planifica, coordina y gestiona las actividades de abastecimiento y logística, incluyendo materiales, almacenamiento, niveles de inventario y compras, suministrando en tiempo y forma los insumos requeridos y distribución de los productos elaborados por la compañía, bajo condiciones de calidad, costo y entregas óptimas.

#### **5.2.4.2. Asistente**

Brinda asistencia al gerente de ventas y logística, colaborando en todas las tareas adjudicadas a estos, como la administración de información del área, registros de inventarios, insumos, productos.

### 5.3. - Personal Ocupado.

#### 5.3.1. Requerimiento de Personal.

Área	Puesto	Posibles Ocupantes del Puesto	Personal por turno	Turno	Turno por día	Personal por día
Gerencia	Gerente General	Lic. En Administración de Empresas, Ingeniero Industrial/Químico/Electromecánico	1	Administrativo	1	1
Producción	Encargado de Producción	Ingeniero Químico/Industrial	1	Productivo	1	1
	Encargado de Mantenimiento	Ingeniero Electromecánico/Mecánico	1	Productivo	1	1
	Técnico de Mantenimiento	Técnico Mecánico/Eléctrico/ Industrial	1	Productivo	4	4
	Técnico de Laboratorio	Técnico Químico	1	Productivo	4	4
	Operario	Secundario completo/Técnico industrial	2	Productivo	4	8
Adm. Finanzas y RRHH	Encargado de Administración, Finanzas y RRHH	Lic. En RRHH/Adm. De empresas/Contador Público	1	Administrativo	1	1
	Administrativo	Lic. En carreras afines	2	Administrativo	1	2
	Seguridad	Personal habilitado	1	Administrativo	4	4
Ventas y Logística	Encargado de Ventas y Logística	Lic. En Marketing/ Ing. Industrial/Químico/Electromecánico	1	Administrativo	1	1
	Asistente	Lic. En Marketing/Lic. En Administración de empresas	2	Administrativo	1	2
						29

El turno administrativo contempla las 8 horas de trabajo en la franja horaria de 8 a 16 hs. La planta operara las 24 horas del día los 7 días de la semana por lo que el área productiva contará con 4 turnos, de los cuales 3 estarán activos trabajando mientras que el turno restante estará de franco siguiendo turnos rotativos para cumplir con el derecho de los trabajadores a 2 días de franco sin que esto afecte a la producción. El turno productivo se subdivide en 3 turnos de 8 horas: Turno Mañana de 6 a 14 hs, Turno Tarde de 14 a 22 hs y Turno Noche de 22 a 6 hs.

El Jefe de Mantenimiento y el Jefe de Producción cumplirán su carga horaria dentro de los turnos productivos según el requerimiento de producción.

### 5.3.2. Sistema de Remuneración e Incentivos

El personal, percibe un salario mensual conforme a lo establecido por la Ley de contrato de trabajo (salario mínimo vital y móvil). Conjuntamente, se otorgan incentivos por productividad, presentismo, y cumplimiento de objetivos. La determinación de los salarios está basada en la Convención Colectiva de Trabajo N°77/89 de la Federación Argentina de Trabajadores de Industrias Químicas Y Petroquímicas (F.A.T.I.Q.Y.P). La Convención Colectiva posee en un Anexo la grilla salarial vigente desde Agosto a Noviembre de 2019, en la cual se basa el cálculo de los salarios.

Un 20% del sueldo básico corresponde a las cargas sociales (sistema de jubilación y seguridad social). El Sueldo Anual Complementario (SAC) o aguinaldo, corresponde a una doceava parte del sueldo bruto. El pago de la ART corresponde a un 4% del sueldo básico. Un 10% del sueldo básico corresponde a los premios (presentismo, productividad y cumplimiento de objetivos anuales establecidos).

### 5.3.3. Planilla de Salarios

Área	Personal	Cant	Básico	Cargas Sociales (20%)	ART 4%	SAC	Bonificación	Salarios Individuales	Total mensual	Total Anual
	<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>									
<b>Producción</b>	Operario	8	22.176	4.435	887	1.848	2.218	31.564	252.511	3.030.129
	<b>MANO DE OBRA INDIRECTA</b>									
<b>Gerencia</b>	Gerente	1	37.200	7.440	1.488	3.100	3.720	52.948	52.948	635.376

<b>Producción</b>	Encargado de producción	1	34.300	6.860	1.372	2.858	3.430	48.820	48.820	585.844
	Encargado de mantenimiento	1	29.800	5.960	1.192	2.483	2.980	42.415	42.415	508.984
	Técnico de Mantenimiento	4	24.024	4.805	961	2.002	2.402	34.194	136.777	1.641.320
	Técnico de Laboratorio	4	25.300	5.060	1.012	2.108	2.530	36.010	144.041	1.728.496
<b>Adm., Finanzas y RRHH</b>	Encargado de Adm., Finanzas y RRHH	1	34.303	6.861	1.372	2.859	3.430	48.825	48.825	585.895
	Administrativos	2	22.176	4.435	887	1.848	2.218	31.564	63.128	757.532
	Guardia	4	23.708	4.742	948	1.976	2.371	33.744	134.978	1.619.731
<b>Ventas y Logística</b>	Encargado de Ventas y Logística	1	34.300	6.860	1.372	2.858	3.430	48.820	48.820	585.844
	Asistente	2	23.660	4.732	946	1.972	2.366	33.676	67.352	808.226
<b>Servicios tercerizados</b>	Asesor Legal	1	13.700	0	0	0	0	13.700	13.700	164.400
	Especialista en HyS y MA	1	27.400	0	0	0	0	27.400	27.400	328.800
	Limpieza	1	16.140	0	0	0	0	16.140	16.140	193.680
<b>TOTALES</b>								499.821	1.097.855	13.174.256

### 5.3.4. Organigrama General de la Empresa

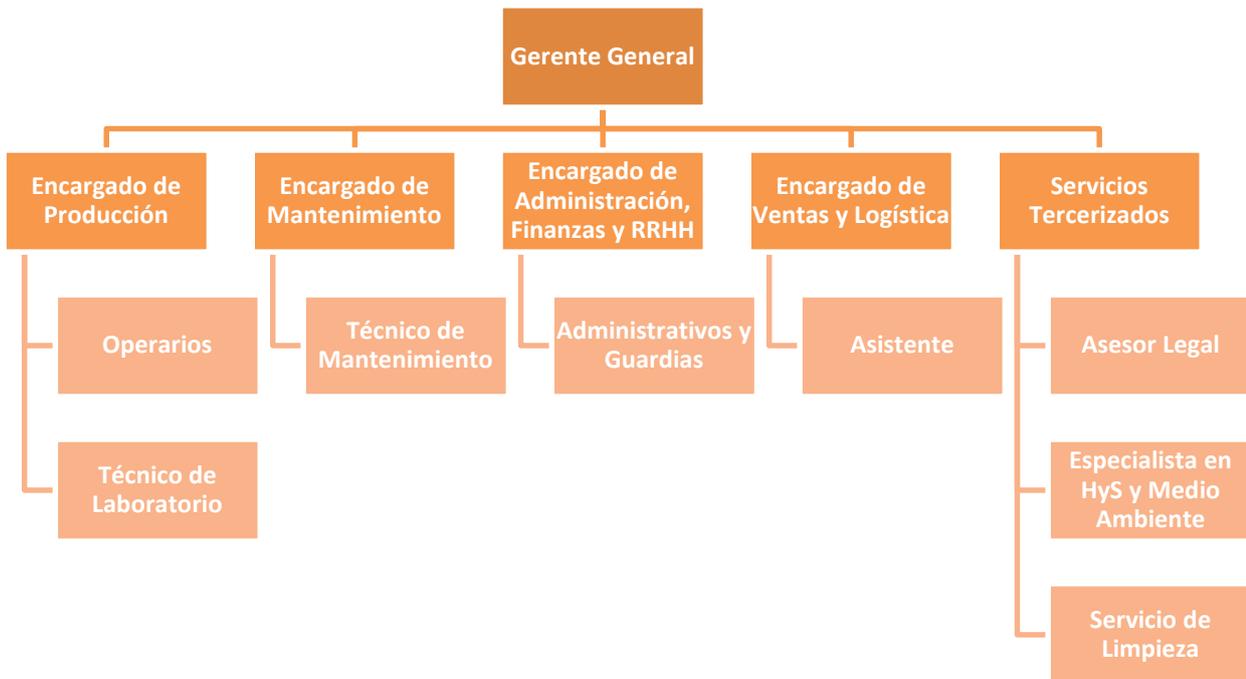


Imagen 36 - Organigrama de la empresa

## 6. COSTOS



## **6. COSTOS**

### **6.1. - Cálculo de los costos**

Para la realización del cálculo de los costos se averiguaron los precios del mercado, y aquellos que no pudieron ser presupuestados fueron estimados.

Los costos considerados fueron los siguientes:

#### **6.1.1. Costos de producción**

Son aquellos involucrados en el proceso productivo, están compuestos por los siguientes.

##### **6.1.1.1. Materia prima e insumos**

Las materias primas del proceso son el bagazo agotado de malta y el ácido fosfórico, sus precios son 330 \$/tn y 250 U\$D/tn, respectivamente.

##### **6.1.1.2. Mano de obra directa**

La determinación de los salarios de los trabajadores está basada en la Convención Colectiva de Trabajo N°77/89 de la Federación Argentina de Trabajadores de Industrias Químicas y Petroquímicas (F.A.T.IQ.Y P.)

##### **6.1.1.3. Gastos indirectos de fabricación**

Estos están compuestos por:

###### **6.1.1.3.1. Amortizaciones**

Es la reducción del valor que sufren los bienes, ya sea por el uso de los mismos o por el paso del tiempo. El porcentaje de amortización depende de la vida útil que tenga el bien y de su naturaleza, ya sean instalaciones, edificios, maquinarias, etc.

###### **6.1.1.3.2. Mano de obra indirecta**

Dentro de esta categoría se incluyen a todos los demás trabajadores que, si bien pertenecen a producción, no intervienen directamente en el proceso. Por ejemplo: encargado de producción, analistas de laboratorio, etc.

###### **6.1.1.3.3. Energía eléctrica, gas y agua**

Estos costos tienen un componente fijo (iluminación, calefacción, etc.) y otro variable que está directamente relacionada con el nivel de producción.

###### **6.1.1.3.4. Impuestos:**

Dentro de esta categoría está incluido el impuesto inmobiliario.

**6.1.1.3.5. Mantenimiento:**

Se considera el 2% del valor total de los equipos.

**6.1.1.3.6. Imprevistos y varios**

Corresponde un 0,01% del total de materiales y mano de obra directa, es un cargo fijo.

**6.1.2. Costos de administración y comercialización**

**6.1.2.1. Mano de Obra**

En esta categoría se contemplan los sueldos de los empleados del sector de administración y comercialización.

**6.1.2.2. Gastos de comercialización**

Se estiman como un 20% de los gastos de mano de obra.

**6.1.2.3. Gastos de comunicación**

Abarca los costos de telefonía e internet de la planta junto con los gastos de telefonía del personal jerárquico.

**6.1.2.4. Seguros**

Se considera un 0,01% del valor del terreno y los equipos.

**6.1.3. Costos financieros**

**6.1.3.1. Gastos bancarios**

Son los gastos relacionados al mantenimiento de las cuentas bancarias. Se considera un 1,5% del total de ingreso por ventas.

**6.1.3.2. Interés por inversión**

Son los montos que deben ser devueltos al banco como consecuencia de los préstamos.

**6.2. - Planillas de costos**

AÑO 1 - COSTO ANUAL				
Ítem	Concepto	Costo Fijo	Costo Variable	Costo total

		\$	\$	\$
1	<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			
1.1	Materias primas e Insumos		19.824.307	19.824.307
1.2	Mano de obra directa		3.047.869	3.047.869
1.3	Gastos de fabricación			
1.3.1	Mano de obra indirecta	4.490.783		4.490.783
1.3.2	Amortizaciones	40.754.076		40.754.076
1.3.3	Energía eléctrica	275.060	4.097.317	4.372.377
1.3.4	Combustible	1.620	220.435	222.055
1.3.5	Agua	5.472	278.712	284.184
1.3.6	Impuesto	628.622		628.622
1.3.7	Mantenimiento	2.607.620		2.607.620
1.3.8	Imprevistos y varios	2.287		2.287
	<b>TOTAL</b>	<b>48.765.540</b>	<b>27.468.641</b>	<b>76.234.180</b>
2	<b>COSTOS ADMINISTRATIVO Y COMERCIALIZACIÓN</b>			
2.1	Personal	5.792.319		5.792.319
2.3	Gastos de comercialización	1.158.464		1.158.464
2.4	Comunicaciones	54.000		54.000
2.5	Seguros	310.069		310.069
	<b>TOTAL</b>	<b>7.314.853</b>	<b>-</b>	<b>7.314.853</b>
3	<b>COSTOS FINANCIEROS</b>			
3.1	Gastos bancarios	1.868.760		1.868.760
3.2	Interés por inversión	36.924.529		36.924.529
	<b>TOTAL</b>	<b>38.793.289</b>	<b>-</b>	<b>38.793.289</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>94.873.682</b>	<b>27.468.641</b>	<b>122.342.322</b>

AÑO 2 - COSTO ANUAL				
Ítem	Concepto	Costo Fijo	Costo Variable	Costo total
		\$	\$	\$
1	<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			
1.1	Materias primas e Insumos		21.212.009	21.212.009
1.2	Mano de obra directa		3.047.869	3.047.869
1.3	Gastos de fabricación			
1.3.1	Mano de obra indirecta	4.490.783		4.490.783
1.3.2	Amortizaciones	40.754.076		40.754.076
1.3.3	Energía eléctrica	275.060	4.097.317	4.372.377
1.3.4	Combustible	1.620	235.866	237.486
1.3.5	Agua	5.472	298.222	303.694
1.3.6	Impuesto	628.622		628.622
1.3.7	Mantenimiento	2.607.620		2.607.620

1.3.8	Imprevistos y varios	2.426		2.426
	<b>TOTAL</b>	<b>48.765.679</b>	<b>28.891.282</b>	<b>77.656.961</b>
2	<b>COSTOS ADMINISTRATIVO Y COMERCIALIZACIÓN</b>			
2.1	Personal	5.792.319		5.792.319
2.3	Gastos de comercialización	1.158.464		1.158.464
2.4	Comunicaciones	54.000		54.000
2.5	Seguros	310.069		310.069
	<b>TOTAL</b>	<b>7.314.853</b>	<b>-</b>	<b>7.314.853</b>
3	<b>COSTOS FINANCIEROS</b>			
3.1	Gastos bancarios	1.868.760		1.868.760
3.2	Interés por inversión	27.367.592		27.367.592
	<b>TOTAL</b>	<b>29.236.352</b>	<b>-</b>	<b>29.236.352</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>85.316.884</b>	<b>28.891.282</b>	<b>114.208.166</b>

AÑO 3 - COSTO ANUAL				
Ítem	Concepto	Costo Fijo	Costo Variable	Costo total
		\$	\$	\$
1	<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			
1.1	Materias primas e Insumos		22.696.849	22.696.849
1.2	Mano de obra directa		3.047.869	3.047.869
1.3	Gastos de fabricación			
1.3.1	Mano de obra indirecta	4.490.783		4.490.783
1.3.2	Amortizaciones	40.754.076		40.754.076
1.3.3	Energía eléctrica	275.060	4.097.317	4.372.377
1.3.4	Combustible	1.620	252.376	253.996
1.3.5	Agua	5.472	319.097	324.569
1.3.6	Impuesto	628.622		628.622
1.3.7	Mantenimiento	2.607.620		2.607.620
1.3.8	Imprevistos y varios	2.574		2.574
	<b>TOTAL</b>	<b>48.765.827</b>	<b>30.413.509</b>	<b>79.179.336</b>
2	<b>COSTOS ADMINISTRATIVO Y COMERCIALIZACIÓN</b>			
2.1	Personal	5.792.319		5.792.319
2.3	Gastos de comercialización	1.158.464		1.158.464
2.4	Comunicaciones	54.000		54.000
2.5	Seguros	310.069		310.069
	<b>TOTAL</b>	<b>7.314.853</b>	<b>-</b>	<b>7.314.853</b>
3	<b>COSTOS FINANCIEROS</b>			
3.1	Gastos bancarios	1.868.760		1.868.760

3.2	Interés por inversión	16.941.843		16.941.843
	TOTAL	18.810.603	-	18.810.603
	TOTAL	74.891.283	30.413.509	105.304.792

AÑO 4 - COSTO ANUAL				
Ítem	Concepto	Costo Fijo	Costo Variable	Costo total
		\$	\$	\$
1	COSTO DE PRODUCCIÓN			
1.1	Materias primas e Insumos		24.285.629	24.285.629
1.2	Mano de obra directa		3.047.869	3.047.869
1.3	Gastos de fabricación			
1.3.1	Mano de obra indirecta	4.490.783		4.490.783
1.3.2	Amortizaciones	23.530.204		23.530.204
1.3.3	Energía eléctrica	275.060	4.097.317	4.372.377
1.3.4	Combustible	1.620	270.043	271.663
1.3.5	Agua	5.472	341.434	346.906
1.3.6	Impuesto	628.622		628.622
1.3.7	Mantenimiento	2.607.620		2.607.620
1.3.8	Imprevistos y varios	2.733		2.733
	TOTAL	31.542.114	32.042.292	63.584.406
2	COSTOS ADMINISTRATIVO Y COMERCIALIZACIÓN			
2.1	Personal	5.792.319		5.792.319
2.3	Gastos de comercialización	1.158.464		1.158.464
2.4	Comunicaciones	54.000		54.000
2.5	Seguros	310.069		310.069
	TOTAL	7.314.853	-	7.314.853
3	COSTOS FINANCIEROS			
3.1	Gastos bancarios	1.868.760		1.868.760
3.2	Interés por inversión	6.371.291		6.371.291
	TOTAL	8.240.051	-	8.240.051
	TOTAL	47.097.018	32.042.292	79.139.310

AÑO 5 - COSTO ANUAL				
Ítem	Concepto	Costo Fijo	Costo Variable	Costo total
		\$	\$	\$
1	COSTO DE PRODUCCIÓN			
1.1	Materias primas e Insumos		25.985.623	25.985.623
1.2	Mano de obra directa		3.047.869	3.047.869
1.3	Gastos de fabricación			
1.3.1	Mano de obra indirecta	4.490.783		4.490.783

1.3.2	Amortizaciones	23.530.204		23.530.204
1.3.3	Energía eléctrica	275.060	4.097.317	4.372.377
1.3.4	Combustible	1.620	288.946	290.566
1.3.5	Agua	5.472	365.334	370.806
1.3.6	Impuesto	628.622		628.622
1.3.7	Mantenimiento	2.607.620		2.607.620
1.3.8	Imprevistos y varios	2.903		2.903
	<b>TOTAL</b>	<b>31.542.284</b>	<b>33.785.089</b>	<b>65.327.373</b>
2	<b>COSTOS ADMINISTRATIVO Y COMERCIALIZACIÓN</b>			
2.1	Personal	5.792.319		5.792.319
2.3	Gastos de comercialización	1.158.464		1.158.464
2.4	Comunicaciones	54.000		54.000
2.5	Seguros	310.069		310.069
	<b>TOTAL</b>	<b>7.314.853</b>	<b>-</b>	<b>7.314.853</b>
3	<b>COSTOS FINANCIEROS</b>			
3.1	Gastos bancarios	1.868.760		1.868.760
3.2	Interés por inversión	-		-
	<b>TOTAL</b>	<b>1.868.760</b>	<b>-</b>	<b>1.868.760</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>40.725.897</b>	<b>33.785.089</b>	<b>74.510.986</b>

AÑO 6 - COSTO ANUAL				
Ítem	Concepto	Costo Fijo	Costo Variable	Costo total
		\$	\$	\$
1	<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			
1.1	Materias primas e Insumos		27.804.616	27.804.616
1.2	Mano de obra directa		3.047.869	3.047.869
1.3	Gastos de fabricación			
1.3.1	Mano de obra indirecta	4.490.783		4.490.783
1.3.2	Amortizaciones	23.493.262		23.493.262
1.3.3	Energía eléctrica	275.060	4.097.317	4.372.377
1.3.4	Combustible	1.620	309.172	310.792
1.3.5	Agua	5.472	390.908	396.380
1.3.6	Impuesto	628.622		628.622
1.3.7	Mantenimiento	2.607.620		2.607.620
1.3.8	Imprevistos y varios	3.085		3.085
	<b>TOTAL</b>	<b>31.505.524</b>	<b>35.649.882</b>	<b>67.155.406</b>
2	<b>COSTOS ADMINISTRATIVO Y COMERCIALIZACIÓN</b>			
2.1	Personal	5.792.319		5.792.319

2.3	Gastos de comercialización	1.158.464		1.158.464
2.4	Comunicaciones	54.000		54.000
2.5	Seguros	310.069		310.069
	<b>TOTAL</b>	<b>7.314.853</b>	<b>-</b>	<b>7.314.853</b>
<b>3</b>	<b>COSTOS FINANCIEROS</b>			
3.1	Gastos bancarios	1.868.760		1.868.760
3.2	Interés por inversión	-		-
	<b>TOTAL</b>	<b>1.868.760</b>	<b>-</b>	<b>1.868.760</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>40.689.137</b>	<b>35.649.882</b>	<b>76.339.019</b>

AÑO 7 - COSTO ANUAL				
Ítem	Concepto	Costo Fijo	Costo Variable	Costo total
		\$	\$	\$
<b>1</b>	<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			
1.1	Materias primas e Insumos		29.750.940	29.750.940
1.2	Mano de obra directa		3.047.869	3.047.869
1.3	Gastos de fabricación			
1.3.1	Mano de obra indirecta	4.490.783		4.490.783
1.3.2	Amortizaciones	23.493.262		23.493.262
1.3.3	Energía eléctrica	275.060	4.097.317	4.372.377
1.3.4	Combustible	1.620	330.814	332.434
1.3.5	Agua	5.472	418.271	423.743
1.3.6	Impuesto	628.622		628.622
1.3.7	Mantenimiento	2.607.620		2.607.620
1.3.8	Imprevistos y varios	3.280		3.280
	<b>TOTAL</b>	<b>31.505.719</b>	<b>37.645.211</b>	<b>69.150.930</b>
<b>2</b>	<b>COSTOS ADMINISTRATIVO Y COMERCIALIZACIÓN</b>			
2.1	Personal	5.792.319		5.792.319
2.3	Gastos de comercialización	1.158.464		1.158.464
2.4	Comunicaciones	54.000		54.000
2.5	Seguros	310.069		310.069
	<b>TOTAL</b>	<b>7.314.853</b>	<b>-</b>	<b>7.314.853</b>
<b>3</b>	<b>COSTOS FINANCIEROS</b>			
3.1	Gastos bancarios	1.868.760		1.868.760
3.2	Interés por inversión	-		-
	<b>TOTAL</b>	<b>1.868.760</b>	<b>-</b>	<b>1.868.760</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>40.689.331</b>	<b>37.645.211</b>	<b>78.334.542</b>

AÑO 8 - COSTO ANUAL				
Ítem	Concepto	Costo Fijo	Costo Variable	Costo total

		\$	\$	\$
1	<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			
1.1	Materias primas e Insumos		31.833.505	31.833.505
1.2	Mano de obra directa		3.047.869	3.047.869
1.3	Gastos de fabricación			
1.3.1	Mano de obra indirecta	4.490.783		4.490.783
1.3.2	Amortizaciones	23.493.262		23.493.262
1.3.3	Energía eléctrica	275.060	4.097.317	4.372.377
1.3.4	Combustible	1.620	353.971	355.591
1.3.5	Agua	5.472	447.550	453.022
1.3.6	Impuesto	628.622		628.622
1.3.7	Mantenimiento	2.607.620		2.607.620
1.3.8	Imprevistos y varios	3.488		3.488
	<b>TOTAL</b>	<b>31.505.927</b>	<b>39.780.213</b>	<b>71.286.140</b>
2	<b>COSTOS ADMINISTRATIVO Y COMERCIALIZACIÓN</b>			
2.1	Personal	5.792.319		5.792.319
2.3	Gastos de comercialización	1.158.464		1.158.464
2.4	Comunicaciones	54.000		54.000
2.5	Seguros	310.069		310.069
	<b>TOTAL</b>	<b>7.314.853</b>	<b>-</b>	<b>7.314.853</b>
3	<b>COSTOS FINANCIEROS</b>			
3.1	Gastos bancarios	1.868.760		1.868.760
3.2	Interés por inversión	-		-
	<b>TOTAL</b>	<b>1.868.760</b>	<b>-</b>	<b>1.868.760</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>40.689.540</b>	<b>39.780.213</b>	<b>80.469.752</b>

AÑO 9 - COSTO ANUAL				
Ítem	Concepto	Costo Fijo	Costo Variable	Costo total
		\$	\$	\$
1	<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			
1.1	Materias primas e Insumos		34.061.851	34.061.851
1.2	Mano de obra directa		3.047.869	3.047.869
1.3	Gastos de fabricación			
1.3.1	Mano de obra indirecta	4.490.783		4.490.783
1.3.2	Amortizaciones	23.493.262		23.493.262
1.3.3	Energía eléctrica	275.060	4.097.317	4.372.377
1.3.4	Combustible	1.620	378.749	380.369
1.3.5	Agua	5.472	478.879	484.351
1.3.6	Impuesto	628.622		628.622
1.3.7	Mantenimiento	2.607.620		2.607.620

1.3.8	Imprevistos y varios	3.711		3.711
	<b>TOTAL</b>	<b>31.506.150</b>	<b>42.064.665</b>	<b>73.570.814</b>
2	<b>COSTOS ADMINISTRATIVO Y COMERCIALIZACIÓN</b>			
2.1	Personal	5.792.319		5.792.319
2.3	Gastos de comercialización	1.158.464		1.158.464
2.4	Comunicaciones	54.000		54.000
2.5	Seguros	310.069		310.069
	<b>TOTAL</b>	<b>7.314.853</b>	<b>-</b>	<b>7.314.853</b>
3	<b>COSTOS FINANCIEROS</b>			
3.1	Gastos bancarios	1.868.760		1.868.760
3.2	Interés por inversión	-		-
	<b>TOTAL</b>	<b>1.868.760</b>	<b>-</b>	<b>1.868.760</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>40.689.763</b>	<b>42.064.665</b>	<b>82.754.427</b>
<b>AÑO 10 - COSTO ANUAL</b>				
Ítem	Concepto	Costo Fijo	Costo Variable	Costo total
		\$	\$	\$
1	<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			
1.1	Materias primas e Insumos		36.446.180	36.446.180
1.2	Mano de obra directa		3.047.869	3.047.869
1.3	Gastos de fabricación			
1.3.1	Mano de obra indirecta	4.490.783		4.490.783
1.3.2	Amortizaciones	23.493.262		23.493.262
1.3.3	Energía eléctrica	275.060	4.097.317	4.372.377
1.3.4	Combustible	1.620	405.261	406.881
1.3.5	Agua	5.472	512.400	517.872
1.3.6	Impuesto	628.622		628.622
1.3.7	Mantenimiento	2.607.620		2.607.620
1.3.8	Imprevistos y varios	3.949		3.949
	<b>TOTAL</b>	<b>31.506.388</b>	<b>44.509.028</b>	<b>76.015.416</b>
2	<b>COSTOS ADMINISTRATIVO Y COMERCIALIZACIÓN</b>			
2.1	Personal	5.792.319		5.792.319
2.3	Gastos de comercialización	1.158.464		1.158.464
2.4	Comunicaciones	54.000		54.000
2.5	Seguros	310.069		310.069
	<b>TOTAL</b>	<b>7.314.853</b>	<b>-</b>	<b>7.314.853</b>
3	<b>COSTOS FINANCIEROS</b>			
3.1	Gastos bancarios	1.868.760		1.868.760
3.2	Interés por inversión	-		-
	<b>TOTAL</b>	<b>1.868.760</b>	<b>-</b>	<b>1.868.760</b>

TOTAL	40.690.001	44.509.028	85.199.029
-------	------------	------------	------------

### 6.3. - Puesta en marcha

Se calculan los gastos extras para que el proceso entre en régimen. El tiempo de puesta en marcha para el proceso es de 3 meses. Cálculo de costos:

#### 6.3.1. Materia prima

Por las características del proceso, no se considera exceso de materia prima.

#### 6.3.2. Mano de obra directa

Se incorpora la totalidad de la mano de obra desde el mes N°1.

#### 6.3.3. Combustible

El costo del combustible depende del nivel de producción, sin embargo, se considera un 10% para la entrada en régimen de la caldera.

#### 6.3.4. Energía eléctrica

Todos los equipos eléctricos tienen el mismo consumo, sin importar el nivel de producción.

CONCEPTO		MES			
		1	2	3	4
Nivel de producción	%	40%	60%	80%	100%
Unidades producidas	Tn	429	644	858	1.073
Consumo de materias primas	Tn	19.814	29.722	39.629	49.536
Gasto en materias primas	\$	5.944.320	8.916.480	11.888.640	14.860.800
Ocupación de MO directa	%	100	100	100	100
Gasto en MO directa	\$	253.989	253.989	253.989	253.989
Consumo de combustible	Tn	153.792	230.688	307.584	384.480
Gasto en combustible	\$	7.690	11.534	15.379	19.224
Consumo de energía eléctrica	%	100	100	100	100
Gasto en energía eléctrica	\$	380.246	380.246	380.246	380.246
Total de gastos	\$	6.586.245	9.562.249	12.538.254	15.514.259
Gasto por unidad	\$	15.345	14.853	14.607	14.459
Exceso de gasto por unidad	\$	887	394	148	0
Exceso de gasto	\$	380.541	253.694	126.847	0

# 7. INVERSIONES



## **7. INVERSIONES**

### **7.1. - Cálculo de inversiones**

#### **7.1.1. Inversiones en activos fijos**

Se consideran activos fijos a todos los bienes empleados en el proceso. Los precios de los mismos se obtuvieron de catálogos y revistas especializadas, los costos de instalación, ingeniería y supervisión, etc. Fueron estimados de acuerdo a los parámetros indicados en el libro "Chemical Engineering Design" de Coulson-Richardson.

##### **7.1.1.1. Terreno y mejoras**

El terreno se encuentra ubicado en el ingreso de la zona industrial de Zárate, Buenos Aires. El precio del mismo ronda los \$1380 por metro cuadrado dando un total de \$25.547.107 sin IVA. Los costos de las mejoras de terreno se consideran el 10% del valor del lote.

##### **7.1.1.2. Edificio y obras civiles**

Se considera \$43.020 el costo por metro cuadrado de construcción para la zona de oficinas y \$24.360 por metro cuadrado de zona productiva, según lo especificado por el Colegio de Arquitectos. La inversión en construcción da un total de \$100.1770.245 sin IVA.

##### **7.1.1.3. Maquinaria**

Las inversiones en maquinaria se consideran teniendo en cuenta lo presupuestado por los fabricantes, se considera el costo de instalación como el 20% del valor del equipo.

##### **7.1.1.4. Muebles y útiles**

Representa el valor de todo el mobiliario necesario para el desarrollo de las actividades dentro de la fábrica.

##### **7.1.1.5. Equipos e instalaciones auxiliares**

Son las inversiones realizadas en la compra de los equipos auxiliares (caldera, torre de enfriamiento, tanques de reactivos y productos, etc.), además del costo que representa la disposición de las instalaciones auxiliares (gas, agua de red y de incendios, etc.).

##### **7.1.1.6. Instalaciones eléctricas**

Representan el costo de la mano de obra y de la instalación eléctrica. Se considera un 5% del activo fijo.

**7.1.1.7. Instrumentación y control**

Se considera un 10% del costo de los equipos, y abarca las inversiones necesarias para la compra de instrumental e instalaciones de control automático.

**7.1.1.8. Cañerías e instalación**

Dentro del costo de las mismas ya se encuentran considerados los accesorios y la instalación de la red, tanto de proceso como servicio.

**7.1.1.9. Ingeniería y supervisión**

Incluye los gastos para el diseño, construcción, ingeniería, preparación de planos, compras, etc. Se lo estima como el 10% del total de los costos directos (los mencionados anteriormente).

**7.1.1.10. Honorarios de contratista**

Se consideran un 2,5% de los costos.

**7.1.1.11. Eventuales**

Incluye posibles variaciones en precios y demás imprevistos, se consideran un 2% de los costos.

**7.1.2. Inversiones en activos de trabajo**

**7.1.2.1. Stock de materias primas**

El stock corresponde a lo necesario para la producción de 10 días.

**7.1.2.2. Stock de producto**

El stock de productos que se mantiene corresponde a 6 días.

**7.1.2.3. Herramientas e instrumental**

Corresponde al valor de equipos de laboratorio, herramientas de mantenimiento e indumentario de seguridad.

**7.1.2.4. Disponibilidades en bancos**

Es la reserva de dinero que debe disponerse para funcionar, se considera el valor correspondiente a 2 meses de sueldos y gastos en electricidad, agua y combustible.

Costo anual	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Stock de materias primas	810.000	810.000	810.000	810.000	810.000	810.000
Stock de productos	0	4.176.000	4.176.000	4.176.000	4.176.000	4.176.000
Herramientas e instrumental	184.711	184.711	184.711	184.711	184.711	184.711
Disponibilidad en caja y banco	0	2.539.780	2.539.780	2.539.780	2.539.780	2.539.780
TOTAL	994.711	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490
Total Incremento en activo de trabajo	994.711	6.715.780	0	0	0	0

Costo anual	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	\$	\$	\$	\$	\$
Stock de materias primas	810.000	810.000	810.000	810.000	810.000
Stock de productos	4.176.000	4.176.000	4.176.000	4.176.000	4.176.000
Herramientas e instrumental	184.711	184.711	184.711	184.711	184.711
Disponibilidad en caja y banco	2.539.780	2.539.780	2.539.780	2.539.780	2.539.780
TOTAL	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490	7.710.490
Total Incremento en activo de trabajo	0	0	0	0	0

### 7.1.3. Inversiones en cargos diferidos

Son todos los gastos realizados desde la realización del proyecto, hasta el comienzo de la operación.

#### 7.1.3.1. Investigaciones y estudios.

Su valor se estima igual al 5% del total del activo fijo.

#### 7.1.3.2. Organización de la empresa.

Su valor se estima igual al 0,25% del total del activo fijo.

**7.1.3.3. Gastos de administración e ingeniería durante la instalación.**

Su valor se estima igual al 2% del total del activo fijo.

**7.1.3.4. Intereses preoperativos**

Es el valor de la cuota a pagar en el correspondiente año por el crédito otorgado por el Banco, y es igual a \$51.439.821.

**7.1.3.5. Gastos de puestas en marcha.**

El costo de la puesta en marcha es \$761.082.

**7.2. - Planilla de inversiones**

Ítem	Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
		\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
<b>1</b>	<b>Activo Fijo</b>											
	Terrenos y mejoras	26.185.785	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Edificios y obras civiles	100.177.245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Maquinaria	149.938.124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Muebles y útiles	361.587	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Equipos e Instalaciones auxiliares	80.194.838	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Instalaciones eléctricas	3.276.465	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Instrumentación y control	13.038.098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cañerías e instalación	66.829.032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ingeniería y supervisión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Honorario de contratista	10.345.385	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eventuales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Subtotal activo fijo</b>	<b>450.346.558</b>	<b>0</b>									

2	Asimilables o cargos diferidos											
	Investigaciones y estudios	1.638.233	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Organización de empresas	819.116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gastos de admin. y de ing. año 0	6.552.931	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Intereses preoperativos	41.702.998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gastos de puesta en marcha	0	761.082	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Subtotal de cargos diferidos</b>	<b>50.713.277</b>	<b>761.082</b>	<b>0</b>								
3	IVA sobre 1 y 2	105.222.565	159.827	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Inversiones en activo de trabajo											
	Total Inversiones en activo de trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Inversiones totales presupuestadas</b>	<b>501.059.835</b>	<b>761.082</b>	<b>0</b>								

### 7.3. - Planilla de amortizaciones

Rubro	Inversión inicial	Período de Amortización	Años					
			1	2	3	4	5	6
			\$	\$	\$	\$	\$	\$
Producción								
Terreno	25.547.107	0	0	0	0	0	0	0
Edificio	87.545.008	30	2.918.167	2.918.167	2.918.167	2.918.167	2.918.167	2.918.167
Equipos	197.210.009	10	19.721.001	19.721.001	19.721.001	19.721.001	19.721.001	19.721.001
Instalaciones	4.165.868	10	416.587	416.587	416.587	416.587	416.587	416.587
M y U producción	184.711	5	36.942	36.942	36.942	36.942	36.942	
<b>TOTAL PRODUCCIÓN</b>			<b>23.092.697</b>	<b>23.092.697</b>	<b>23.092.697</b>	<b>23.092.697</b>	<b>23.092.697</b>	<b>23.055.755</b>
Administración								
Edificio	12.632.236	30	421.075	421.075	421.075	421.075	421.075	421.075
Instalaciones	164.331	10	16.433	16.433	16.433	16.433	16.433	16.433
M y Útiles	197.256	3	65.752	65.752	65.752			
Cargos Diferidos	51.474.359	3	17.158.120	17.158.120	17.158.120			
<b>TOTAL ADMINISTRACIÓN</b>	<b>64.468.182</b>		<b>17.661.379</b>	<b>17.661.379</b>	<b>17.661.379</b>	<b>437.508</b>	<b>437.508</b>	<b>437.508</b>
<b>TOTAL</b>	<b>64.468.182</b>		<b>40.754.076</b>	<b>40.754.076</b>	<b>40.754.076</b>	<b>23.530.204</b>	<b>23.530.204</b>	<b>23.493.262</b>
<b>TOTAL MENSUAL</b>	<b>5.372.349</b>		<b>3.396.173</b>	<b>3.396.173</b>	<b>3.396.173</b>	<b>1.960.850</b>	<b>1.960.850</b>	<b>1.957.772</b>

Rubro	Años						Total amortizado	Valor residual
	Inversión inicial	Período de Amortización	7	8	9	10		
	\$	Años	\$	\$	\$	\$		
<b>Producción</b>								
Terreno	25.547.107	0	0	0	0	0		25.547.107
Edificio	87.545.008	30	2.918.167	2.918.167	2.918.167	2.918.167	29.181.669	58.363.339
Equipos	197.210.009	10	19.721.001	19.721.001	19.721.001	19.721.001	197.210.009	-
Instalaciones	4.165.868	10	416.587	416.587	416.587	416.587	4.165.868	-
M y U producción	184.711	5					369.421	
<b>TOTAL PRODUCCIÓN</b>			23.055.755	23.055.755	23.055.755	23.055.755		
<b>Administración</b>								
Edificio	12.632.236	30	421.075	421.075	421.075	421.075	4.210.745	8.421.491
Instalaciones	164.331	10	16.433	16.433	16.433	16.433	164.331	-
M y Útiles	197.256	3					197.256	-
Cargos Diferidos	51.474.359	3					51.474.359	
<b>TOTAL ADMINISTRACIÓN</b>	64.468.182		437.508	437.508	437.508	437.508		
<b>TOTAL</b>	64.468.182		23.493.262	23.493.262	23.493.262	23.493.262		92.331.937
<b>TOTAL MENSUAL</b>	5.372.349		1.957.772	1.957.772	1.957.772	1.957.772		

#### 7.4. - Cronograma de inversiones

RUBROS	Meses											
	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
Programación de obra												
Construcción de edificio												
Adquisición de equipos												
Montaje de Equipos												
Pruebas y puesta en marcha												

## 8. FINANCIAMIENTO



## 8. FINANCIAMIENTO

### 8.1. - Fuentes de financiamiento

#### 8.1.1. Fuentes propias

Las inversiones correspondientes a terrenos, edificios y mejoras, maquinarias y destinos asimilables son financiadas con el capital propio de los socios.

#### 8.1.2. Fuentes externas

Las inversiones correspondientes a las compras de activos de trabajo e instalaciones son financiadas con un crédito "Para fines específicos", otorgado por el Banco Nación. El crédito es a 60 meses con una tasa de interés del 20% y un periodo de gracia de 12 meses, el cálculo de los intereses se realiza mediante el sistema alemán.

### 8.2. - Planilla de fuentes de financiamiento

	Rubro	Propio	Externo		Total
			Bancario	T. Interés	
			\$	\$	
1	Activo Fijo				
	Terrenos y mejoras	26.185.785			26.185.785
	Edificios y obras civiles	100.177.245			100.177.245
	Maquinaria	149.938.124			
	Muebles y útiles		361.587	20%	361.587
	Equipos e Instalaciones auxiliares		80.194.838	20%	80.194.838
	Instalaciones eléctricas		3.276.465	20%	3.276.465
	Instrumentación y control		13.038.098	20%	13.038.098
	Cañerías e instalación		66.829.032	20%	66.829.032
	Otros		62.229.223	20%	62.229.223
	<b>Subtotal Activo Fijo</b>	<b>276.301.154</b>	<b>225.929.242</b>		<b>502.230.396</b>
2	Destinos asimilables				
	Investigación y estudios	1.638.233			1.638.233
	Organización	819.116			819.116
	Intereses preoperativos	41.702.998			41.702.998
	Gastos de admin. y de ing. año 0	6.552.931			6.552.931
	Gastos de puesta en marcha	761.082			761.082
	<b>Subtotal Destinos Asimilables</b>	<b>51.474.359</b>			<b>51.474.359</b>
3	IVA sobre inversiones	116.118.171			116.118.171

4	Subtotal	327.775.513	225.929.242		553.704.755
5	Inversiones en A. de trabajo	6.639.733	1.070.758	20%	7.710.490
6	Total de inversiones	334.415.245	227.000.000		561.415.245

## 9. RESULTADOS



## 9. RESULTADOS

### 9.1. - Determinación del punto de equilibrio para cada año de duración del proyecto

El punto de equilibrio corresponde al nivel de producción a partir del cual la rentabilidad es positiva. Es decir que si se opera debajo de ese nivel se estaría incurriendo en pérdidas. Se considera razonable que el punto de equilibrio se ubique debajo del 60%. A continuación, se del punto de equilibrio a lo largo de los años:

Año	CV	CF	CT	Ventas \$	Producción anual	PE
	\$	\$	\$	\$	Tn.	%
1	27.468.641	94.873.682	122.342.322	124.584.000	1.073	98
2	28.891.282	85.316.884	114.208.166	137.773.200	1.148	78
3	30.413.509	74.891.283	105.304.792	147.417.324	1.228	64
4	32.042.292	47.097.018	79.139.310	157.736.537	1.314	37
5	33.785.089	40.725.897	74.510.986	168.778.094	1.406	30
6	35.649.882	40.689.137	76.339.019	180.592.561	1.505	28
7	37.645.211	40.689.331	78.334.542	193.234.040	1.610	26
8	39.780.213	40.689.540	80.469.752	206.760.423	1.723	24
9	42.064.665	40.689.763	82.754.427	221.233.653	1.844	23
10	44.509.028	40.690.001	85.199.029	236.720.008	1.973	21

### 9.2. - Cuadro de fuentes y usos de fondos.

Los cuadros de fuentes y usos de fondos se usan para conocer los flujos estimados de dinero y evaluar los requerimientos que puedan surgir de dinero.

	Periodo					
	0	1	2	3	4	5
FUENTES	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Saldo ejercicio anterior			106.860.282	109.716.386	127.410.488	157.068.473
Aportes de capital propio	327.014.431	7.400.815	0	0	0	0
Créditos no renovables	226.923.953	76.047	0	0	0	0
Ventas	0	124.584.000	137.773.200	147.417.324	157.736.537	168.778.094
Reintegro IVA	0	116.277.999	0	0	0	0
<b>TOTAL DE FUENTES</b>	<b>553.938.384</b>	<b>248.338.860</b>	<b>244.633.482</b>	<b>257.133.710</b>	<b>285.147.024</b>	<b>325.846.568</b>
USOS						
Incremento activo fijo	552.943.673	761.082	0	0	0	0
Incremento activo de trabajo	994.711	6.715.780	0	0	0	0
Costo total de lo vendido	0	117.405.240	114.208.166	105.304.792	79.139.310	74.510.986
Impuesto a las ganancias	0	600.552	4.713.007	8.422.506	15.719.445	18.853.422
Cancelación de deudas	0	56.750.000	56.750.000	56.750.000	56.750.000	0
<b>TOTAL DE USOS</b>	<b>553.938.384</b>	<b>182.232.654</b>	<b>175.671.173</b>	<b>170.477.298</b>	<b>151.608.755</b>	<b>93.364.408</b>
<b>TOTAL DE FUENTES Y USOS</b>	<b>0</b>	<b>66.106.206</b>	<b>68.962.310</b>	<b>86.656.411</b>	<b>133.538.269</b>	<b>232.482.160</b>
Amortizaciones totales	0	40.754.076	40.754.076	40.754.076	23.530.204	23.530.204
SALDO AL EJERCICIO SIGUIENTE	0	106.860.282	109.716.386	127.410.488	157.068.473	256.012.364
SALDO PROPIO DEL EJERCICIO	0	106.860.282	2.856.103	17.694.102	29.657.986	98.943.891

	Periodo				
	6	7	8	9	10
FUENTES	\$	\$	\$	\$	\$
Saldo ejercicio anterior	256.012.364	362.908.460	478.321.320	602.847.119	737.123.762
Aportes de capital propio	0	0	0	0	0
Créditos no renovables	0	0	0	0	0
Ventas	180.592.561	193.234.040	206.760.423	221.233.653	236.720.008
Reintegro IVA	0	0	0	0	0
<b>TOTAL DE FUENTES</b>	<b>436.604.925</b>	<b>556.142.500</b>	<b>685.081.743</b>	<b>824.080.771</b>	<b>973.843.770</b>
USOS					
Incremento activo fijo	0	0	0	0	0
Incremento activo de trabajo	0	0	0	0	0
Costo total de lo vendido	76.339.019	78.334.542	80.469.752	82.754.427	85.199.029
Impuesto a las ganancias	20.850.708	22.979.900	25.258.134	27.695.845	30.304.196
Cancelación de deudas	0	0	0	0	0
<b>TOTAL DE USOS</b>	<b>97.189.727</b>	<b>101.314.442</b>	<b>105.727.886</b>	<b>110.450.272</b>	<b>115.503.225</b>
<b>TOTAL DE FUENTES Y USOS</b>	<b>339.415.198</b>	<b>454.828.058</b>	<b>579.353.857</b>	<b>713.630.499</b>	<b>858.340.545</b>
Amortizaciones totales	23.493.262	23.493.262	23.493.262	23.493.262	23.493.262
SALDO AL EJERCICIO SIGUIENTE	362.908.460	478.321.320	602.847.119	737.123.762	881.833.807
SALDO PROPIO DEL EJERCICIO	106.896.096	115.412.860	124.525.799	134.276.643	144.710.046

### 9.3. - Cuadros de resultados proyectados

Este cuadro permite determinar las utilidades de cada ejercicio. Tanto las ventas como los costos se deben indicar sin el IVA.

AÑOS	1	2	3	4	5
	\$	\$	\$	\$	\$
Ventas	124.584.000	137.773.200	147.417.324	157.736.537	168.778.094
Gasto de producción	76.234.180	77.656.961	79.179.336	63.584.406	65.327.373
Menos: Gastos de puesta en marcha	761.082	0	0	0	0
Costo de producción	75.473.099	77.656.961	79.179.336	63.584.406	65.327.373
Menos: Inc. Stock elaborado	4.176.000	0	0	0	0
Costo de producción de lo vendido	71.297.099	77.656.961	79.179.336	63.584.406	65.327.373
Gasto de administración y comercialización	7.314.853	7.314.853	7.314.853	7.314.853	7.314.853
Gasto financiero	38.793.289	29.236.352	18.810.603	8.240.051	1.868.760
Costo total de lo vendido	117.405.240	114.208.166	105.304.792	79.139.310	74.510.986
<b>Resultado</b>	<b>3.002.760</b>	<b>23.565.034</b>	<b>42.112.532</b>	<b>78.597.227</b>	<b>94.267.108</b>
Impuesto a la ganancia	600.552	4.713.007	8.422.506	15.719.445	18.853.422
<b>RESULTADO DESPUES DE IMPUESTO</b>	<b>2.402.208</b>	<b>18.852.027</b>	<b>33.690.026</b>	<b>62.877.781</b>	<b>75.413.687</b>

AÑOS	6	7	8	9	10
	\$	\$	\$	\$	\$
Ventas	180.592.561	193.234.040	206.760.423	221.233.653	236.720.008
Gasto de producción	67.155.406	69.150.930	71.286.140	73.570.814	76.015.416
Menos: Gastos de puesta en marcha	0	0	0	0	0
Costo de producción	67.155.406	69.150.930	71.286.140	73.570.814	76.015.416
Menos: Inc. Stock elaborado	0	0	0	0	0
Costo de producción de lo vendido	67.155.406	69.150.930	71.286.140	73.570.814	76.015.416
Gasto de administración y comercialización	7.314.853	7.314.853	7.314.853	7.314.853	7.314.853
Gasto financiero	1.868.760	1.868.760	1.868.760	1.868.760	1.868.760
Costo total de lo vendido	76.339.019	78.334.542	80.469.752	82.754.427	85.199.029
<b>Resultado</b>	<b>104.253.542</b>	<b>114.899.498</b>	<b>126.290.671</b>	<b>138.479.225</b>	<b>151.520.979</b>
Impuesto a la ganancia	20.850.708	22.979.900	25.258.134	27.695.845	30.304.196
<b>RESULTADO DESPUES DE IMPUESTO</b>	<b>83.402.833</b>	<b>91.919.598</b>	<b>101.032.536</b>	<b>110.783.380</b>	<b>121.216.783</b>

#### 9.4. - Cálculo de la tasa interna de rentabilidad del proyecto

El análisis de rentabilidad sirve para conocer el rendimiento del dinero invertido. Para evaluar el destino se debe establecer una base común, que son:

- El cálculo del valor actual neto (VAN) a tasa 0: permite conocer el valor del beneficio neto del proyecto (en todo el período de análisis) considerando el costo del dinero igual a 0.

- La tasa interna de retorno (TIR) sobre capital total: mide la tasa de interés que debería pagarse sobre el capital invertido para obtener el resultado del proyecto.
- La tasa interna de retorno (TOR) sobre capital propio: que se considera el capital propio, y no se incluyen en la inversión los créditos tomados.
- El tiempo de retorno de la inversión: esta fecha se produce cuando el saldo acumulado pasa de negativo a positivo.

Ejercicio	Inversión en Activo Fijo (\$)	Inversión en Activo de Trabajo (\$)	Impuesto a la Ganancia (\$)	Total de Egresos (\$)	Utilidad antes Impuestos (\$)	Amortizaciones (\$)	Intereses Financieros (\$)	Total de Ingresos (\$)	Diferencia(\$)	Diferencia Actualizada (\$)
0	618.348.568	994.711	0	619.343.278			41.702.998	41.702.998	-577.640.281	-577.640.281
1	920.909	6.715.780	13.176.005	20.812.694	3.002.760	40.754.076	36.924.529	80.681.365	59.868.671	-517.771.610
2	0	0	16.807.767	16.807.767	23.565.034	40.754.076	27.367.592	91.686.702	74.878.936	-442.892.674
3	0	0	19.487.944	19.487.944	42.112.532	40.754.076	16.941.843	99.808.451	80.320.507	-362.572.167
4	0	0	28.039.611	28.039.611	78.597.227	23.530.204	6.371.291	108.498.722	80.459.111	-282.113.055
5	0	0	31.108.146	31.108.146	94.267.108	23.530.204	0	117.797.313	86.689.167	-195.423.888
6	0	0	34.403.669	34.403.669	104.253.542	23.493.262	0	127.746.804	93.343.135	-102.080.753
7	0	0	37.916.834	37.916.834	114.899.498	23.493.262	0	138.392.760	100.475.926	-1.604.827
8	0	0	41.675.921	41.675.921	126.290.671	23.493.262	0	149.783.933	108.108.012	106.503.184
9	0	0	45.698.144	45.698.144	138.479.225	23.493.262	0	161.972.488	116.274.343	222.777.527
10	-92.331.937	-7.710.490	50.001.923	-50.040.504	151.520.979	23.493.262	0	175.014.241	225.054.746	447.832.273
<b>TOTAL</b>									<b>447.832.273</b>	

- VAN: \$447.832.273
- Tasa de rentabilidad: 10,88%
- Fecha de retorno: 7,01 años

#### 9.5. - Cálculo de la tasa interna de retorno sobre el capital propio

Ejercicio	Unidad	Saldo a Tasa 0	Coficiente	Saldo Propio	Saldo Acumulado
0	\$	-577.640.281	1	-577.640.281	-577.640.281
1	\$	59.868.671	1	54.450.219	-523.190.062
2	\$	74.878.936	1	61.938.358	-461.251.703
3	\$	80.320.507	1	60.426.367	-400.825.337
4	\$	80.459.111	1	55.052.277	-345.773.060
5	\$	86.689.167	1	53.946.702	-291.826.358
6	\$	93.343.135	1	52.830.225	-238.996.133
7	\$	100.475.926	1	51.720.428	-187.275.705
8	\$	108.108.012	0	50.612.523	-136.663.182
9	\$	116.274.343	0	49.508.984	-87.154.198
10	\$	225.054.746	0	87.154.198	0

- VAN:\$577.233.787
- Tasa de rentabilidad: 17,26 %
- Fecha de retorno: 6,36 años

#### **9.6. - Determinación del efecto palanca**

La relación entre la rentabilidad según el capital propio y la rentabilidad según la inversión total permite determinar la conveniencia o no de realizar la inversión con crédito o solo con capital propio.

Esto se cuantifica mediante el índice de efecto palanca que resulta de la relación entre la rentabilidad según capital propio y la rentabilidad según inversión total.

- Efecto palanca: 1,449

Como  $E_p$  es mayor a 1, entonces es conveniente tomar créditos.

# 10. CONCLUSIONES



## **10. CONCLUSIONES**

### **10.1. - Factibilidad del Proyecto**

Luego de realizar el presente trabajo, podemos decir que la planta de producción de furfural a partir de bagazo agotado de malta es factible tanto desde el punto de vista económico, comercial, técnico, financiero como operacional.

Si bien el producto en cuestión se produce actualmente en Argentina, el mismo pertenece a un mercado con una demanda en crecimiento, sobre todo en el mercado internacional. Por otra parte, al utilizarse como materia prima del proceso a un desecho de otra industria de gran tamaño, no solo se genera un beneficio medioambiental al darle un uso a dicho residuo, sino que también su costo es considerablemente menor que el de una materia prima sin una amortización por producción previa.

En cuanto a los resultados, el análisis del punto de equilibrio nos indica que para el décimo año se alcanza una utilidad con el 21% de la producción. El retorno de la inversión se alcanza en el séptimo año y la inversión propia se recupera en 6,3 años. Finalmente, la tasa de rentabilidad obtenida y el valor del efecto palanca, nos indican que es conveniente tomar créditos para llevar a cabo el proyecto.

### **10.2. - Conclusiones Personales**

#### **Fernández Blazich, Aureliano**

Cumplir con el desafío de realizar el análisis técnico y económico para instalar una planta de furfural no fue una tarea sencilla. Sin embargo, resultó una experiencia sumamente interesante. Me permitió aplicar criterios y conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera. Enfrentarme a situaciones con las que no estaba familiarizado y saber cómo sortearlas me hizo dar cuenta de las herramientas técnicas y humanas que nos deja esta carrera.

En cuanto a la elección del tema, creo que resulta innovador transformar el bagazo de malta en un producto de alto valor agregado; ya que, en general, termina como alimento de ganado. En un marco donde la industria crece y genera más desperdicios, tomar esos residuos para transformarlos en un nuevo producto, siempre resulta un desafío.

No puedo dejar de mencionar la importancia del trabajo en equipo, que en nuestro caso fue muy bueno. Sólo tengo palabras de agradecimiento a mis

compañeros y amigos con los cuales llevamos a cabo este proyecto. Sin ellos, el crecimiento en este tiempo no hubiera sido tan grande.

Para finalizar, quiero agradecer a la universidad pública por darme la posibilidad de formarme como Ingeniero Químico, siempre lo voy a llevar con mucho orgullo dentro mío. También, al cuerpo docente, que nos supo acompañar y guiar durante toda la confección del proyecto.

### **Pastore, Victoria**

Realizar este proyecto me permitió relacionar los vastos conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y aplicarlos para el diseño de una planta industrial.

Su ejecución resultó ser un gran desafío, acompañado de crecimiento personal, ya que me enfrentó, durante el proceso, a tomar decisiones de manera responsable y criteriosa.

Logré así visualizar y ejecutar tareas que realizaré en el futuro como Ingeniera Química.

Destaco el desempeño constante de los docentes con su apoyo, sus respuestas y consejos que nos guiaron satisfactoriamente en el trayecto. Resultó gratificante poder compartir este trabajo con ellos.

Finalmente, agradezco a mis compañeros de Proyecto, con quienes aprendimos a organizarnos y logramos realizar un excelente trabajo en equipo.

### **Rodriguez Goren, Facundo**

Considero que tanto la realización como la culminación de este proyecto resultó un desafío para mí en muchos aspectos, personales y profesionales, así como también una experiencia muy gratificante. Puso a prueba muchas veces mi tenacidad y se convirtió en un constante recuerdo de cuál era mi meta y lo que quería lograr.

También significó mucho como materialización de los conocimientos incorporados durante las horas de clase, sacándolos de los libros para darle forma a algo concreto como resultó este proyecto.

Representó en múltiples ocasiones una lista de preguntas que nos planteábamos, siendo una muy recurrente: ¿Por dónde empezamos? Seguida por una mezcla entre debates y lluvias de ideas que nos daban el puntapié inicial para la concreción de cada parte del proyecto. Considero que nos hizo

adentrarnos en muchos temas que en clases eran tratados con superficialidad, no por falta de empeño, sino por la basta carga horaria destinada para vislumbrar todos los conocimientos que abarca la Ingeniería Química.

Por último pero no menos importante, resalto la capacidad de trabajo en equipo que forjó en mí y en cada uno de los integrantes de este proyecto todos los desafíos a los que nos enfrentamos en la realización del mismo. Considero una parte fundamental y sumamente enriquecedora a dicho aspecto, que no solo nos preparó un poco más para nuestro futuro profesional, sino también reforzó la relación de amistad que tenemos entre nosotros.

Como cierre me gustaría agregar que me encuentro muy conforme y satisfecho con la culminación de este proyecto y con cada paso que tomamos en la formación del mismo.



# BIBLIOGRAFÍA



## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Cámara de la Industria Química y Petroquímica Argentina.* (s.f.). Recuperado el 2019, de <http://www.ciqyp.org.ar/>
- Centro de Investigación Tecnológica. (1996). *Informacion Tecnologica.* 7(1).
- Coulson, J. M.-R. (1982). *Ingeniería Química.* REVERTÉ.
- DalinYebo.* (s.f.). Recuperado el Mayo de 2019, de <https://dalinyebo.com/furfural-market-on-the-move-double-digit-growth/>
- Ferrari, J. L. (2017). *Reutilización de bagazo de cebada cervecera por secado y pelletización como suplemento forrajero.* INTA.
- FLORBELA CARVALHEIRO, L. C. (2004). Optimization of Brewery's Spent Grain Dilute-Acid Hydrolysis for the Production of Pentose-Rich Culture Media. *113-116.*
- Grand View Research.* (s.f.). Recuperado el Mayo de 2019, de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/furfural-market>
- INPRA Latina.* (s.f.). Recuperado el Abril de 2019, de <https://www.inpralatina.com/201603286269/noticias/empresas/el-mercado-de-solvente-furfural-llegara-a-us-153-4-millones.html>
- McCabe, W. L.-S. (2001). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química.* Mexico DF: McGraw Hill.
- Ocón García, J. -T. (1982). *Problemas de Ingeniería Química.* Aguilar.
- QuimiNet.* (s.f.). Recuperado el Septiembre de 2019, de <https://www.quiminet.com/>
- Roberto, S. I. (2006). Chemical characterization and liberation of pentose sugars from brewer's spent grain. *81(264).*
- Zeisch, K. J. (2000). *The chemistry and technology of furfural and its many by-products.* ELSEVIER SCIENCE.