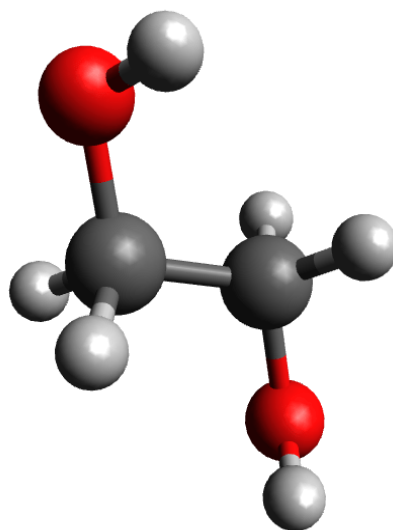


INFORME 2021

# PRODUCCIÓN DE MONO Y DIETILENGLICOL

Integración Química V



## Integrantes

Hernández Ayelén

Iturriaga Victor

Stocovaz Kevin

## Profesores

Bauer Gustavo

Musso Juan Carlos

Tamburini Mariano

## FINAL INTEGRACIÓN V

---

### ÍNDICE

---

<b>Página 05</b>	<b>Informe Integración Química IV</b>
Página 05	Presentación del producto
Página 05	Propiedades fisicoquímicas
Página 07	Características de nuestros productos
Página 08	Calidades del producto
Página 11	Descripción del proceso
Página 14	Materias primas
<b>Página 16</b>	<b>Prerrequisitos de factibilidad del proyecto</b>
<b>Página 20</b>	<b>Estudio del mercado</b>
Página 20	Oferta y demanda de los productos secundarios
Página 20	Oferta y demanda del producto principal
Página 21	Determinación del tamaño de la planta
Página 23	Gross Profit
<b>Página 24</b>	<b>Localización de la planta</b>
Página 24	Descripción
Página 24	Macrolocalización
Página 24	Método de las puntuaciones ponderadas
Página 25	Conclusión
Página 25	Parque Industrial Bahía Blanca - Servicios
Página 26	Parque Industrial Bahía Blanca – Ordenanzas municipales
Página 27	Parque Industrial Bahía Blanca – Parcelas libres
Página 28	Parque Industrial Bahía Blanca – Condiciones climatológicas

## FINAL INTEGRACIÓN V

<b>Página 39</b>	<b>Diagrama de bloques</b>
<b>Página 40</b>	<b>Balances de masa y energía</b>
<b>Página 43</b>	<b>Diseño de equipos</b>
<b>Página 109</b>	<b>Diseño completo del reactor de oxidación</b>
<b>Página 134</b>	<b>Diseño completo del reactor de purga</b>
<b>Página 138</b>	<b>Diseño completo de la torre de destilación</b>
<b>Página 164</b>	<b>Cañerías e instrumentación</b>
Página 164	Introducción al P&ID
Página 167	Detalle de la instrumentación
<b>Página 175</b>	<b>Layout</b>
Página 175	Introducción
Página 176	Método simplificado de Richard Muther
Página 179	Análisis del comportamiento del viento
Página 181	Resolución 1296/2008
Página 183	Dimensiones de equipos
Página 184	Layout de procesos
Página 184	Layout de planta
<b>Página 185</b>	<b>Diagrama isométrico</b>
Página 185	Introducción
Página 186	Desarrollo
Página 194	Memoria de cálculo
Página 195	Diagrama isométrico

## FINAL INTEGRACIÓN V

<b>Página 196</b>	<b>Instalaciones de servicios auxiliares</b>
<b>Página 201</b>	<b>Puesta en marcha</b>
<b>Página 208</b>	<b>Evaluación de impacto ambiental</b>
Página 208	Certificado de aptitud ambiental
Página 210	Cálculo del nivel de complejidad ambiental
Página 214	Impactos negativos
Página 216	Residuos y efluentes
<b>Página 220</b>	<b>Seguridad y salud ocupacional</b>
Página 220	Introducción
Página 220	Consideraciones previas a la edificación
Página 222	Prueba hidráulica
Página 222	Elementos de protección personal
Página 227	Pictogramas de seguridad
Página 228	Hoja de datos de seguridad
Página 229	Señales de seguridad
Página 229	Gestión de la seguridad
Página 230	Incendio
Página 233	Identificación de cañerías
<b>Página 236</b>	<b>Evaluación económica</b>
Página 236	Estructura organizacional
Página 236	Organigrama
Página 238	Descripción de las funciones por departamento
Página 245	Servicios terciarizados
Página 246	Esquema de turnos
Página 247	Capital inmovilizado
Página 250	Capital de trabajo





## FINAL INTEGRACIÓN V

Página 252 \_\_\_\_\_ Presupuesto de operación

Página 255 \_\_\_\_\_ Punto de equilibrio

Página 257 \_\_\_\_\_ Flujo libre de caja

Página 259 \_\_\_\_\_ Análisis de rentabilidad

**Página 262 \_\_\_\_\_ Bibliografía**

**Página 263 \_\_\_\_\_ Anexos**

Página 263 \_\_\_\_\_ Anexo I: fichas de seguridad

Página 308 \_\_\_\_\_ Anexo II: diagrama de flujo

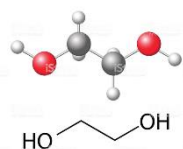
Página 309 \_\_\_\_\_ Anexo III: Diagrama P&ID

Página 310 \_\_\_\_\_ Anexo IV: Diagrama isométrico

### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

#### Presentación del producto

El etilenglicol, 1,2-etanodiol, HOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH, generalmente se lo llama glicol, y es el diol más simple. Fue preparado por primera vez por Wurtz en 1859; mediante el tratamiento de 1,2-dibromoetano con acetato de plata dando di-acetato de etilenglicol, que a continuación se hidroliza al etilenglicol.



El etilenglicol se utilizó por primera industrialmente en lugar de glicerol durante la Primera Guerra Mundial como un intermedio para explosivos (di-nitrato de etilenglicol), pero desde entonces se ha convertido en un importante producto industrial.

La capacidad mundial para la producción de etilenglicol a través de la hidrólisis de óxido de etileno se estima en alrededor de  $7 \cdot 10^6$  toneladas al año.

El etilenglicol se utiliza principalmente como un anticongelante en radiadores de automóviles y como materia prima para la fabricación de PET y fibras de poliéster.

#### Propiedades fisicoquímicas

El etilenglicol es un líquido transparente, incoloro, inodoro, de sabor dulce. Es higroscópico y completamente miscible con muchos disolventes polares, tales como el agua, alcoholes, éteres de glicol, y acetona. Sin embargo, su solubilidad es baja en solventes no polares, tales como el benceno, tolueno, dicloroetano, y cloroformo.

El etilenglicol es difícil de cristalizar; cuando se enfría, se forma una masa altamente viscosa subenfriada, que finalmente solidifica para producir una sustancia semejante al vidrio.

Propiedades físicas	
Punto de ebullición a 101,3 kPa	197,60 °C
Punto de fusión	-13,00 °C
Densidad a 20 °C	1,1135 g / cm <sup>3</sup>
Índice de refracción, n <sub>D20</sub>	1,4318
Calor de vaporización a 101,3 kPa	52,24 kJ / mol
Calor de combustión	19,07 MJ / kg
Temperatura crítica	372°C
Volumen crítico	6515,73 kPa
Presión crítica	0.186L / mol
Punto de inflamabilidad	111°C
Temperatura de ignición	410°C
Límite explosivo inferior	3,20 vol%
Límite explosivo superior	53vol%
Viscosidad a 20 °C	19.83 mPa · s
Coefficiente de dilatación cúbica a	$0,62 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$



### Mezclas Etilenglicol - agua

Las presiones de vapor de mezclas de etilenglicol - agua han sido obtenidas a partir de interpolación y se enumeran en la Tabla 1. Los puntos de congelación de dichas mezclas se muestran en la Tabla 2.

Tabla 1. Presión de vapor de mezclas etilenglicol - agua en kPa			
% m/m de agua	65,1 °C	77,7 °C	90,3 °C
0.0	0.3	0.52	1.2
10.0	6.61	11.65	19.73
20.0	11.3	19.68	33.01
30.0	14.7	25.45	42.49
40.0	17.1	29.68	49.37
50.0	18.81	32.92	54.6
60.0	20.16	35.58	58.87
70.0	21.45	37.92	62.6
80.0	22.98	40.05	65.98
90.0	25.08	41.91	68.93
100	28.04	43.34	71.1

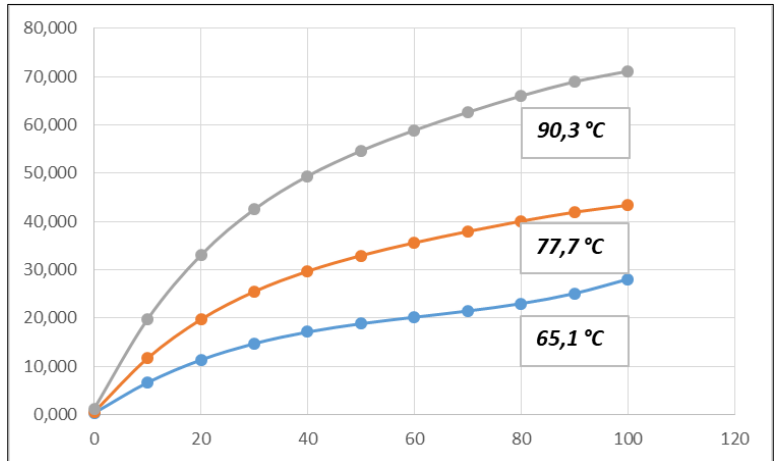


Tabla 2. Puntos de congelación para mezclas etilenglicol - agua.										
% etilenglicol por volumen	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Puntos de congelación °C	-1,1	-2,2	-3,9	-6,7	-8,9	-12,8	-16,1	-20,6	-26,7	-33,3

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Características de nuestros productos

- Monoetilenglicol

Se lo puede denominar comercialmente como etilenglicol o se abrevia como MEG.

Es un líquido transparente, incoloro, prácticamente inodoro, poco volátil e higroscópico, totalmente soluble en agua y en una gran cantidad de solventes orgánicos.

Su consumo se remite a la producción de fibra PET y poliéster. Debido a su baja volatilidad y baja temperatura de congelación, lo hacen excepcionalmente útil en la formulación de líquidos refrigerantes y anticongelantes.

- Dietilenglicol

Se abrevia como DEG.

Es un líquido transparente, incoloro y prácticamente inodoro, con propiedades similares al MEG. Sin embargo, su alto grado de higroscopia y sus diferencias marcadas con el MEG hacen que el DEG sea preferido en un gran número de aplicaciones.

Entre sus aplicaciones más comunes podemos mencionar: producción de resina de poliéster, producción de líquido de frenos, secado de gas natural, etc.

- Glicoles de orden superior

Debido a su baja selectividad en el proceso no se consideran como producto, sino como impurezas en el MEG y el DEG obtenidos.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Análisis del producto

a. No hay producción en el país.

AÑO	PRODUCCION (t)	IMPORTACION (t)	EXPORTACION (t)	CONSUMO APARENTE (t)
2006	—	77.004	34	76.970
2007	—	71.436	65	71.371
2008	—	75.997	78	75.919
2009	—	71.329	23	71.306
2010	—	88.324	3.198	85.126
2011	—	88.329	198	88.131
2012	—	86.110	63	86.047
2013	—	89.655	44	89.611
2014	—	86.291	1	86.290
2015	—	85.480	151	85.329

PRODUCTOR	LOCALIZACION	CAPACIDAD INSTALADA (t/a al 31/12/15)	PROCESO
No hay			

b. Se utiliza para la producción de un polímero que está en pleno crecimiento (PET).

**Cuadro N° 4:**  
Comparación año 2010 y 2025 para consumo aparente, capacidad instalada, saldo de balanza comercial y mano de obra necesaria del sector

Producto	2010						2025										
	Consumo aparente (kt)	Capacidad instalada (kt)	Producción (kt)	Importación (kt)	Exportación (kt)	SBC (MMUSD)	Consumo aparente (kt)	Capacidad instalada (kt)	Incremento Capacidad (kt)	Producción (kt)	Importación (kt)	Exportación (kt)	SBC (MMUSD)	Tamaño de Planta Necesario (kt/año)	Inversión Necesaria (MMUSD)	Precio (USD/t) Impo (CIF)	Precio (USD/t) Expo (FOB)
LLDPE	245	300	257	97	109	21	600	600	300	600	0	100	178	400	350	1.788	1.780
LDPE	168	90	87	93	12	-156	400	400	310	400	0	50	85	350	500	1.930	1.707
HDPE	256	270	230	121	95	-45	500	500	230	500	0	50	74	400	200	1.712	1.485
PVC y Cop	137	230	172	67	102	46	348	230	0	230	118	0	-156	500	600	1.321	1.322
PP	309	306	261	105	57	-99	780	780	474	780	0	240	466	450	550	2.056	1.940
PET	257	253	201	91	35	-98	1.153	1.153	900	1.153	0	384	748	900	400	1.749	1.949
PS	93	84	78	27	13	-32	183	84	0	84	99	0	-216	150	300	2.170	1.775
UREA/Fert	1.268	1.312	950	441	123	-145	2.312	2.312	1.000	2.312	0	141	61	1.000	1.100	455	434
Etileno	684	752	640	44	0	-68	1.650	1.650	898	1.650	0	150	104	1.500	3.500	1.552	691
Propileno	310	306	306	3	0	-3	783	783	477	783	0	0	0	500	700	790	630
Estireno	112	160	146	4	38	44	160	160	0	160	0	40	61	200	466	1.280	1.520
PTA	170	0	0	170	0	-217	1.000	1.000	1.000	1.000	0	0	0	1.000	1.000	1.276	1.150
PX	0	0	0	0	0	0	1.000	1.000	1.000	1.000	0	318	458	1.000	1.000	1.340	1.440
EG	85	0	0	88	3	-100	350	350	350	350	0	60	59	350	900	1.171	980
Amoniaco	587	885	598	1	12	8	1.585	700	1.585	1.585	0	301	151	700	900	724	503
Aminas	7	0	0	7	0	-12	350	350	350	350	0	50	78	350	700	1.670	1.553
Metanol	363	450	408	35	80	21	698	450	0	450	248	0	-117	1.000	700	471	284
OE	0	0	0	0	0	0	600	600	600	600	0	178	356	600	1.200	2.000	2.000
OP	24	0	0	24	0	-49	81	0	0	0	81	0	-167	200	400	2.061	1.754
<b>Total</b>	<b>5.075</b>	<b>5.398</b>	<b>4.335</b>	<b>1.418</b>	<b>679</b>	<b>-882</b>	<b>14.533</b>	<b>13.987</b>	<b>8.589</b>	<b>13.987</b>	<b>546</b>	<b>2.062</b>	<b>2.225</b>		<b>15.466</b>		



- c. El producto de nuestros consumidores (PET) se puede reciclar mediante varios métodos.



- d. Posee Gross Profit positivo (ganancia neta positiva).

## FINAL INTEGRACIÓN V

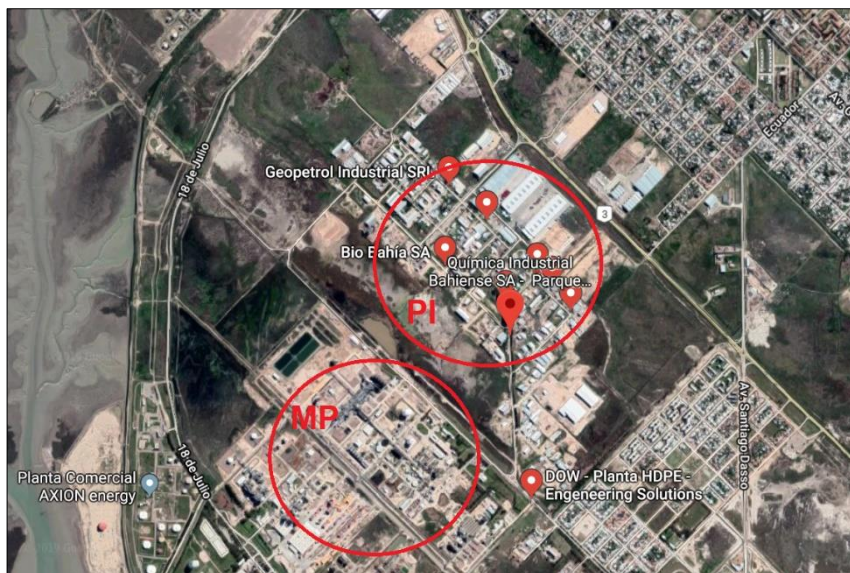
e. Materias primas fabricadas en el país: ETILENO.

Anexo I: Áreas Petroquímicas y Complejos Productivos Relevados

Empresa	Ubicación	Producción	Capacidad Instalada (kt)	Materia Prima
Bunge Argentina SA	Campana (BA)	Amoniaco	135	Gas Natural
Profertil SA	Bahía Blanca (BA)	Amoniaco	750	Gas Natural
Solvay Indupa SAIC	Bahía Blanca (BA)	Cloruro de Vinilo	231	Etileno y Cloro
Petrobras Arg. SA	Pto Gral. San Martin (SF)	Estireno	160	Etilbenceno
PBB Polisor SA	Bahía Blanca (BA)	Etileno	700	Etano
Petrobras Arg. SA	San Lorenzo Pto Gral. San Martín (SF)	Etileno	52	Nafta / Propano
Alto Paraná SA	Pto Gral. San Martin (SF)	Metanol	50	Gas Natural
YPF SA	Plaza Huincol (NQ)	Metanol	400	Gas Natural



f. Localización en las proximidades de la MP





## FINAL INTEGRACIÓN V

### Descripción del proceso

El proceso está separado en las siguientes zonas:

#### Zona 000: Corrientes que ingresan al proceso

El proceso es alimentado con una corriente de metano, que ingresa al mismo en condiciones de gasoducto comercial y se lo descomprime hasta la presión del proceso.

El oxígeno se lo almacena en condiciones criogénicas y de baja presión. Una corriente de oxígeno puro se calienta y comprime para llevarlos a las condiciones de proceso.

Por otro lado, ingresa etileno suministrado por una planta vecina y se lo descomprime a la presión del proceso.

#### Zona 100: Mezcla de corrientes de materias primas

En primer lugar, se unen la corriente de gas metano con una corriente gaseosa de reciclo, proveniente de una torre de absorción en la cual fue absorbido el OE producido en el reactor primario.

A continuación, la corriente resultante se mezcla con una corriente de oxígeno puro en condiciones de proceso.

La corriente resultante se combina con la alimentación de etileno fresca a condiciones de proceso.

La alimentación fresca ingresa en *relación estequiométrica* (oxígeno / etileno), esto se debe a que la reacción competitiva de la oxidación es la combustión completa y se favorece con una mayor proporción de oxígeno. El metano cumple el papel de inerte para evitar las concentraciones que darían como resultado una atmósfera explosiva. Se agrega un gas inflamable de manera tal que la concentración de gases inflamables en la mezcla supere el límite de inflamabilidad superior. Dicho en otras palabras, se diluye la concentración de oxígeno en la mezcla para quitarla del rango explosivo.

La mezcla a reaccionar es llevada desde su temperatura inicial hasta los **260°C** (temperatura de reacción).

#### Zona 200: Oxidación

Esta etapa implica la *oxidación catalítica (con un catalizador basado en plata)* del etileno con oxígeno para la formación del óxido de etileno. Existen dos alternativas para la fabricación mediante oxidación directa: una emplea directamente oxígeno de alta pureza obtenido de una planta de separación criogénica de aire y la otra que emplea aire como materia prima. Optamos en este caso por trabajar con oxígeno puro para evitar el nitrógeno en el proceso.

El reactor trabaja en un régimen **isotérmico** permitiendo que la temperatura se mantenga en los **260 °C** para desfavorecer la combustión completa que es fuertemente exotérmica, Es decir, disminuye la selectividad del catalizador hacia la segunda reacción de oxidación. La presión de trabajo de éste es de **20 bar**. En estas condiciones la totalidad del producto se encuentra en estado de **vapor**.



## FINAL INTEGRACIÓN V

La conversión del etileno es del **18 %** en una pasada y la selectividad es de **58 mol** de  $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$  cada **mol** de  $\text{CO}_2$ .

En el mismo compiten las siguientes reacciones:



### Zona 300: Absorción

La corriente proveniente del reactor de oxidación se enfría hasta los **30 °C** para ingresar al absorbedor.

El absorbedor utiliza, a contracorriente, una corriente de agua fresca para separar el óxido de etileno de la corriente gaseosa.

La corriente rica en óxido de etileno que sale del equipo se envía a la *zona de hidratación* en forma conjunta con el producto de la *zona de recuperación y purga*.

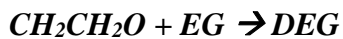
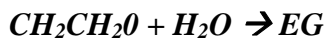
Por otro lado, la corriente rica en etileno sale por el tope junto al  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CH}_4$ . La misma se recircula en un **85%**. El **15%** restante es enviado a la *zona de recuperación y purga*.

### Zona 400: Hidratación

El óxido de etileno se hidrata a etilenglicol. En las condiciones de proceso, la reacción se da rápidamente y sin la necesidad de utilizar catalizador. Debido al elevado exceso de agua la reacción principal se ve favorecida contra las restantes.

El reactor opera **isotérmicamente** a **200°C** y **32 bar**.

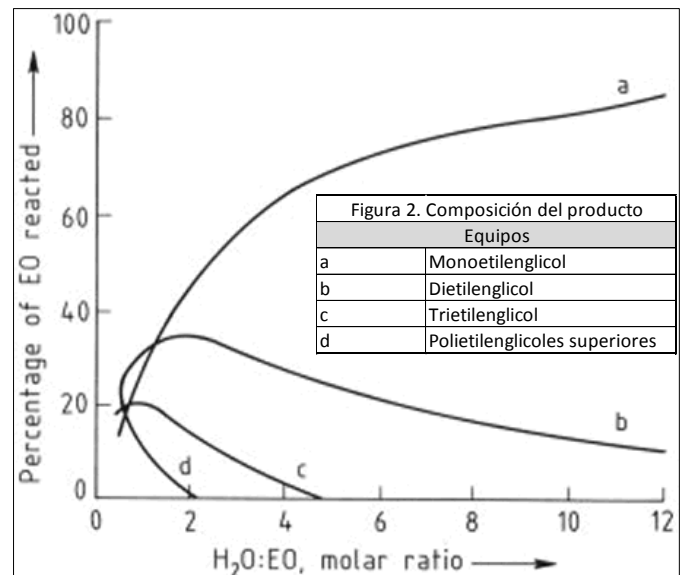
Las reacciones involucradas son:



El **TEG** es despreciado por su baja selectividad.

La formación de estos homólogos superiores es inevitable porque el óxido de etileno reacciona con los etilenglicoles con más rapidez que con el agua; sin embargo, sus rendimientos pueden reducirse al mínimo si se utiliza un exceso de agua. La siguiente figura muestra la composición de la mezcla de producto resultante como una función de la relación de agua / óxido de etileno.

La selectividad es de **63 moles** de EG cada **mol** de DEG.





### Zona 500: Destilación

El producto de hidratación es descomprimido hasta **1 bar**. El mismo es pasado por la primera columna que permite destilar el 99,9% del agua. El residuo rico en glicoles es enviado a la segunda columna que permitirá obtener un destilado del **99,5 %** de EG y un producto de fondo **99,0 %** de DEG.

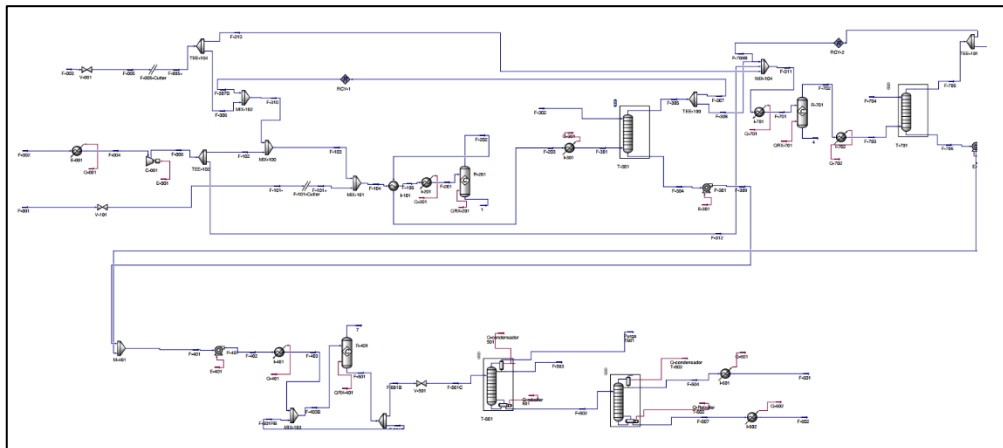
### Zona 600: Almacenamiento de productos

Los productos de la segunda columna de destilación son enviados a la zona de almacenamiento donde serán enfriados hasta los **25 °C** respectivamente.

### Zona 700: Recuperación y purga

El **15%** de la corriente de tope del absorbedor es pasada por un *segundo reactor de oxidación* con las mismas características que el reactor de la zona 200 pero de *menor volumen*.

Posteriormente el producto de la oxidación es pasado por una *columna de absorción*. El producto de tope es separado en dos corrientes. Una de ellas se recicla al reactor de purga, mientras la otra es enviada a una antorcha. La corriente de fondo se mezcla con la salida de la torre de absorción de la zona 300 y es enviada a la zona de hidratación.



## FINAL INTEGRACIÓN V

### Materias primas

#### Etileno

El etileno, también conocido bajo el nombre de eteno es un compuesto orgánico, perteneciente a la familia de los hidrocarburos insaturados, dentro de los cuales, el etileno es el más simple. Su estructura química se caracteriza por la unión de dos carbonos a través de un doble enlace, dando lugar a la fórmula  $\text{CH}_2\text{CH}_2$ . Dichos átomos pueden girar en torno al doble enlace, encontrándose todos ellos en un igual plano, pues hablamos de una molécula de tipo plana. Los grados del ángulo que forma el enlace carbono-hidrógeno es cercano como valor al típico de las hibridaciones tipo  $\text{sp}^2$ .

En condiciones normales se encuentra en estado gaseoso, con un característico aroma no desagradable.

La mayoría de las reacciones donde interviene el etileno son del tipo “nucleófilo ataca electrófilo”, donde el nucleófilo es el doble enlace de la molécula que nos ocupa. Es por tanto participe en reacciones de adición. Otra reacción característica del etileno, es la formación del alcohol, etanol, a través de la hidratación, al reaccionar con agua, y en presencia de un catalizador. Dichas reacciones tienen en numerosos casos interés de tipo comercial, ya que el etileno se encuentra muy presente en la industria petroquímica, donde viene transformado en infinidad de productos, que van desde los plásticos, hasta las sustancias anticongelantes, pasando por diferentes polímeros como fibras y elastómeros.

La gran parte del etileno de producción mundial se consigue a través del procedimiento conocido como steam cracking, o lo que es lo mismo, un craqueo con presencia de vapor, en sustancias típicas de refinerías como es el caso del gasoil, el propano, o etano entre otros. Otra forma de obtención del etileno es partiendo de las naftas y su proceso químico de refinamiento, partiendo del gas natural. A pequeña escala, en laboratorios, también es posible obtener etileno, si oxidamos alcoholes.

#### Agua

El agua es el líquido que más sustancias disuelve (disolvente universal), debido a su característica polar, su capacidad para formar puentes de hidrógeno con otras sustancias polares y iónicas, y por su alto valor de constante dieléctrica (a temperatura ambiente vale 80). La capacidad disolvente es la responsable de dos funciones importantes para los seres vivos: es el medio en el que ocurren la mayoría de las reacciones del metabolismo, el aporte de nutrientes y la eliminación de desechos se realizan a través de sistemas de transporte acuosos.

- Conductión eléctrica

El agua pura es un mal conductor de la electricidad, pero cuando contiene sales se convierte en un buen conductor porque hay presencia de iones con cargas eléctricas.

- Fuerza de cohesión entre moléculas

Los puentes de hidrógeno mantienen a las moléculas fuertemente unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido casi incompresible. Esto significa que no es fácil reducir su volumen mediante presión, pues las moléculas de

## FINAL INTEGRACIÓN V

agua están enlazadas entre sí manteniendo unas distancias intermoleculares más o menos fijas.

- Elevada fuerza de adhesión

De nuevo los puentes de hidrógeno del agua son los responsables, al establecerse entre estos y otras moléculas polares, y es responsable junto con la cohesión, de la capilaridad.

- Capilaridad

Fenómeno que depende de la capacidad de adhesión de las moléculas de agua a las paredes de los conductos capilares y de la cohesión de las moléculas de agua entre sí. Consiste en el ascenso de la columna de agua a través de tubos de diámetro capilar. Las plantas utilizan esta propiedad para la ascensión de la sabia bruta desde las raíces hasta las hojas.

- Tensión superficial

Por la diferencia que existe entre las fuerzas de atracción que hay en el interior del líquido y en la superficie, lo que provoca una acumulación de moléculas en la superficie, formando una delgada película que opone gran resistencia a romperse, y permite que muchos organismos puedan “*andar*” sobre el agua y vivan asociados a esta película superficial.

- Gran calor específico

Se necesita mucha energía para elevar su temperatura, lo cual convierte al agua en un buen aislante térmico. Esta propiedad permite al citoplasma acuoso servir de protección frente a cambios bruscos de temperatura. Por esta característica actúa como termorregulador; amortigua y regula los cambios térmicos ambientales y corporales. Por sus altos valores de calor específico (1 cal/g °C) y calor de vaporización (539.6 cal/g a temperatura de ebullición) almacena y absorbe gran cantidad de calor, que tardar en perder.

### Oxígeno

Es un elemento químico gaseoso. Es de gran interés por ser el elemento esencial en los procesos de respiración de la mayor parte de las células vivas y en los procesos de combustión. Es el elemento más abundante en la corteza terrestre. Cerca de una quinta parte (en volumen) del aire es oxígeno. Se separa del aire por licuefacción y destilación fraccionada. Las principales aplicaciones del oxígeno en orden de importancia son: 1) fundición, refinación y fabricación de acero y otros metales; 2) manufactura de productos químicos por oxidación controlada; 3) propulsión de cohetes; 4) apoyo a la vida biológica y medicina, y 5) minería, producción y fabricación de productos de piedra y vidrio. En condiciones normales es un gas incoloro, inodoro e insípido; se condensa en un líquido azul claro. Es parte de un pequeño grupo de gases ligeramente paramagnéticos, y es el más paramagnético de este grupo. Casi todos los elementos químicos, menos los gases inertes, forman compuestos con el oxígeno. Entre los compuestos binarios más abundantes de oxígeno están el agua, H<sub>2</sub>O, y la sílica, SiO<sub>2</sub>; componente principal de la arena.

### PRERREQUISITOS DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

#### 1. Proyecto pertinente a la carrera

El proyecto consiste en el emplazamiento de una planta industrial de producción de Etilenglicol a través de su síntesis mediante la reacción química de sus precursores y refinación mediante operaciones unitarias como destilación, absorción, bombeo, etcétera.

#### 2. Proyecto real

Las plantas de etilenglicol son una realidad. El producto existe y tiene mercado en la industria nacional.

#### 3. Operaciones y procesos unitarios involucrados

La instalación de la planta de etilenglicol presenta al menos dos reactores químicos, y según la tecnología seleccionada puede presentar hasta tres reactores. Para la separación del agua del producto se requieren torres de destilación. El proceso tiene intercambios térmicos, por lo que son necesarios equipos intercambiadores de calor.

#### 4. Mercado creciente

En primer lugar, nos remitimos a una estimación basada en el consumo aparente de etilenglicol de años anteriores. Los datos los extraemos del anuario del IPA (Instituto Petroquímico Argentino).

AÑO	PRODUCCION (t)	IMPORTACION (t)	EXPORTACION (t)	CONSUMO APARENTE (t)
2006	—	77.004	34	76.970
2007	—	71.436	65	71.371
2008	—	75.997	78	75.919
2009	—	71.329	23	71.306
2010	—	88.324	3.198	85.126
2011	—	88.329	198	88.131
2012	—	86.110	63	86.047
2013	—	89.655	44	89.611
2014	—	86.291	1	86.290
2015	—	85.480	151	85.329

PRODUCTOR	LOCALIZACION	CAPACIDAD INSTALADA (t/a al 31/12/15)	PROCESO
No hay			

El principal uso del producto elegido es en la síntesis del polímero PolietilenoTerftalato (PET). Estimamos la demanda futura de etilenglicol asociada a una proyección de la demanda de PET. Los datos también son extraídos del anuario IPA.



AÑO	PRODUCCION (t)	IMPORTACION (t)	EXPORTACION (t)	CONSUMO APARENTE (t)
2006	158.948	85.645	52.718	191.875
2007	146.300	108.817	29.718	225.399
2008	158.139	94.156	38.947	213.348
2009	163.170	84.369	35.618	211.921
2010	159.010	90.642	34.696	214.956
2011	179.516	86.882	37.295	229.103
2012	170.200	76.178	20.850	225.528
2013	184.087	61.143	24.858	220.372
2014	185.000	67.352	16.999	235.353
2015	162.004	103.799	8.288	257.515

PRODUCTOR	LOCALIZACION	CAPACIDAD INSTALADA (t/a al 31/12/15)	PROCESO
DAK AMERICAS ARGENTINA S.A.	Zárate (Bs. As.)	205.000	Eastman

Si bien varía la demanda de etilenglicol, se observa un crecimiento en el consumo de PET, el cual precisa de etilenglicol para su síntesis.

### 5. Disponibilidad de materias primas

La ruta de síntesis de etilenglicol puede comenzar desde el óxido de etileno, el etileno o el etano.

La producción nacional de óxido de etileno es nula. Si bien hay una fracción de importación, es muy pequeña y tiene uso medicinal para esterilización.

La mejor ruta de síntesis es a través de etileno.

AÑO	PRODUCCION (t)	IMPORTACION (t)	EXPORTACION (t)	CONSUMO APARENTE (t)
2006	783.404	23	21.844	761.583
2007	686.989	2.736	3.522	686.203
2008	681.530	23.239	—	704.769
2009	737.997	28	4.970	733.055
2010	639.962	43.889	—	683.851
2011	654.900	43.832	—	698.732
2012	680.421	13.383	—	693.804
2013	694.995	22.830	16.113	701.712
2014	722.905	13.420	20.756	715.569
2015	718.038	18	33.659	684.397

PRODUCTOR	LOCALIZACION	CAPACIDAD INSTALADA (t/a al 31/12/15)	PROCESO
PETROBRAS ARGENTINA S.A.	San Lorenzo (Sta. Fe) Pto. Gral. San Martín (Sta. Fe)	21.000 31.000	Lurgi-Linde Fish
PBBPolisur S.A.	Bahía Blanca (Bs. As.) Bahía Blanca (Bs. As.)	275.000 425.000	Linde CF Braun/D

### 6. Proyecto sea rentable

Dicho requisito queda determinado con el resultado del Gross Profit.



### 7. Riesgo de “producto sustituto” hacia futuro

El principal uso del etilenglicol es para la ruta de síntesis del PET. Éste es el polímero por excelencia para el embotellado de bebidas de consumo masivo. Es un polímero barrera al vapor de agua, pero principalmente lo es al anhídrido carbónico, a diferencia de otros polímeros como el polietileno. El producto sustituto es el vidrio, pero por el alto costo del envase y la cultura local de no recuperación y reutilización de envases no presenta un riesgo para el mercado. El principal competidor de dicho polímero es el PET PCR, es decir el reciclado recuperado, pero aun así es necesaria la producción de PET virgen para asegurar la calidad de los procesos y el abastecimiento del crecimiento del mercado de bebidas, acompañado por un crecimiento poblacional.

El segundo uso del etilenglicol, muy por debajo en proporción al uso en PET, es el de líquido refrigerante y anticongelante. El principal competidor del etilenglicol en este uso es el propilenglicol, el cual presenta menor toxicidad. Es por eso que el propilenglicol presenta ventajas en cuanto al mismo uso, pero en equipos en la industria farmacéutica y alimenticia. A nivel de mercado masivo, como el líquido refrigerante, anticongelante de motores de combustión interna, sigue siendo más económico el etilenglicol y por ende no se ve amenazado el mercado para este uso. La variación en el consumo del etilenglicol en este uso depende principalmente de la actividad automotriz del país, la cual es una de las principales del país, aunque también una de las más sensibles respecto a las crisis y variaciones económicas.

### 8. Impacto ambiental y riesgos de seguridad personal

El producto no es mercancía peligrosa según las recomendaciones de la ONU (libro naranja).

#### Efectos adversos potenciales para la salud

**Inhalación:** La inhalación del vapor no es por lo general un problema a menos que se caliente o nebulice. La exposición a los vapores en un período largo de tiempo causa irritación de la garganta y dolor de cabeza. Puede causar náuseas, vómitos, mareos y somnolencia. Puede también ocurrir edema pulmonar y depresión del sistema nervioso central. Cuando se calienta o nebuliza, produce movimientos rápidos e involuntarios de los ojos y coma.

**Ingestión:** Los síntomas iniciales de dosis masivas asemejan la intoxicación con alcohol, pasando a depresión del sistema nervioso central, vómitos, dolor de cabeza, frecuencia respiratoria y cardíaca rápida, presión sanguínea disminuida, estupor, colapso e inconsciencia con convulsiones. La muerte puede darse por falla respiratoria o paro cardiovascular. La dosis letal en humanos es de 100 ml.

**Contacto con los ojos:** Las salpicaduras pueden causar irritación, dolor y daño ocular.

**Contacto con la piel:** Puede causar una ligera irritación por la penetración en la piel.

**Efectos Crónicos:** Voluntarios expuestos a aproximadamente 30 mg/m<sup>3</sup>(12 ppm), 22 h/día por 28 días experimentaron únicamente moderada irritación en la garganta, ligero dolor de cabeza y débil dolor de espalda. Trabajadores expuestos al vapor y neblina del Etilenglicol calentado alrededor de 100 °C, experimentaron frecuentes ataques de inconsciencia y disturbios visuales. El producto contenía 40% Etilenglicol,



55% ácido bórico y 5% de amonio. En estudio con animales indicó que la ingestión repetida causa la formación de cálculos en la vejiga y daño en el riñón. Se reportaron casos de sensibilización de la piel en gente ocupacionalmente expuesta a este químico durante el pulimento y corte de lentes de vidrio.

### Información ecológica

Cuando se elimina en el suelo se espera que este material se biodegrade rápidamente pero no se espera que este material se evapore significativamente. Cuando se elimina en el agua, se espera que este material tenga una vida media entre 1 y 10 días. No se espera que este material se bioacumule significativamente. Este material tiene un coeficiente logarítmico de repartición octanol-agua inferior a 3.0. No se espera que este material se evapore significativamente cuando se elimina en el agua. Cuando se elimina en el aire, se espera que este material se degrade rápidamente por la reacción con los radicales hidroxílicos producidos fotoquímicamente. Cuando se elimina en el aire, se espera que este material tenga una vida media entre 1 y 10 días.

### **9. Dimensión de planta: Categoría Industrial**

La capacidad estipulada de producción según la demanda nacional implica una categoría industrial por el volumen de producción e instalaciones necesarias.



## FINAL INTEGRACIÓN V

### ESTUDIO DEL MERCADO

#### Oferta y demanda nacional de los productos secundarios (dietilenglicol)

AÑO	PRODUCCION (t)	IMPORTACION (t)	EXPORTACION (t)	CONSUMO APARENTE (t)
2006	—	3.373	18	3.355
2007	—	3.198	6	3.192
2008	—	2.985	1	2.984
2009	—	3.277	—	3.277
2010	—	2.639	2	2.637
2011	—	3.994	13	3.981
2012	—	3.534	—	3.534
2013	—	3.372	—	3.372
2014	—	3.959	—	3.959
2015	—	3.396	—	3.396

PRODUCTOR	LOCALIZACION	CAPACIDAD INSTALADA (t/a al 31/12/15)	PROCESO
No hay			

#### Oferta y demanda nacional del producto principal (etilenglicol)

AÑO	PRODUCCION (t)	IMPORTACION (t)	EXPORTACION (t)	CONSUMO APARENTE (t)
2006	—	77.004	34	76.970
2007	—	71.436	65	71.371
2008	—	75.997	78	75.919
2009	—	71.329	23	71.306
2010	—	88.324	3.198	85.126
2011	—	88.329	198	88.131
2012	—	86.110	63	86.047
2013	—	89.655	44	89.611
2014	—	86.291	1	86.290
2015	—	85.480	151	85.329

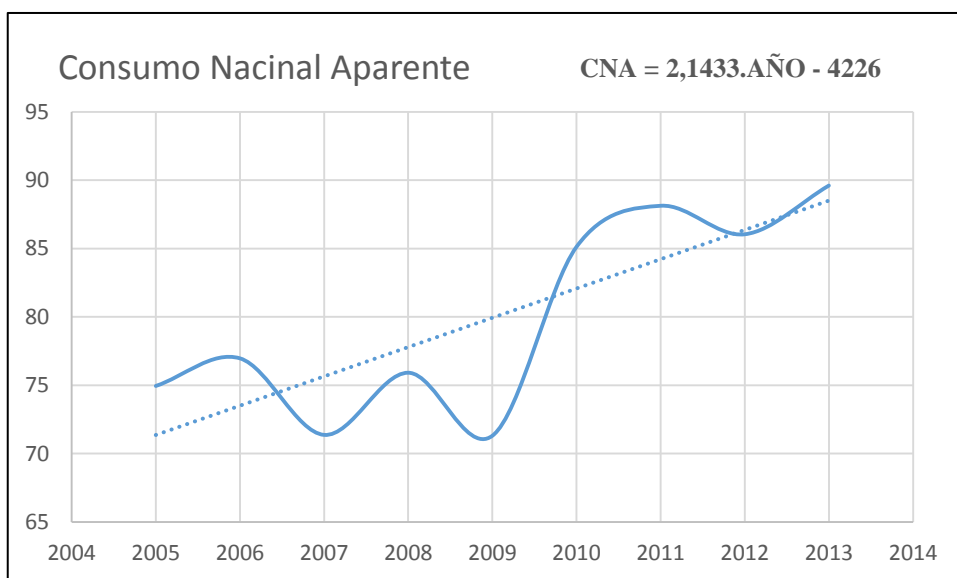
PRODUCTOR	LOCALIZACION	CAPACIDAD INSTALADA (t/a al 31/12/15)	PROCESO
No hay			

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Determinación del tamaño de la planta

#### Consumo nacional aparente

Año	Producción (kt)	Importación (kt)	Exportación (kt)	Consumo aparente (kt)
2005	0	74,988	0,037	74,951
2006	0	77,004	0,034	76,97
2007	0	71,436	0,065	71,371
2008	0	75,997	0,078	75,919
2009	0	71,329	0,023	71,306
2010	0	88,324	3,198	85,126
2011	0	88,329	0,198	88,131
2012	0	86,11	0,063	86,047
2013	0	89,655	0,044	89,611

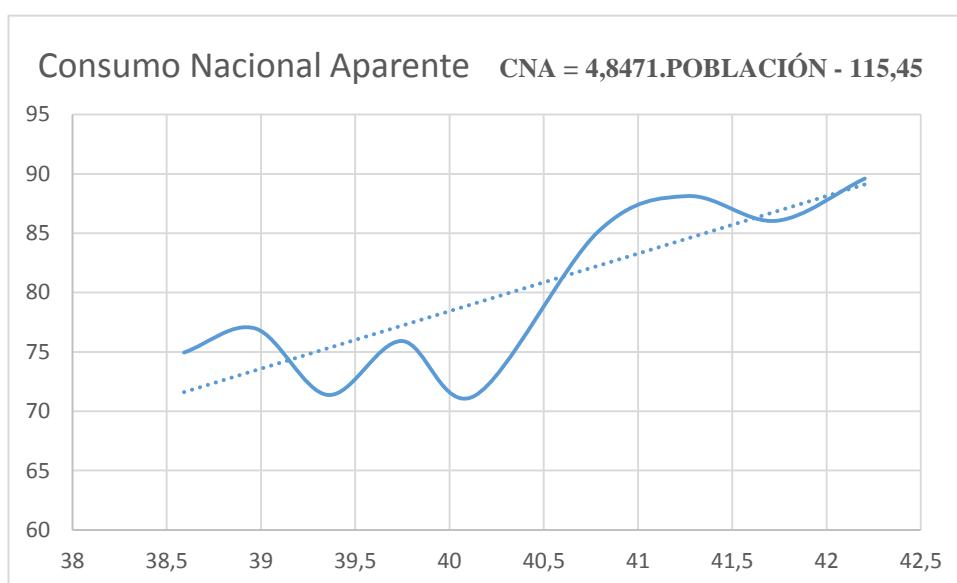


Extrapolando al año 2026 obtenemos un consumo nacional aparente de **108,9 kilotoneladas** de etilenglicol al año.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Método econométrico

Año	Población (millones)	CNA (kt)
2013	42,203	89,611
2012	41,733	86,047
2011	41,261	88,131
2010	40,788	85,126
2009	40,134	71,306
2008	39,746	75,919
2007	39,356	71,371
2006	38,971	76,97
2005	38,592	74,951



Extrapolando al año 2026 obtenemos un consumo nacional aparente de **104,0 kilotoneladas** de etilenglicol al año.

Se determina el tamaño de la planta con la media de los valores calculados con ambos métodos:

$$CNA = \frac{108,9 + 104,0}{2} = 106,5 \text{ kton}$$

Capacidad de la planta : 106,5 kilotoneladas de Etilenglicol al año.



### Gross Profit

#### Precios de materia primas y producto

- Etileno: U\$S 1,34 / kg
- Etilenglicol: U\$S 13,92 / L = U\$S 12,54 / kg
- Dietilenglicol: U\$S 10,00 / kg

#### Caudales máxicos

- Etileno: 8 100 kg/h
- Etilenglicol: 11 989 kg/h
- Dietilenglicol: 832,7 kg/h

#### Cálculo de Gross Profit

$$GP = \frac{P_{MEG} + P_{DEG} - P_{OE}}{P_{MEG} + P_{DEG}} \times 100\% = \frac{11989 \cdot 12,54 + 832,7 \cdot 10,00 - 8100 \cdot 1,34}{11989 \cdot 12,54 + 832,7 \cdot 10,00} \times 100\%$$

$$GP = \mathbf{93,16\%}$$

### LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

#### Descripción

El objetivo de este análisis es obtener el lugar apropiado para la instalación de nuestra planta industrial. Para obtener dicha ubicación se desarrollará el *Método de las Puntuaciones Ponderadas*, el cual considera distintos factores que nos permitirán llevar a un mínimo los costos operativos y de transporte.

En un principio solamente nos basamos en la *Macrolocalización* teniendo en cuenta que nuestro principal objetivo es la cercanía de las materias primas (también se pudo optar por la cercanía a los consumidores). De esta manera, las zonas donde se producen nuestra materia prima principal son: San Lorenzo – Santa Fe, Bahía Blanca – Buenos Aires y Puerto General San Martín.

Los factores para analizar son los siguientes: *materias primas, mano de obra, cercanía con el mercado, seguridad, servicios de comunicación, servicios auxiliares, drenajes e impuestos.*

#### Macrolocalización

##### **¿Por qué elegimos un Parque Industrial?**

Los parques industriales aportan un espacio físico que ofrece infraestructura, seguridad y la posibilidad de formar economías de red y ganar escala.

El 80% de éstos cuenta con financiamiento público, permiten concentrar la inversión en infraestructura, facilitan la planificación urbana y garantizan una convivencia armoniosa entre el uso industrial y residencial de la tierra.

#### Método de las puntuaciones ponderadas

Se toman valores entre 1 y 10 para cada factor.

Factores		Peso relativo	Bahía Blanca - Bs.As.		San Lorenzo - Santa Fe		Pto Gral San Martín - Santa Fe	
			Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
I	M.P. disponibles	0,27	10	2,7	5	1,35	5	1,35
II	Vigilancia	0,06	10	0,6	10	0,6	10	0,6
III	Drenajes	0,06	10	0,6	10	0,6	5	0,3
IV	Serv. Auxiliares	0,05	10	0,5	10	0,5	5	0,25
V	Serv. Comunicación	0,05	10	0,5	10	0,5	10	0,5
VI	M.O. disponible	0,21	10	2,1	10	2,1	10	2,1
VII	Cercanía del mercado	0,15	4	0,6	6	0,9	8	1,2
VIII	Impuestos	0,15	8	1,2	8	1,2	6	0,9
Suma		1	Puntuación	8,8	Puntuación	7,75	Puntuación	7,2

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Observaciones

Factor	Observaciones
I	Por la baja capacidad de producción de las plantas de etileno en Santa Fe se asigna la mitad del valor máximo.
II	Se adopta el valor máximo ya que los tres parques poseen seguridad.
III	PGSM: no hay información de drenajes, por lo que se los puntúa con la mitad del valor máximo.
IV	PGSM: no hay información de servicios auxiliares, por lo que se puntúa con la mitad del valor máximo.
V	Se adopta el valor máximo ya que los tres parques poseen servicios de comunicación.
VI	Se adopta el valor máximo por haber mano de obra disponible en las tres ubicaciones.
VII	La cercanía del mercado relativa (considerando a DAK Américas - Zárate como nuestro mayor comprador) desfavorece a la implantación en Bahía Blanca.
VIII	BB y PGSM tienen declarada de forma explícita en sus páginas web la disminución de los impuestos, por lo que se les asignó una mayor puntuación.

### Conclusión

Como puede observarse la aplicación del Método Ponderado nos devuelve como mejor ubicación el *Parque Industrial de la ciudad de Bahía Blanca*.

### Parque industrial Bahía Blanca

#### Servicios e infraestructura

El consorcio del Parque Industrial de Bahía Blanca ofrece calles interiores asfaltadas con cordón cuneta, servicios de electricidad, agua corriente, red de gas, red de desagües, red telefónica, tendido de fibra óptica, acceso a Internet, seguridad privada, salón de usos múltiples, centro de capacitación profesional, espacios verdes, cajero automático y hasta un micro banco que funciona a tasa 0 que puede otorgar créditos en el acto de hasta 10000 pesos retornables en 60 días a sus integrantes.

#### INFRAESTRUCTURA BÁSICA

Estos son los servicios básicos que se ofrecen en el complejo.



- ✓ Drenaje Pluvial
- ✓ Drenaje Sanitario
- ✓ Pavimentación y señalización de calles internas
- ✓ Control de acceso, de Personas y Vehículos
- ✓ 1.400 metros de cloacas
- ✓ 2.200 metros de calle con cordón cuneta
- ✓ 2.500 metros de acueducto
- ✓ Alumbrado Público
- ✓ Espacios verdes
- ✓ Red de Gas
- ✓ Red Eléctrica
- ✓ Agua Potable
- ✓ Red Telefónica
- ✓ Acceso a Internet

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Ordenanza Municipal N° 7.454

Esta Ordenanza beneficia a las empresas ubicadas dentro del Parque Industrial de Bahía Blanca de la eximición del pago de las Tasas por Inspección de Seguridad e Higiene; Alumbrado, Barrido, Limpieza y Conservación de la Vía Pública; Publicidad y Propaganda; y toda otra tasa asimilable que se creare en el futuro, por el término de ocho años, a aquellas empresas que funcionen en el Parque Industrial de Bahía Blanca y que no se hayan acogido a los beneficios de la Ley Provincial de Promoción Industrial 10.547 u otros regímenes que las eximiera de las contribuciones

municipales

indicadas.

### SERVICIOS DE APOYO

Se cuenta además con los siguientes servicios.



- ✓ Incubadora de Empresas
- ✓ Asociación de Industriales
- ✓ Vigilancia Permanente
- ✓ Oficinas de Administración
- ✓ Oficina de Negocios
- ✓ Mantenimiento de espacios comunes
- ✓ Cámaras de monitoreo
- ✓ Duchas y Baños Públicos

### Ordenanza Municipal N° 9.709

Esta Ordenanza beneficia a las empresas ubicadas dentro del Parque Industrial de Bahía Blanca de la eximición del pago de Derechos de Construcción y Tasa de Habilitación a las empresas que se establezcan en el Parque Industrial.

### Ordenanza Municipal N° 14.493

Esta Ordenanza beneficia a las empresas ubicadas dentro del Parque Industrial de Bahía Blanca de la eximición de Pago de Tasas Municipales por un año a las PYMES que hayan adquirido lotes en el Parque Industrial y que estén en proceso de radicación.

### Ley Provincial 13.656

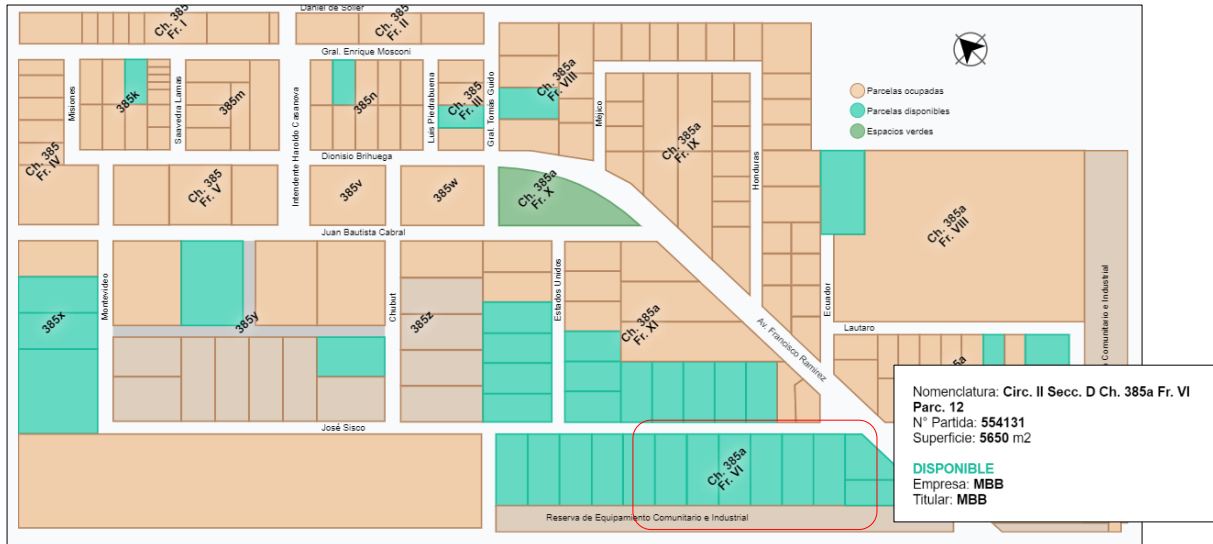
Esta Ley otorga a las empresas ubicadas dentro del Parque Industrial:

- Exención de impuestos Provinciales, Inmobiliario, Ingresos Brutos, Sellos, Automotores.
- Beneficios con el Fondo de Garantías de la Provincia de Buenos Aires (FOGABA).



### Mapa de las parcelas del Parque Industrial

El Parque Industrial de Bahía Blanca posee parcelas disponibles y aledañas a la empresa PBB Polisur, la cual será nuestro proveedor de materia prima (etileno).





## FINAL INTEGRACIÓN V

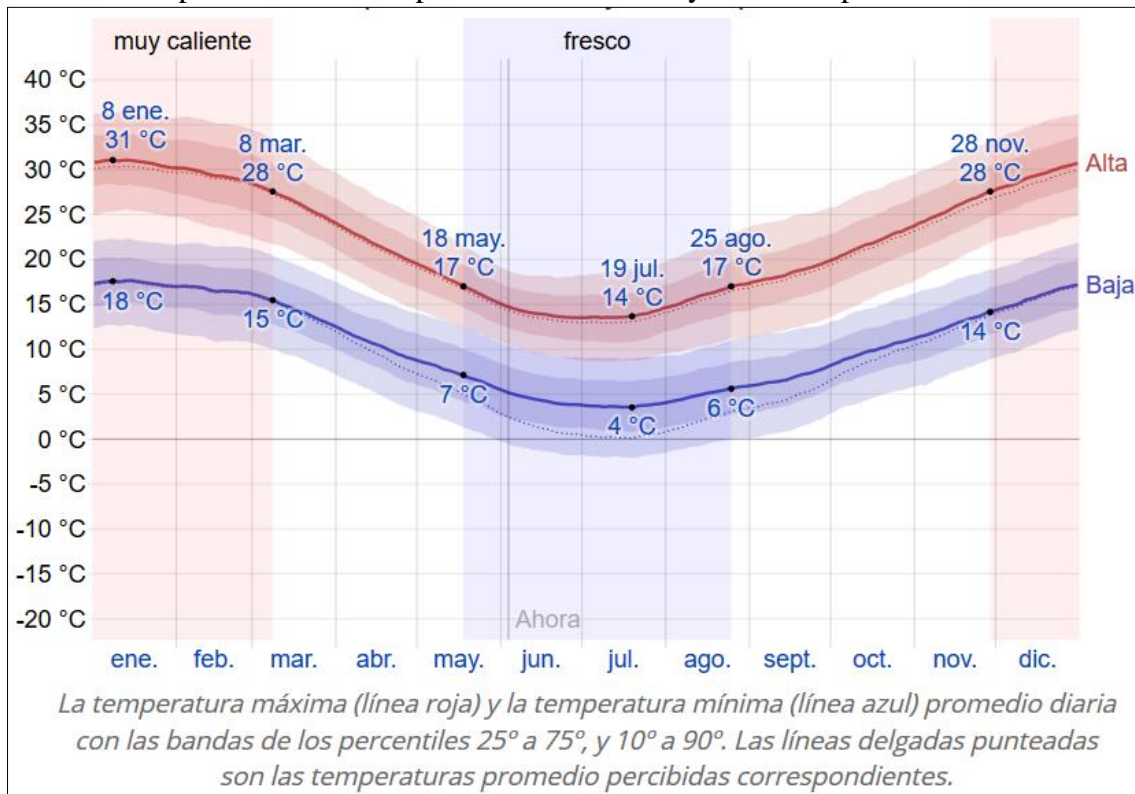
### Condiciones climatológicas

En Bahía Blanca, los veranos son muy caliente y mayormente despejados, los inviernos son fríos y parcialmente nublados y está ventoso todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 4 °C a 31 °C y rara vez baja a menos de -2 °C o sube a más de 36 °C.

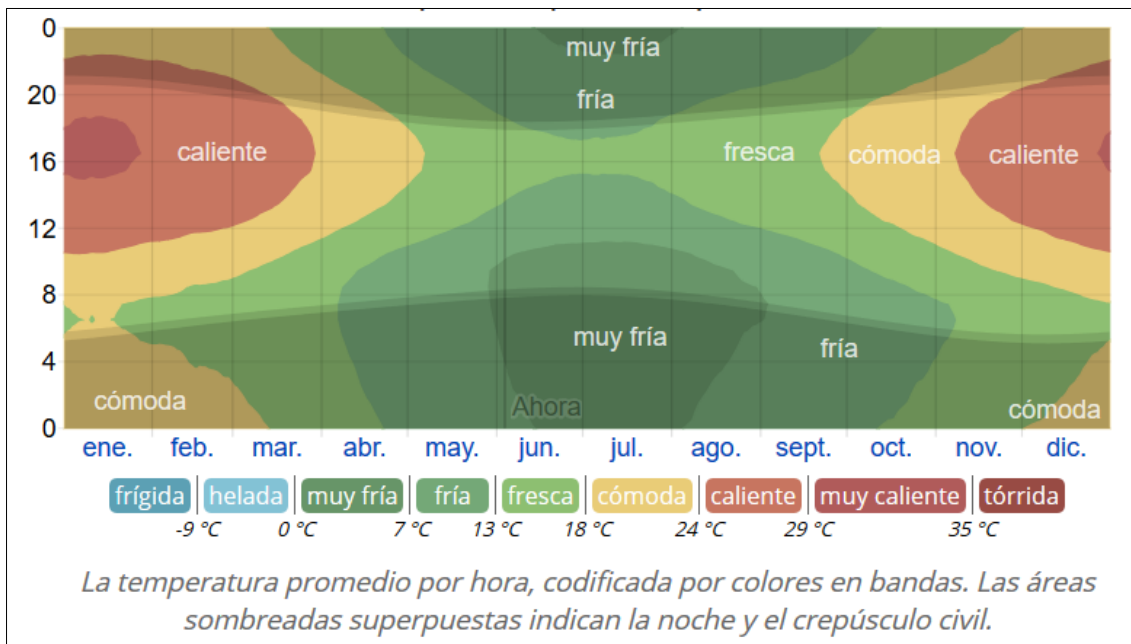
#### ○ Temperatura

La *temporada calurosa* dura 3,4 meses, del 28 de noviembre al 8 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 28 °C. El día más caluroso del año es el 8 de enero, con una temperatura máxima promedio de 31 °C y una temperatura mínima promedio de 18 °C.

La *temporada fresca* dura 3,2 meses, del 18 de mayo al 25 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 17 °C. El día más frío del año es el 19 de julio, con una temperatura mínima promedio de 4 °C y máxima promedio de 14 °C.



La figura siguiente muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.



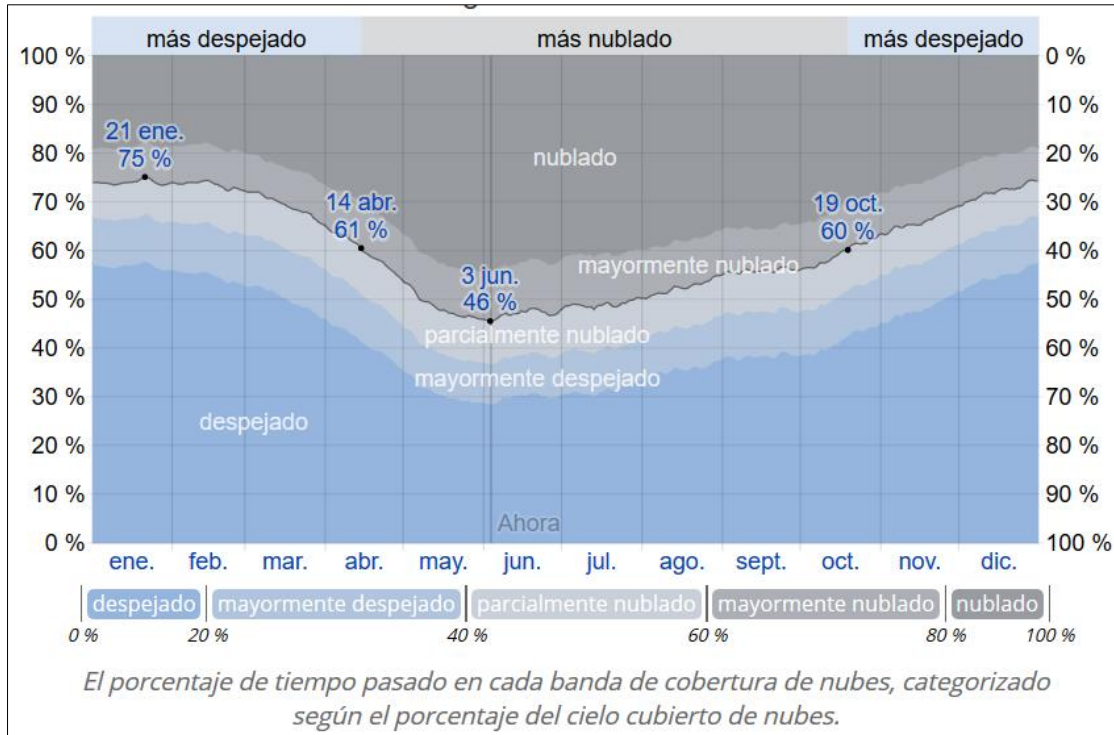
### ○ Nubes

En Bahía Blanca, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía *considerablemente* en el transcurso del año.

La parte *más despejada* del año en Bahía Blanca comienza aproximadamente el *19 de octubre*; dura *5,9 meses* y se termina aproximadamente el *14 de abril*. El *21 de enero*, el *día más despejado* del año, el cielo está *despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 75 %* del tiempo y *nublado o mayormente nublado el 25 %* del tiempo.

La parte *más nublada* del año comienza aproximadamente el *14 de abril*; dura *6,1 meses* y se termina aproximadamente el *19 de octubre*. El *3 de junio*, el *día más nublado* del año, el cielo está *nublado o mayormente nublado el 54 %* del tiempo y *despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 46 %* del tiempo.

- Categorías de nubosidad



- Precipitación

Un día *mojado* es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Bahía Blanca varía durante el año.

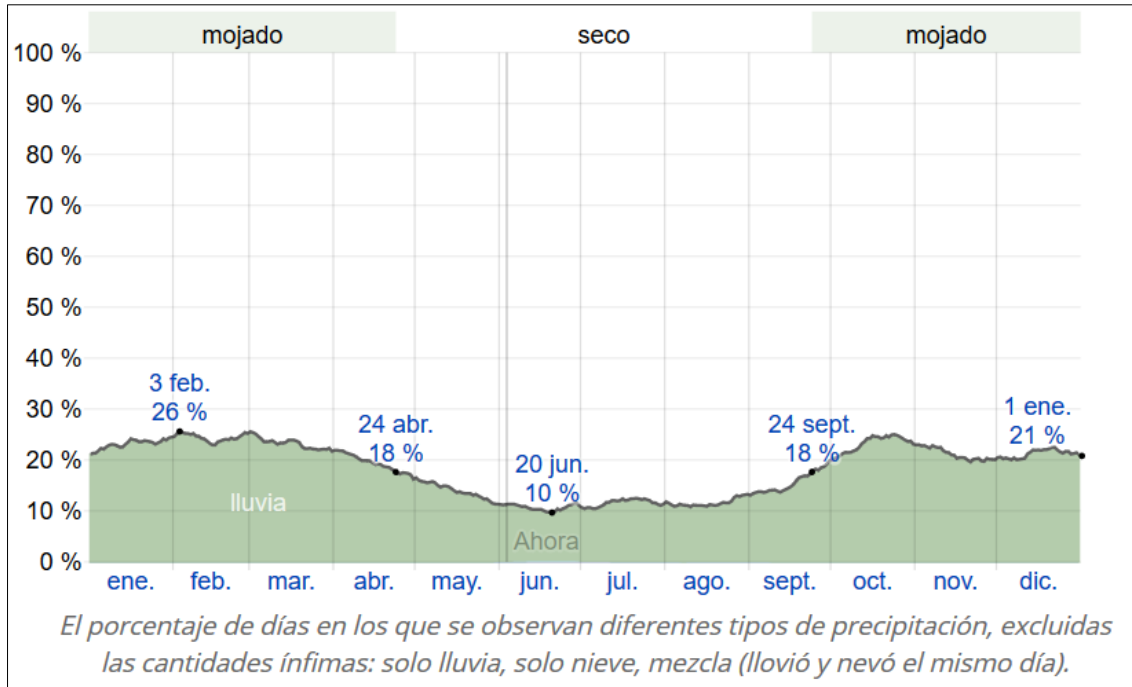
La *temporada más mojada* dura 7,0 meses, de 24 de septiembre a 24 de abril, con una probabilidad de más del 18 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 26 % el 3 de febrero.

La *temporada más seca* dura 5,0 meses, del 24 de abril al 24 de septiembre. La probabilidad mínima de un día mojado es del 10 % el 20 de junio.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen *solamente lluvia*, *solamente nieve* o una *combinación* de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es *solo lluvia*, con una probabilidad máxima del 26 % el 3 de febrero.

## FINAL INTEGRACIÓN V

- Probabilidad diaria de precipitación



- Lluvia

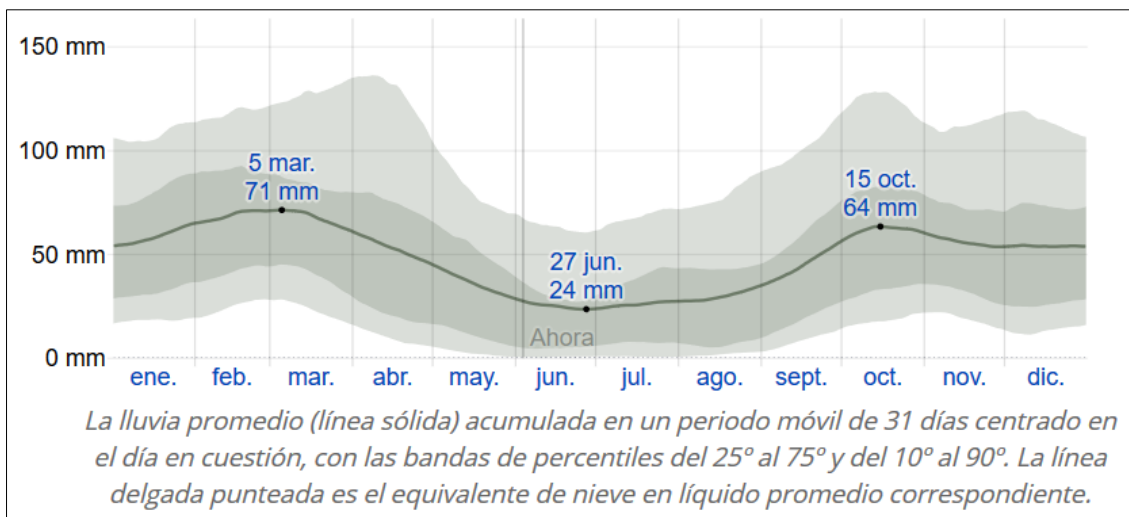
Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Bahía Blanca tiene una variación *ligera* de lluvia mensual por estación.

Llueve durante el año en Bahía Blanca. La *mayoría de la lluvia* cae durante los 31 días centrados alrededor del *5 de marzo*, con una acumulación total promedio de *71 milímetros*.

La fecha aproximada con *la menor cantidad de lluvia* es el *27 de junio*, con una acumulación total promedio de *24 milímetros*.

## FINAL INTEGRACIÓN V

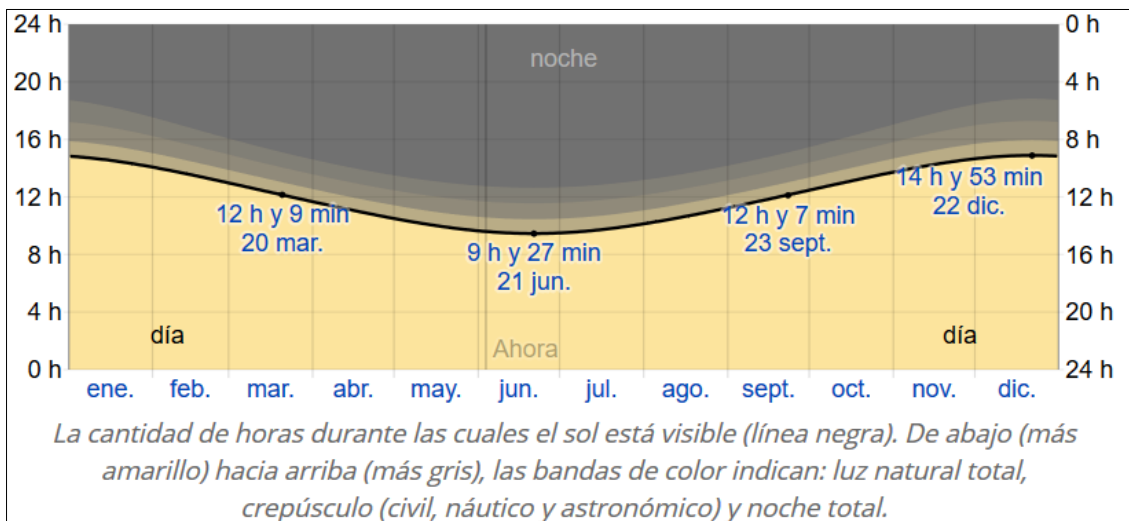
- Precipitación de lluvia mensual promedio



- Sol

La duración del día en Bahía Blanca varía considerablemente durante el año. En 2019, el día más corto es el *21 de junio*, con *9 horas y 27 minutos* de luz natural; el día más largo es el *22 de diciembre*, con *14 horas y 53 minutos* de luz natural.

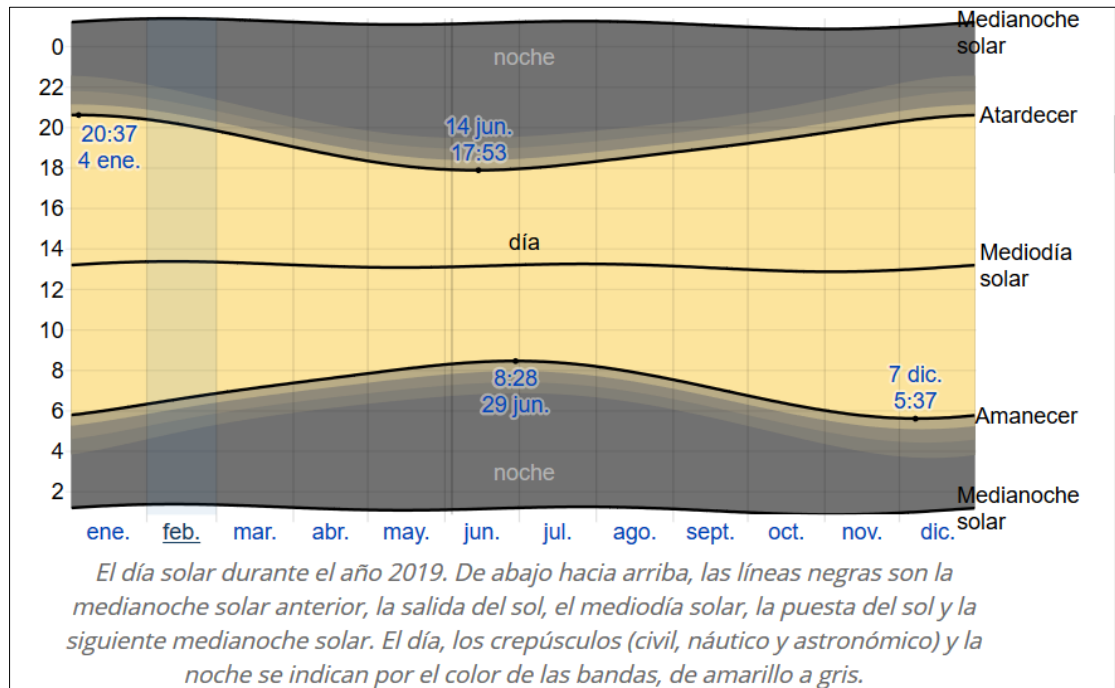
- Horas de luz natural y crepúsculo



La salida del sol más temprana es a las *5:37* el *7 de diciembre*, y la salida del sol más tardía es *2 horas y 51 minutos* más tarde a las *8:28* el *29 de junio*. La puesta del sol más temprana es a las *17:53* el *14 de junio*, y la puesta del sol más tardía es *2 horas y 44 minutos* más tarde a las *20:37* el *4 de enero*.

No se observó el horario de verano (HDV) en Bahía Blanca durante el 2019.

- Salida del sol y puesta del sol con crepúsculo



- Humedad

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

En Bahía Blanca la humedad percibida varía *levemente*.

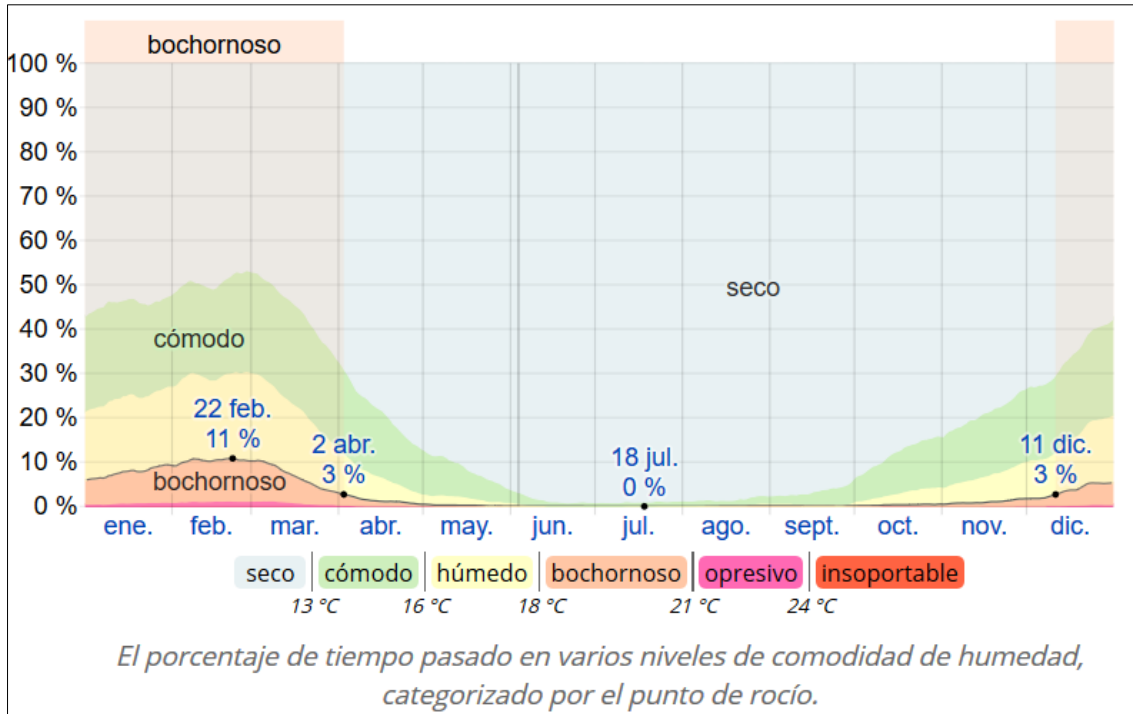
El *período más húmedo* del año dura 3,7 meses, del 11 de diciembre al 2 de abril, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es *bochornoso, opresivo o insoportable* por lo menos durante el 3 % del tiempo. El *día más húmedo* del año es el 22 de febrero, con humedad el 11 % del tiempo.

El *día menos húmedo* del año es el 18 de julio cuando básicamente no hay condiciones húmedas.



## FINAL INTEGRACIÓN V

- Niveles de comodidad de la humedad



- Viento

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

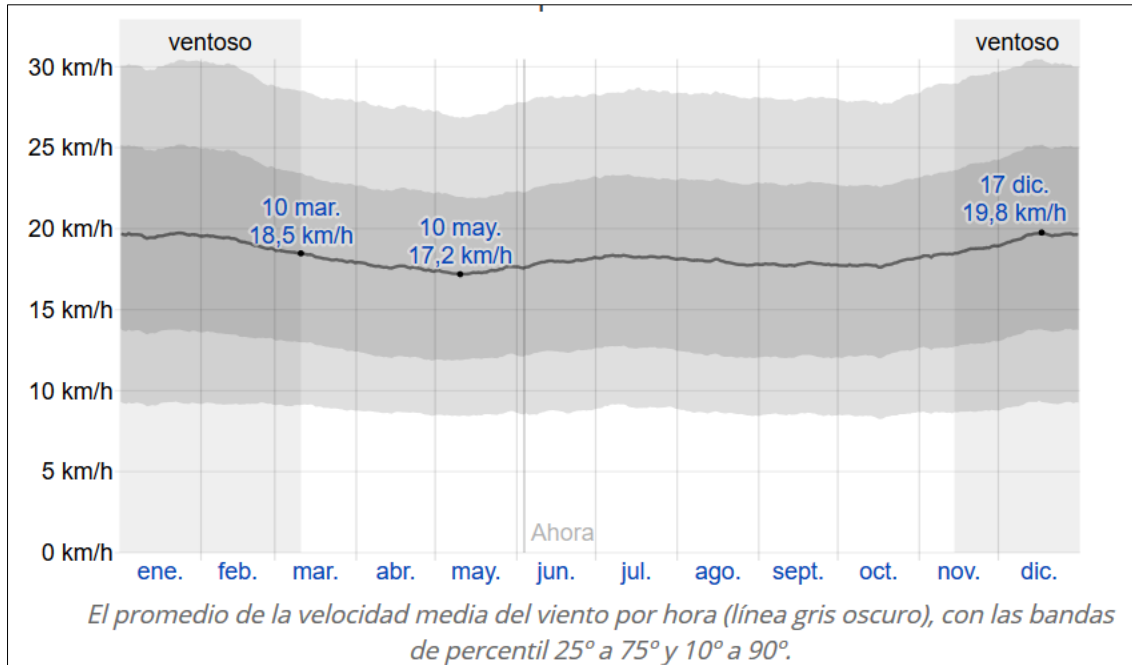
La velocidad promedio del viento por hora en Bahía Blanca tiene variaciones estacionales *leves* en el transcurso del año.

La parte *más ventosa* del año dura 3,9 meses, del 14 de noviembre al 10 de marzo, con velocidades promedio del viento de más de 18,5 kilómetros por hora. El día *más ventoso* del año es el 17 de diciembre, con una velocidad promedio del viento de 19,8 kilómetros por hora.

El tiempo *más calmado* del año dura 8,1 meses, del 10 de marzo al 14 de noviembre. El día *más calmado* del año es el 10 de mayo, con una velocidad promedio del viento de 17,2 kilómetros por hora.

## FINAL INTEGRACIÓN V

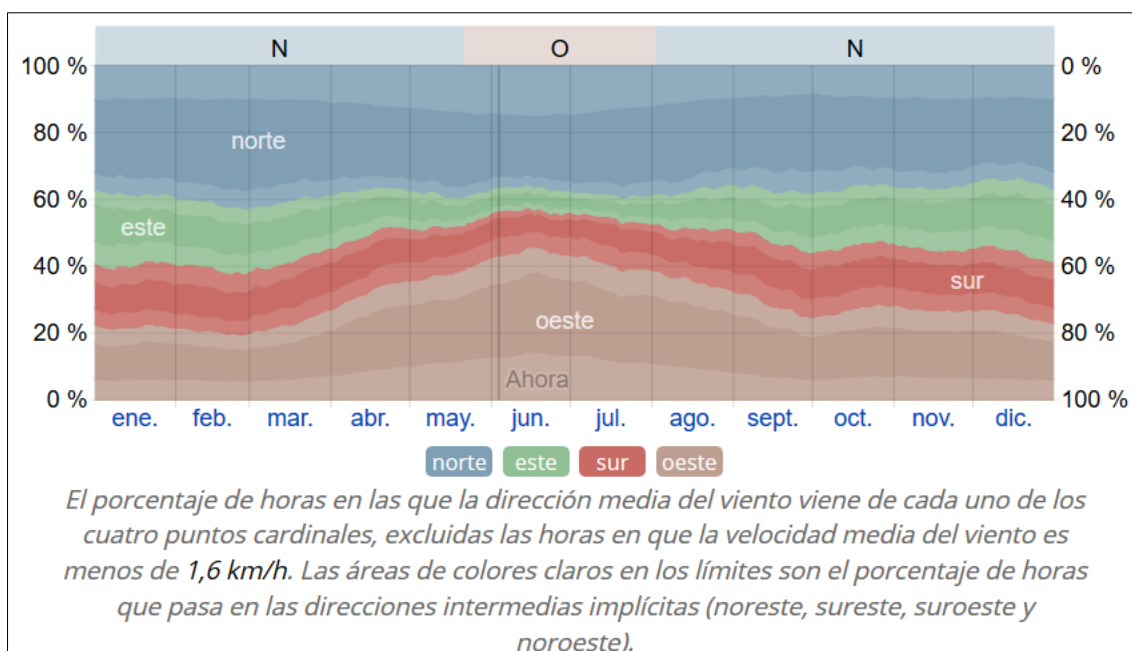
- o Velocidad promedio del viento



La dirección predominante promedio por hora del viento en Bahía Blanca varía durante el año.

El viento con más frecuencia viene del *oeste* durante 2,4 meses, del 21 de mayo al 2 de agosto, con un porcentaje máximo del 46 % en 18 de junio. El viento con más frecuencia viene del *norte* durante 9,6 meses, del 2 de agosto al 21 de mayo, con un porcentaje máximo del 37 % en 1 de enero.

- o Dirección del viento





- Temperatura del agua

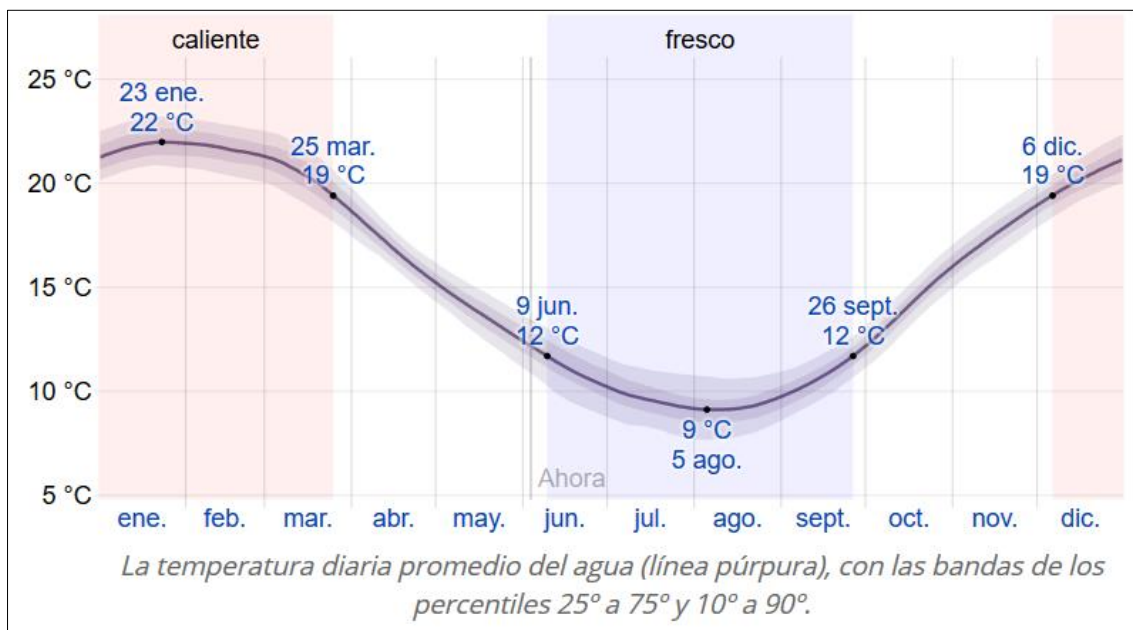
Bahía Blanca se encuentra cerca de una masa grande de agua (p. ej. un océano, mar o lago grande). Esta sección reporta la temperatura promedio de la superficie del agua de un área amplia.

La temperatura promedio del agua tiene variaciones estacionales *extremadas* durante el año.

La época del año cuando el *agua está más caliente* dura 3,6 meses, del 6 de diciembre al 25 de marzo, con una temperatura promedio superior a 19 °C. El día del año cuando el agua está más caliente es el 23 de enero, con una temperatura promedio de 22 °C.

La época del año cuando el *agua está más fría* dura 3,5 meses, del 9 de junio al 26 de septiembre, con una temperatura promedio inferior a 12 °C. El día del año cuando el agua está más fría es el 5 de agosto, con una temperatura promedio de 9 °C.

- Temperatura promedio del agua



- Metodología

Para cada hora entre 8:00 y 21:00 del día en el período de análisis (1980 a 2016), se calculan las puntuaciones independientes de temperatura percibida, nubosidad y precipitación total. Esas puntuaciones se combinan en una sola puntuación compuesta por hora, que luego se agregan por día y se promedian todos los años del periodo de análisis y se suavizan.

## FINAL INTEGRACIÓN V

Nuestra *puntuación de nubosidad* es 10 cuando el cielo está despejado y baja linealmente a 9 cuando el cielo está mayormente despejado y a 1 cuando el cielo está totalmente nublado.

Nuestra *puntuación de precipitación*, que se basa en la precipitación de tres horas centrada en la hora en cuestión, es 10 si no hay precipitación y baja linealmente a 9 si hay vestigios de precipitación y a 0 si hay *1 milímetro* o más de precipitación.

### ○ Energía solar

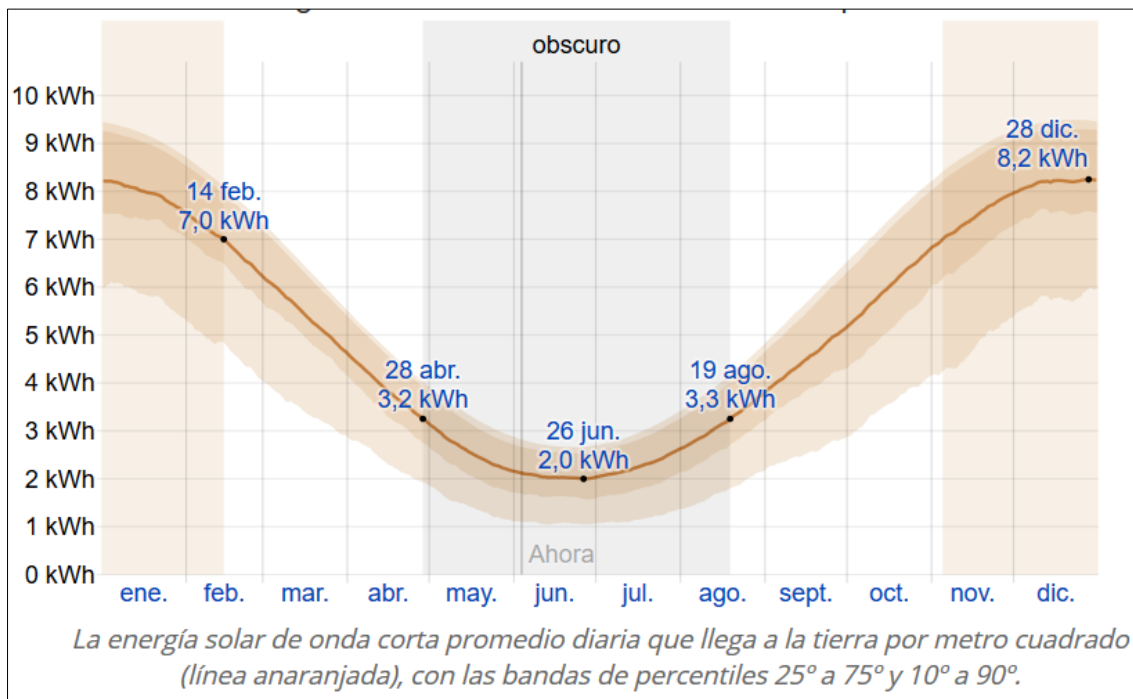
Esta sección trata sobre la energía solar de onda corta incidente diaria total que llega a la superficie de la tierra en una área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta.

La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales *extremas* durante el año.

El período *más resplandeciente* del año dura *3,3 meses*, del *5 de noviembre* al *14 de febrero*, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado superior a *7,0 kWh*. El día *más resplandeciente* del año es el *28 de diciembre*, con un promedio de *8,2 kWh*.

El período *más obscuro* del año dura *3,7 meses*, del *28 de abril* al *19 de agosto*, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de *3,3 kWh*. El día *más obscuro* del año es el *26 de junio*, con un promedio de *2,0 kWh*.

### ○ Energía solar de onda corta incidente diario promedio





- Topografía

Para fines de este informe, las coordenadas geográficas de Bahía Blanca son elevación: 21 m, latitud:  $-38,720^\circ$  y longitud:  $-62,272^\circ$ .

La topografía en un radio de *3 kilómetros* de Bahía Blanca contiene solamente variaciones *modestas* de altitud, con un cambio máximo de altitud de *88 metros* y una altitud promedio sobre el nivel del mar de *23 metros*. En un radio de *16 kilómetros* también tiene solo variaciones *modestas* de altitud (*124 metros*). En un radio de *80 kilómetros* contiene solamente variaciones *modestas* de altitud (*1.274 metros*).

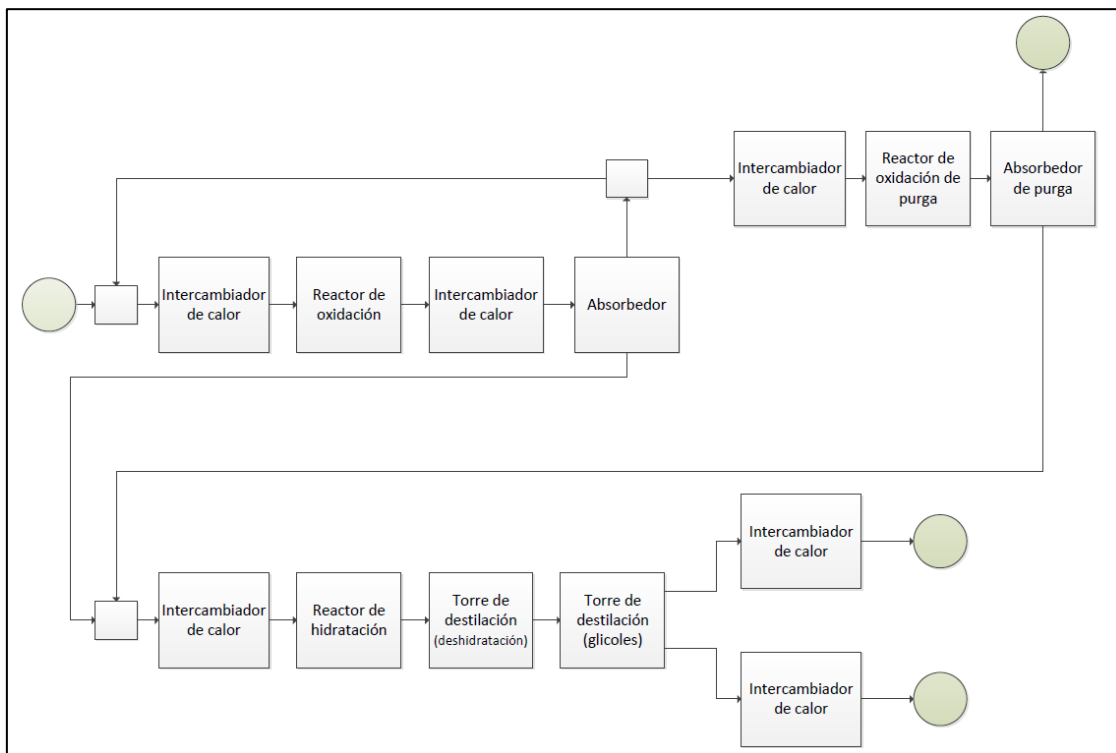
El área en un radio de *3 kilómetros* de Bahía Blanca está cubierta de *superficies artificiales* (53 %), *arbustos* (15 %) y *vegetación escasa* (13 %), en un radio de *16 kilómetros* de *arbustos* (38 %) y *agua* (16 %) y en un radio de *80 kilómetros* de *arbustos* (44 %) y *tierra de cultivo* (20 %).

## FINAL INTEGRACIÓN V

### DIAGRAMA DE BLOQUES

El siguiente diagrama de bloques es una representación sencilla del proceso productivo industrial de mono y dietilenglicol. En él, cada bloque representa una operación, la cual es mencionada con una leyenda interna. En el caso de los divisores y mezcladores de caudal solo aparecen sus bloques sin mención.

La entrada al proceso contempla la alimentación de metano, oxígeno y etileno. La salida superior hace referencia a la antorcha y las dos inferiores a los productos mono y dietilenglicol.



### BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

Los balances de materia y energía son una de las herramientas más importantes con las que cuenta la ingeniería de procesos y se utilizan para contabilizar los flujos de materia y energía entre nuestro proceso industrial y los alrededores o entre las distintas operaciones que lo integran. Por tanto, nos permitirán conocer los caudales y composiciones de todas las corrientes materiales que intervienen en el proceso, así como las necesidades energéticas del mismo, que en último término se traducirán en los requerimientos de servicios auxiliares, tales como vapor o refrigeración. Además, nos permiten obtener la información necesaria para proceder al dimensionamiento de los equipos y la estimación de las necesidades de servicios auxiliares (vapor, aire, refrigeración).

#### Balance de energía

	<i>Unit</i>	<b>I-201</b>	<b>C-001</b>	<b>I-001</b>	<b>R-201</b>	<b>I-301</b>	<b>I-701</b>	<b>I-702</b>	<b>P-301</b>	<b>P-701</b>	<b>P-401</b>
Heat Flow	<i>kJ/h</i>	2,0E+07	1,9E+06	2,8E+06	-5,0E+07	2,2E+07	7,5E+07	6,7E+07	4,0E+04	8,7E+04	1,8E+05
	<i>Unit</i>	<b>I-401</b>	<b>D-501</b>	<b>B-501</b>	<b>D-502</b>	<b>B-502</b>	<b>I-602</b>	<b>I-601</b>	<b>R-701</b>	<b>R-401</b>	
Heat Flow	<i>kJ/h</i>	129694112,7	1,63E+09	1,54E+09	2,4E+07	2,4E+07	1,6E+05	4,9E+06	-2,8E+07	-1,6E+07	



### Composiciones

	<b>F-103</b>	<b>F-001</b>	<b>F-101-</b>	<b>F-104</b>	<b>F-105</b>	<b>F-201</b>	<b>F-202</b>	<b>F-006</b>	<b>F-102</b>	<b>F-005+</b>
Comp Mole Frac (Ethylene)	0,2351	1	1	0,3061	0,3061	0,3061	0,256692	0	0	0
Comp Mole Frac (Oxygen)	0,0776	0	0	0,0704	0,0704	0,0704	0,015594	1	1	0
Comp Mole Frac (C2Oxide)	0,0000	0	0	5,929E-06	0,0000	0,0000	0,045083	0	0	0
Comp Mole Frac (CO2)	0,1274	0	0	0,1156	0,1156	0,1156	0,14071	0	0	0
Comp Mole Frac (H2O)	0,0009	0	0	0,0009	0,0009	0,0009	0,023422	0	0	0
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comp Mole Frac (Methane)	0,5590	0	0	0,5071	0,5071	0,5071	0,5185	0	0	1
Comp Mole Frac (DEGlycol)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comp Mole Frac (EGlycol)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>F-004</b>	<b>F-002</b>	<b>1</b>	<b>F-203</b>	<b>F-301</b>	<b>F-302</b>	<b>F-305</b>	<b>F-304</b>	<b>F-307</b>	<b>F-308</b>
Comp Mole Frac (Ethylene)	0	0	0,3579	0,2567	0,2567	0	0,2758	4,866E-05	0,2758	0,2758
Comp Mole Frac (Oxygen)	1	1	0,0059	0,0156	0,0156	0	0,0168	7,215E-06	0,0168	0,0168
Comp Mole Frac (C2Oxide)	0	0	0,0104	0,0451	0,0451	0	7,677E-06	0,036684	7,677E-06	7,677E-06
Comp Mole Frac (CO2)	0	0	0,2020	0,1407	0,1407	0	0,1494	0,0014	0,1494	0,1494
Comp Mole Frac (H2O)	0	0	0,0020	0,0234	0,0234	1	0,0011	0,9616	0,0011	0,0011
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comp Mole Frac (Methane)	0	0	0,4217	0,5185	0,5185	0	0,5569	0,0003	0,5569	0,5569
Comp Mole Frac (DEGlycol)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comp Mole Frac (EGlycol)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>F-307B</b>	<b>F-101+</b>	<b>F-003</b>	<b>F-005</b>	<b>F-310</b>	<b>F-701</b>	<b>4</b>	<b>F-702</b>	<b>F-703</b>	<b>F-704</b>
Comp Mole Frac (Ethylene)	0,2758	1	0	0	0,2510	0,0613	0,0750	0,0505	0,0505	0
Comp Mole Frac (Oxygen)	0,0167	0	0	0	0,0152	0,0548	0,0176	0,0439	0,0439	0
Comp Mole Frac (C2Oxide)	7,667E-06	0	0	0	6,978E-06	7,113E-05	0,0004	0,0089	0,0089	0
Comp Mole Frac (CO2)	0,1494	0	0	0	0,1360	0,2006	0,3155	0,2059	0,2059	0
Comp Mole Frac (H2O)	0,0011	0	0	0	0,0010	0,0011	0,0001	0,0055	0,0055	1
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comp Mole Frac (Methane)	0,5569	0	1	1	0,5967	0,6822	0,5913	0,6853	0,6853	0
Comp Mole Frac (DEGlycol)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comp Mole Frac (EGlycol)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>F-705</b>	<b>F-706</b>	<b>F-309</b>	<b>F-707</b>	<b>F-401</b>	<b>F-402</b>	<b>F-403</b>	<b>7</b>	<b>F-501</b>	<b>F-503</b>
Comp Mole Frac (Ethylene)	0,0513	6,352E-06	4,866E-05	6,352E-06	1,931E-05	1,931E-05	1,931E-05	0,0132	1,964E-05	2,806E-08
Comp Mole Frac (Oxygen)	0,0446	0,0000	7,215E-06	1,643E-05	1,361E-05	1,361E-05	1,361E-05	0,0154	1,385E-05	5,582E-08
Comp Mole Frac (C2Oxide)	7,444E-05	0,0090	0,0367	0,0090	0,0175	0,0175	0,0175	0,0029	0,0003	0,0002
Comp Mole Frac (CO2)	0,2074	0,0016	0,0014	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,1279	0,0016	9,840E-05
Comp Mole Frac (H2O)	0,0011	0,9891	0,9616	0,9891	0,9807	0,9807	0,9807	0,6252	0,9806	0,9997
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (Methane)	0,6956	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,2113	0,0003	1,067E-06
Comp Mole Frac (DEGlycol)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	8,774E-05	0,0003	7,724E-11
Comp Mole Frac (EGlycol)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040	0,0170	3,856E-11
	<b>F-502</b>	<b>F-504</b>	<b>F-507</b>	<b>F-602</b>	<b>F-601</b>	<b>F-709B</b>	<b>F708</b>	<b>F-709</b>	<b>F-311</b>	
Comp Mole Frac (Ethylene)	1,000E-30	1,000E-30	1,000E-30	1,000E-30	1,000E-30	0,0513	0,0513	0,0513	0,0613	
Comp Mole Frac (Oxygen)	0,0000	1,000E-30	1,000E-30	1,000E-30	1,000E-30	0,0446	0,0446	0,0446	0,0548	
Comp Mole Frac (C2Oxide)	2,958E-17	3,003E-17	2,117E-27	2,117E-27	3,003E-17	7,596E-05	7,444E-05	7,444E-05	7,113E-05	
Comp Mole Frac (CO2)	7,879E-29	7,998E-29	1,019E-30	1,019E-30	7,998E-29	0,2074	0,2074	0,2074	0,2006	
Comp Mole Frac (H2O)	0,0224	0,0227	3,96E-12	3,955E-12	0,0227	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0,0000	0,0000	0,0000	0	0	0	0	0	0	
Comp Mole Frac (Methane)	9,999E-31	9,999E-31	9,999E-31	9,999E-31	9,999E-31	0,6956	0,6956	0,6956	0,6822	
Comp Mole Frac (DEGlycol)	0,0153	0,0003	0,9915	0,9915	0,0003	0	0	0	0	
Comp Mole Frac (EGlycol)	0,9624	0,9770	0,0085	0,0085	0,9770	0	0	0	0	
	<b>F-312</b>	<b>Purga T501</b>	<b>F-501R</b>	<b>F-403B</b>	<b>F-501B</b>	<b>F-501RB</b>	<b>F-501C</b>	<b>F-313</b>	<b>F-306</b>	
Comp Mole Frac (Ethylene)	0	0,0054	1,964E-05	1,961E-05	1,964E-05	1,964E-05	1,964E-05	0	0	
Comp Mole Frac (Oxygen)	1	0,0038	1,385E-05	1,382E-05	1,385E-05	1,385E-05	1,385E-05	0	0	
Comp Mole Frac (C2Oxide)	0	0,0128	0,0003	0,0020	0,0003	0,0003	0,0003	0	0	
Comp Mole Frac (CO2)	0	0,4088	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0	0	
Comp Mole Frac (H2O)	0	0,4945	0,9806	0,9806	0,9806	0,9806	0,9806	0	0	
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Comp Mole Frac (Methane)	0	0,0747	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	1	1	
Comp Mole Frac (DEGlycol)	0	5,873E-12	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0003	0	0	
Comp Mole Frac (EGlycol)	0	1,827E-12	0,0170	0,0153	0,0170	0,0170	0,0170	0	0	

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Balance por corrientes

	Unit	F-001	F-002	F-003	F-004	F-005	F-005+	F-006	F-101-	F-101+	F-102
Vapour Fraction		1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Temperature	C	50	-172,32	30	5	30	264,16	45,36	264,16	45,36	264,16
Pressure	kPa	2500	294,20	2000	294,19956	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Molar Flow	kgmole/h	242,39	240	250	240	250	240	242,3914	242,3914	150	150
Mass Flow	kg/h	6800	7680	4010,73	7680	4010,73	4010,725	7680	6800	6800	4800
Liquid Volume Flow	m3/h	17,74	6,75	13,40	6,75	13,40	13,40	6,75	17,74	17,74	4,22
Heat Flow	kJ/h	1,27E+07	-2,90E+06	-1,88E+07	-1,46E+05	-1,88E+07	-1,88E+07	1,73E+06	1,27E+07	1,27E+07	1,08E+06
Master Comp Mass Flow (C2Oxide)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (CO2)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (DEGlycol)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (EGlycol)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (Ethylene)	kg/h	6800	0	0	0	0	0	6800	6800	0	0
Master Comp Mass Flow (H2O)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (Methane)	kg/h	0	0	4010,73	0	4010,73	4010,73	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (Nitrogen)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (Oxygen)	kg/h	0	7680	0	7680	0	0	7680	0	0	4800

	Unit	F-103	F-104	F-105	F-201	F-202	F-203	F-301	F-302	F-304	F-305
Vapour Fraction		1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Temperature	C	28,24	29,98	99,35	260	260	201,85	30	15	33,73	15,31
Pressure	kPa	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Molar Flow	kgmole/h	2368,73	2611,13	2611,13	2611,13	2553,58	2553,58	2553,58	2960	3137,78	2375,80
Mass Flow	kg/h	56066,67	62866,67	62866,67	62866,67	62866,67	62866,67	62866,67	53324,70	59640,61	56550,76
Liquid Volume Flow	m3/h	133,02	150,76	150,76	150,76	146,04	146,04	146,04	53,43	60,51	138,96
Heat Flow	kJ/h	-1,90E+08	-1,77E+08	-1,70E+08	-1,50E+08	-2,00E+08	-2,08E+08	-2,30E+08	-8,45E+08	-8,68E+08	-2,07E+08
Master Comp Mass Flow (C2Oxide)	kg/h	0,68	0,68	0,68	0,68	5071,68	5071,68	5071,68	0	5070,87	0,80
Master Comp Mass Flow (CO2)	kg/h	13280,29	13280,29	13280,29	13280,29	15813,24	15813,24	15813,24	0	196,13746	15617,11
Master Comp Mass Flow (DEGlycol)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (EGlycol)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (Ethylene)	kg/h	15625,33	22425,33	22425,33	22425,33	18388,77	18388,77	18388,77	0	4,28	18384,49
Master Comp Mass Flow (H2O)	kg/h	40,52	40,52	40,52	40,52	1077,49	1077,49	1077,49	53324,70	54354,52	47,67
Master Comp Mass Flow (Methane)	kg/h	21241,23	21241,23	21241,23	21241,23	21241,23	21241,23	21241,23	0	14,08	21227,16
Master Comp Mass Flow (Nitrogen)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (Oxygen)	kg/h	5878,63	5878,63	5878,63	5878,63	1274,27	1274,27	1274,27	0	0,72	1273,54

	Unit	F-306	F-307	F-307B	F-308	F-309	F-310	F-311	F-312	F-313	F-401
Vapour Fraction		1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
Temperature	C	30	15,31	15,31	15,31	33,79	16,47	17,84	264,16	30	36,50
Pressure	kPa	2000	2000	2000	2000	2500	2000	2000	2000	2000	2500
Molar Flow	kgmole/h	199,50	2019,43	2019,23	356,37	3137,78	2218,73	7245,46	90	50,5	10247,335
Mass Flow	kg/h	3200,56	48068,15	48066,12	8482,61	59640,61	51266,67	168572,67	2880	810,17	189684,19
Liquid Volume Flow	m3/h	10,69	118,12	118,12	20,84	60,51	128,80	386,20	2,53	2,71	191,37
Heat Flow	kJ/h	-1,50E+07	-1,76E+08	-1,76E+08	-3,11E+07	-8,68E+08	-1,91E+08	-92,70E+08	6,50E+05	-3,79E+06	-2,87E+09
Master Comp Mass Flow (C2Oxide)	kg/h	0	0,68	0,68	0,12	5070,87	0,68	22,70	0	0	7888,38
Master Comp Mass Flow (CO2)	kg/h	0	13274,54	13280,29	2342,57	196,14	13280,29	63950,43	0	0	704,92
Master Comp Mass Flow (DEGlycol)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (EGlycol)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (Ethylene)	kg/h	0	15626,82	15625,33	2757,67	4,28	15625,33	12462,41	0	0	5,55
Master Comp Mass Flow (H2O)	kg/h	0	40,52	40,52	7,15	54354,52	40,52	140,42	0	0	181036,61
Master Comp Mass Flow (Methane)	kg/h	3200,56	18043,08	18040,67	3184,07	14,08	21241,23	79301,68	0	810,17	44,27
Master Comp Mass Flow (Nitrogen)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (Oxygen)	kg/h	0	1082,51	1078,63	191,03	0,72	1078,63	12695,02	2880	0	4,46

	Unit	F-402	F-403	F-403B	F-501	F-501C	F-502	F-503	Purga T501	F-504	505 (F-501B)
Vapour Fraction		0	0	0	0	0,20	0	0	1	0	0
Temperature	C	36,59	200	200	200	100,40	180,00	80,96	80,96	177,58	200
Pressure	kPa	3200	3200	3200	3200	102	105	100	100	100	3200
Molar Flow	kgmole/h	10247,33	10247,33	100884,92	100708,43	10070,84	177,75	9856,28	36,81	175,06	10070,84
Mass Flow	kg/h	189684,19	189684,19	1896842	1896842	189684,18	10977,45	177641,73	1065,00	10692,94	189684,18
Liquid Volume Flow	m3/h	191,37	191,37	1894,44	1892,30	189,23	9,89	178,02	1,32	9,63	189,23
Heat Flow	kJ/h	-2,87E+09	-2,74E+09	-2,76E+10	-2,76E+10	-2,76E+09	-7,56E+07	-2,77E+09	-1,05E+07	-7,41E+07	-2,76E+09
Master Comp Mass Flow (C2Oxide)	kg/h	7888,38	7888,38	8907,12	1131,94	113,19	0	92,42	20,77	0	113,19
Master Comp Mass Flow (CO2)	kg/h	704,92	704,92	7049,20	7049,20	704,92	0	42,68	662,24	0	704,92
Master Comp Mass Flow (DEGlycol)	kg/h	0	0	2591,07	2878,97	287,90	287,90	8,08E-05	2,29E-08	4,81	287,90
Master Comp Mass Flow (EGlycol)	kg/h	0	0	95561,42	106179,35	10617,94	10617,94	2,36E-05	4,17E-09	10616,51	10617,94
Master Comp Mass Flow (Ethylene)	kg/h	5,55	5,55	55,50	55,50	5,55	0,00	0,01	5,54	0	5,55
Master Comp Mass Flow (H2O)	kg/h	181036,61	181036,61	1782190	1779060	177905,96	71,62	177506,43	327,91	71,62	177905,96
Master Comp Mass Flow (Methane)	kg/h	44,27	44,27	442,68	442,68	44,27	0	0,17	44,10	0	44,27
Master Comp Mass Flow (Nitrogen)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (Oxygen)	kg/h	4,46	4,46	44,62	44,62	4,46	0	0,02	4,44	0	4,46

	Unit	506 (F-501B)	06 IDEM F-50	F-507	F-601	F-602	F-701	F-702	F-703	F-704	F-705
Vapour Fraction		0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
Temperature	C	200	200	243,67	25	25	260	260	48	15	15,34
Pressure	kPa	3200	3200	100	100	100	2000	2000	2000	1000	2000
Molar Flow	kgmole/h	90637,58	90637,58	2,69	175,06	2,69	7245,46	7213,48	7213,48	7000	7103,93
Mass Flow	kg/h	1707158	1707158	284,51	10692,94	284,51	168572,67	168572,67	168572,67	126105,70	164634,79
Liquid Volume Flow	m3/h	1703,07	1703,07	0,25	9,63	0,25	386,20	383,58	383,58	126,36	379,08
Heat Flow	kJ/h	-2,48E+10	-2,48E+10	-1,58E+06	-7,90E+07	-1,74E+06	-8,51E+08	-8,79E+08	-9,46E+08	-2,00E+09	-9,39E+08
Master Comp Mass Flow (C2Oxide)	kg/h	1018,74	1018,74	0	0	0	22,70	2840,80	2840,80	0	23,30
Master Comp Mass Flow (CO2)	kg/h	6344,28	6344,28	0	0	0	63950,43	63538,07	63538,07	0	64849,29
Master Comp Mass Flow (DEGlycol)	kg/h	2591,07	2591,07	283,08	4,81	283,08	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (EGlycol)	kg/h	95561,42	95561,42	1,42	10616,51	1,42	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (Ethylene)	kg/h	49,95	49,95	0	4,91E-27	0	12462,41	10219,18	10219,18	0	10217,91
Master Comp Mass Flow (H2O)	kg/h	1601154	1601154	0	71,62	0	140,42	716,70	716,70	126105,70	140,31
Master Comp Mass Flow (Methane)	kg/h	398,41	398,41	0	0	0	79301,68	79301,68	79301,68	0	79271,48
Master Comp Mass Flow (Nitrogen)	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (Oxygen)	kg/h	40,16	40,16	0	0	0	12695,02	10136,24	10136,24	0	10132,50

	Unit	F-706	F-707	F-709B	F708	F-709
Vapour Fraction		0	0	1	1	1
Temperature	C	37,65	37,71	15,34	15,34	15,34
Pressure	kPa	2000	2500	2000	2000	2000
Molar Flow	kgmole/h	7109,56	7109,56	6748,59	355,20	6748,73
Mass Flow	kg/h	130043,58	130043,58	156399,89	8231,74	156403,05
Liquid Volume Flow	m3/h	130,86	130,86	360,12	18,95	360,13
Heat Flow	kJ/h	-2,01E+09	-2,01E+09	-8,92E+08	-4,69E+07	-8,92E+08
Master Comp Mass Flow (C2Oxide)	kg/h	2817,51	2817,51	22,58	1,16	22,13
Master Comp Mass Flow (CO2)	kg/h	508,78	508,78	61607,87	3242,46	61606,83
Master Comp Mass Flow (DEGlycol)	kg/h	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (EGlycol)	kg/h	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (Ethylene)	kg/h	1,27	1,27	9704,74	510,90	9707,02
Master Comp Mass Flow (H2O)	kg/h	126682,09	126682,09	133,27	7,02	133,29
Master Comp Mass Flow (Methane)	kg/h	30,19	30,19	75307,44	3963,57	75307,91
Master Comp Mass Flow (Nitrogen)	kg/h	0	0	0	0	0
Master Comp Mass Flow (Oxygen)	kg/h	3,74	3,74	9623,99	506,63	9625,88

---

### DISEÑO DE EQUIPOS

---

#### Tanque TK-001.

El tanque TK-001 es el encargado de almacenar el oxígeno líquido. El mismo tendrá cuerpo cilíndrico y cabezales torisféricos.

#### Cálculos hidráulicos

Las ecuaciones de diseño están dadas por:

$$V_{TK-001} = \frac{F}{\rho_{mezcla}} * \tau * f$$

Del balance de masa en el equipo se tiene que:

$$F = F_{O_2}$$

$$F = 7\,680 \frac{kg}{h}$$

$$\rho_{mezcla} = \frac{7\,680 \frac{kg}{h}}{6,75 \frac{m^3}{h}}$$

$$\rho_{mezcla} = 1\,138 \frac{kg}{m^3}$$

Se considera un tiempo de residencia de un día:

$$\tau = 24 \text{ hr}$$

Aplicando un factor de seguridad igual al 20% y reemplazando en la ecuación de diseño, se obtendrá el volumen útil del tanque:

$$V_{\text{útil}_{TK-001}} = \frac{7\,680 \frac{kg}{h}}{1\,138 \frac{kg}{m^3}} * 24 \text{ h} * 1,2$$

$$V_{\text{útil}_{TK-001}} = 194 \text{ m}^3$$

El volumen real, se calcula en base al volumen útil y se dimensiona para que soporte cualquier adversidad (si la altura supera dos veces al diámetro, el tanque puede caerse debido a la acción de los vientos).

Con lo cual se considerará:  $H = 5 \text{ m}$   $D = 7,1 \text{ m}$

$$V_{TK-001} = \frac{\pi * D^2 * H}{4} = 198 \text{ m}^3$$

Para disminuir el tránsito interno de camiones cisterna se instalarán dos tanques idénticos.

#### Intercambiador de calor I-101





En el intercambiador I-101 se recupera parte de la energía que transporta el caudal de salida del reactor de oxidación. De esta manera, se produce un ahorro energético en el intercambiador I-102 que se encargará de llevar la corriente de entrada al reactor a la temperatura de reacción.

El tipo de equipo a utilizar es de coraza y tubos 1-2 (un paso por coraza y dos pasos por tubo) y el material de construcción acero inoxidable.

### Balance de materia y energía

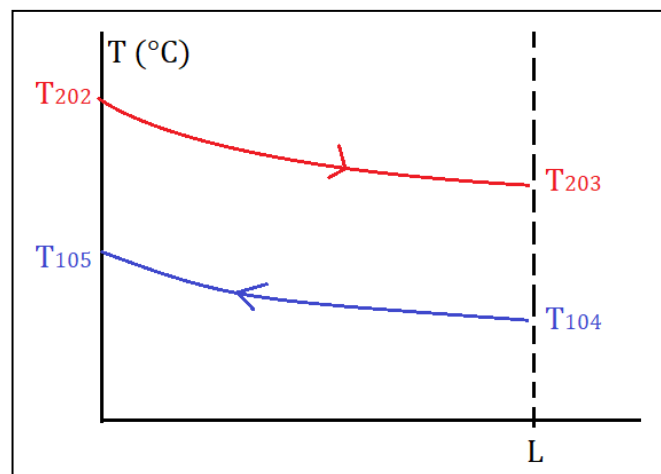
Corriente fría:  $T_{104} = 30^{\circ}\text{C}$        $T_{105} = 99^{\circ}\text{C}$   
 Corriente caliente:  $T_{202} = 260^{\circ}\text{C}$        $T_{203} = 202^{\circ}\text{C}$   
 Calor intercambiado:  $Q = 2134 \text{ kJ/s}$

Diferencia de temperatura media logarítmica: disposición contracorriente

$$DMTL = \frac{(T_{202} - T_{105}) - (T_{203} - T_{104})}{\ln\left(\frac{T_{202} - T_{105}}{T_{203} - T_{104}}\right)}$$

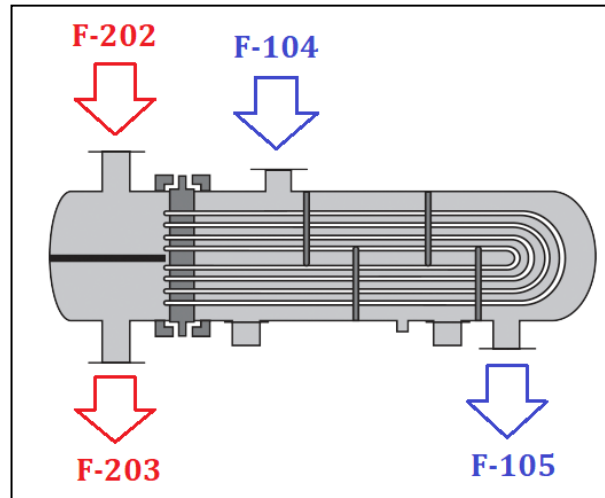
$$DMTL = \frac{(260 - 99) - (202 - 30)}{\ln\left(\frac{260 - 99}{202 - 30}\right)}$$

$$DMTL = 166^{\circ}\text{C} = 166 \text{ K}$$



Diferencia de temperatura verdadera: disposición 1-2

## FINAL INTEGRACIÓN V



Parámetros adimensionales:

$$R = \frac{T_{202} - T_{203}}{T_{105} - T_{104}}$$

$$R = \frac{260 - 202}{99 - 30}$$

$$R = 0,84$$

$$S = \frac{T_{105} - T_{104}}{T_{202} - T_{104}}$$

$$S = \frac{99 - 30}{260 - 30}$$

$$S = 0,30$$

Se extrae gráficamente el factor de corrección de DMTL: **Ft = 0,98**

Como el valor obtenido es mayor a 0,75 se considera apropiada la disposición 1-2.

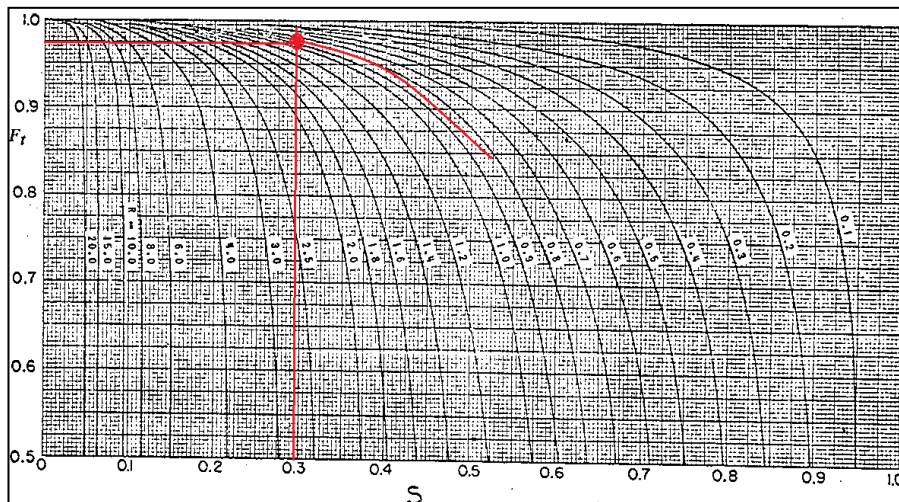
Diferencia de temperatura verdadera:

$$\Delta T = Ft \cdot DMTL$$

$$\Delta T = 0,98 \cdot 166 \text{ K}$$

$$\Delta T = 162,7 \text{ K}$$

## FINAL INTEGRACIÓN V



### Coefficiente global de transferencia

Se estima el coeficiente global de transferencia gas – gas como la media aritmética en  $35 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$

Este valor contempla un factor de ensuciamiento de  $0,0005 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$ .

Fluido caliente	Fluido frío	U (W/m <sup>2</sup> ·k)
Agua	Agua	1300 – 2500
Amoniaco	Agua	1000 – 2500
Gas	Agua	10 – 250
Gas	Gas	10 – 60
Gas	Orgánico liviano	20 – 100
Gas	Orgánico pesado	20 – 60
Orgánico liviano (< 0,5 cP)	Gas	20 – 100
Orgánico pesado (> 1 cP)	Gas	20 – 60
Agua	Aire comprimido	50 – 70
Agua	Aceite lubricante	110 – 340
Orgánico liviano	Agua	370 – 750
Orgánico mediano (0,5 – 1 cP)	Agua	240 – 650
Orgánico pesado	Aceite lubricante	25 – 400

### Diámetro de tubos

El diseño se realizará utilizando tubos de 1 pulgada calibre BWG12, que tienen un diámetro interno de 0,0190 m y un diámetro externo de 0,0254 m.

Un diámetro menor dificulta la limpieza y los diámetros mayores a 1 pulgada presentan una desfavorable relación área de flujo / área de transferencia.

### Arreglo de tubos

Se opta por el arreglo de tubos en cuadrado. Esto se debe a que tal arreglo permite una fácil limpieza mecánica del área exterior de los tubos, lo cual no sucede con el arreglo en triángulo.

### Ubicación de los fluidos

Ambos fluidos son gases de características similares. Por lo cual, se decide hacer circular por tubos al fluido de mayor temperatura (producto de reacción) y por coraza al fluido de menor temperatura (reactivos a precalentar). De esta manera, se disminuyen las pérdidas de energía hacia el exterior del equipo.



### Área de transferencia total

Ecuación del calor intercambiado:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T}$$

$$A = \frac{2134 \cdot 10^3 J}{35 \frac{J}{s \cdot m^2 \cdot K} \cdot 162,7 K}$$

$$A = 375 m^2$$

### Número de tubos

Diámetro externo de tubos,  $D_e = 0,0254 m$

Longitud de tubos,  $L = 10 m$

Área de transferencia de un tubo:

$$a = \pi \cdot L \cdot D_e$$

$$a = \pi \cdot 10 m \cdot 0,0254 m$$

$$a = 0,798 m^2$$

Número de tubos:

$$N = \frac{A}{a}$$

$$N = \frac{375 m^2}{0,798 m^2}$$

$$N = 470 \text{ tubos}$$

### Área de flujo: tubos

Número de tubos,  $N = 470 \text{ tubos}$

Número de pasos por tubos,  $n = 2$

Diámetro interno de tubos,  $D_i = 0,0190 m$

Densidad media del fluido que circula por tubos,  $\rho = 13,9 \text{ kg/m}^3$

Caudal másico del fluido que circula por tubos,  $m_i = 17,5 \text{ kg/s}$

## FINAL INTEGRACIÓN V

Área de flujo total:

$$A_i = \frac{N \cdot \pi \cdot D_i^2}{4 \cdot n}$$

$$A_i = \frac{470 \cdot \pi \cdot (0,0190 \text{ m})^2}{4 \cdot 2}$$

$$A_i = 0,0666 \text{ m}^2$$

Los valores de densidad media son extraídos de la simulación con Aspen Hysys.

Velocidad: verificación

La velocidad de circulación por tubos se puede obtener a partir del caudal volumétrico y el área de flujo total.

Caudal volumétrico

$$Q_i = \frac{m_i}{p}$$

$$Q_i = \frac{17,5 \text{ kg/s}}{13,9 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q_i = 1,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad de circulación

$$V_i = \frac{Q_i}{A_i}$$

$$V_i = \frac{1,26 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0666 \text{ m}^2}$$

$$V_i = 18,9 \text{ m/s}$$

Como se puede observar, la velocidad cae dentro del rango aconsejable 9 – 30 m/s.

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30



Diámetro de coraza

Número de tubos,  $N = 470$  tubos

Número de pasos por tubos fijos,  $n = 2$

Calibre de tubos: BWG 12 - 1"

Arreglo de tubo: cuadrado

Diámetro de coraza,  $D_c = 33 \text{ in} = 0,84 \text{ m}$

*El diámetro se estima interpolando por tabla, a partir de una separación de 10 mm entre la coraza y los tubos. Apéndice 11 – Disposición de tubos para un intercambiador (Eduardo Cao).*

$\phi$ carcasa	N° agujeros	$\phi$ carcasa	N° agujeros
12	52	26	280
14	70	28	336
16	90	30	394
18	124	32	452
20	158	34	514
22	196	36	570
24	234	38	640



### Intercambiador de calor I-201

En el intercambiador I-201 se encarga de adecuar la corriente de entrada al reactor de oxidación. El mismo utiliza vapor de agua sobrecalentado para llegar a la temperatura de reacción de 260 °C.

El tipo de equipo a utilizar es de coraza y tubos 1-2 (un paso por coraza y dos pasos por tubo) y el material de construcción acero inoxidable.

#### Balace de materia y energía

Corriente fría:  $T_{105} = 99^{\circ}\text{C}$        $T_{201} = 260^{\circ}\text{C}$

Corriente auxiliar:  $T_{A01} = 650^{\circ}\text{C}$        $T_{A02} = 300^{\circ}\text{C}$

Calor intercambiado:  $Q = 5556 \text{ kJ/s}$

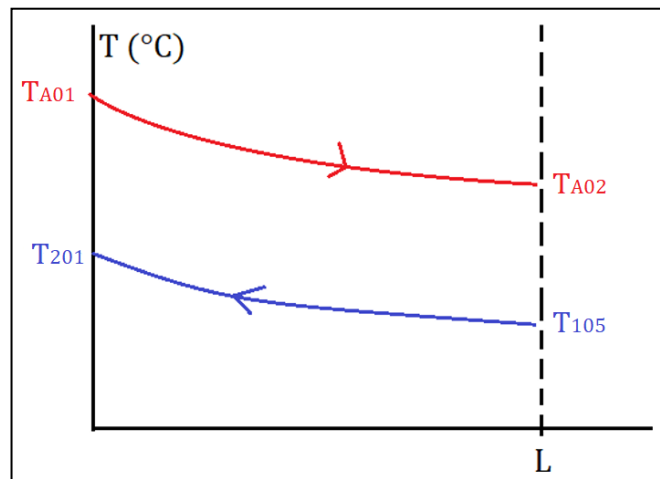
*Se utiliza como corriente auxiliar 7,34 kg/s de vapor sobrecalentado a 40 atm.*

Diferencia de temperatura media logarítmica: disposición contracorriente

$$DMTL = \frac{(T_{A01} - T_{201}) - (T_{A02} - T_{105})}{\ln\left(\frac{T_{A01} - T_{201}}{T_{A02} - T_{105}}\right)}$$

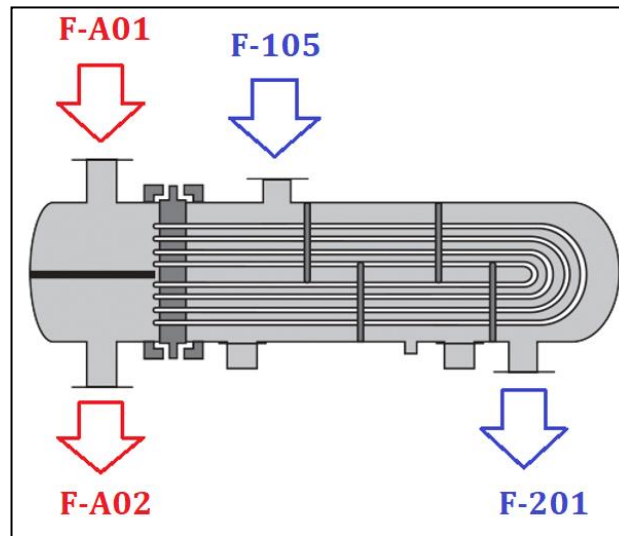
$$DMTL = \frac{(650 - 260) - (300 - 99)}{\ln\left(\frac{650 - 260}{300 - 99}\right)}$$

$$DMTL = 285^{\circ}\text{C} = 285 \text{ K}$$



## FINAL INTEGRACIÓN V

Diferencia de temperatura verdadera: disposición 1-2



Parámetros adimensionales:

$$R = \frac{T_{201} - T_{105}}{T_{A01} - T_{A02}}$$

$$R = \frac{260 - 99}{650 - 300}$$

$$R = 0,46$$

$$S = \frac{T_{105} - T_{104}}{T_{202} - T_{104}}$$

$$S = \frac{260 - 99}{650 - 99}$$

$$S = 0,29$$

Se extrae gráficamente el factor de corrección de DMTL: **Ft = 0,98**

Como el valor obtenido es mayor a 0,75 se considera apropiada la disposición 1-2.

Diferencia de temperatura verdadera:

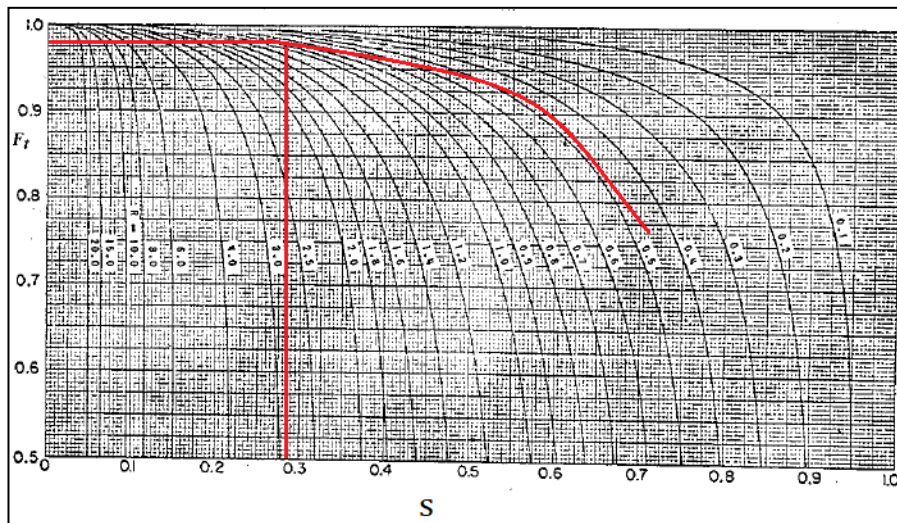
$$\Delta T = Ft \cdot DMTL$$

$$\Delta T = 0,98 \cdot 419K$$

$$\Delta T = 410,6$$



## FINAL INTEGRACIÓN V



### Coefficiente global de transferencia

Se estima el coeficiente global de transferencia vapor – gas como la media aritmética en  $110 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$

Este valor contempla un factor de ensuciamiento de  $0,0005 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$ .

Fluido caliente	Fluido frío	U ( $\text{J/s m}^2 \text{ K}$ )
Vapor	agua	1500-4000
Vapor	aceites livianos	250-800
Vapor	aceites pesados	50-450
Vapor	solventes orgánicos	600-1200
Vapor	gases	20-200

### Diámetro de tubos

El diseño se realizará utilizando tubos de 1 pulgada calibre BWG12, que tienen un diámetro interno de  $0,0190 \text{ m}$  y un diámetro externo de  $0,0254 \text{ m}$ .

Un diámetro menor dificulta la limpieza y los diámetros mayores a 1 pulgada presentan una desfavorable relación área de flujo / área de transferencia.

### Arreglo de tubos

Se opta por el arreglo de tubos en cuadrado. Esto se debe a que tal arreglo permite una fácil limpieza mecánica del área exterior de los tubos, lo cual no sucede con el arreglo en triángulo.

### Ubicación de los fluidos

Se decide hacer circular por tubos al fluido de mayor temperatura (vapor de agua) y por coraza al fluido de menor temperatura (reactivos a precalentar). De esta manera, se disminuyen las pérdidas de energía hacia el exterior del equipo y se evita que el vapor corra o erosione ambas superficies (tubos y coraza).



### Área de transferencia total

Ecuación del calor intercambiado:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T}$$

$$A = \frac{5556 \cdot 10^3 \text{ J}}{110 \frac{\text{J}}{\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 410,6 \text{ K}}$$

$$A = 123 \text{ m}^2$$

### Número de tubos

Diámetro externo de tubos,  $D_e = 0,0254 \text{ m}$

Longitud de tubos,  $L = 5 \text{ m}$

Área de transferencia de un tubo:

$$a = \pi \cdot L \cdot D_e$$

$$a = \pi \cdot 5 \text{ m} \cdot 0,0254 \text{ m}$$

$$a = 0399 \text{ m}^2$$

Número de tubos:

$$N = \frac{A}{a}$$

$$N = \frac{123 \text{ m}^2}{0,399 \text{ m}^2}$$

$$N = 308 \text{ tubos}$$

### Área de flujo: tubos

Número de tubos,  $N = 308 \text{ tubos}$

Número de pasos por tubos,  $n = 2$

Diámetro interno de tubos,  $D_i = 0,0190 \text{ m}$

Densidad media del fluido que circula por tubos,  $\rho = 12,4 \text{ kg/m}^3$

Caudal másico del fluido que circula por tubos,  $m_i = 7,34 \text{ kg/s}$

## FINAL INTEGRACIÓN V

Área de flujo total:

$$A_i = \frac{N \cdot \pi \cdot D_i^2}{4 \cdot n}$$

$$A_i = \frac{308 \cdot \pi \cdot (0,0190 \text{ m})^2}{4 \cdot 2}$$

$$A_i = 0,0437 \text{ m}^2$$

Los valores de densidad media son extraídos de la simulación con Aspen Hysys.

Velocidad: verificación

La velocidad de circulación por tubos se puede obtener a partir del caudal volumétrico y el área de flujo total.

Caudal volumétrico

$$Q_i = \frac{m_i}{p}$$

$$Q_i = \frac{7,34 \text{ kg/s}}{12,4 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q_i = 0,592 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad de circulación

$$V_i = \frac{Q_i}{A_i}$$

$$V_i = \frac{0,592 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0437 \text{ m}^2}$$

$$V_i = 13,5 \text{ m/s}$$

Como se puede observar, la velocidad cae dentro del rango aconsejable 9 – 15 m/s.

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30



Diámetro de coraza

Número de tubos,  $N = 308$  tubos

Número de pasos por tubos fijos,  $n = 2$

Calibre de tubos: BWG 12 - 1"

Arreglo de tubo: cuadrado

Diámetro de coraza,  $D_c = 27 \text{ in} = 0,69 \text{ m}$

*El diámetro se estima interpolando de tabla, a partir de una separación mínima de 10 mm entre la coraza y los tubos. Apéndice 11 – Disposición de tubos para un intercambiador (Eduardo Cao).*

$\phi$ carcasa	N° agujeros	$\phi$ carcasa	N° agujeros
12	52	26	280
14	70	28	336
16	90	30	394
18	124	32	452
20	158	34	514
22	196	36	570
24	234	38	640

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Intercambiador de calor I-301

El intercambiador I-301 permite disminuir la temperatura de la corriente de salida del reactor de oxidación para una eficiente absorción en la torre T-301. Para tal fin, se utiliza una corriente auxiliar de 121,6 kg/s de agua glicolada (líquido saturado) a  $-2^{\circ}\text{C}$ .

El tipo de equipo a utilizar es de coraza y tubos 1-2 (un paso por coraza y dos pasos por tubos) y el material de construcción acero inoxidable.

#### Balance de materia y energía

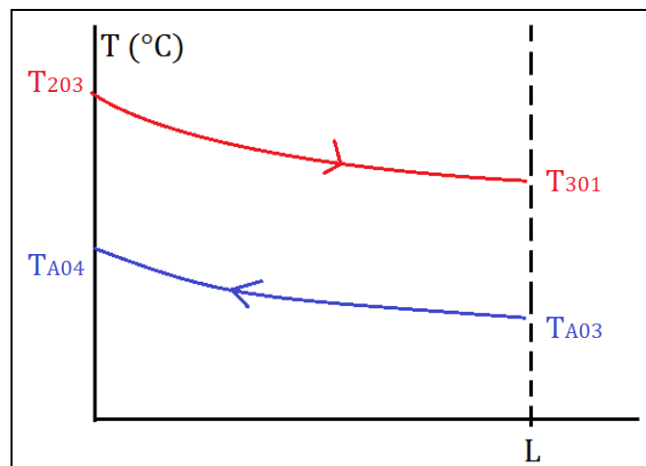
Corriente auxiliar:  $T_{A03} = -2^{\circ}\text{C}$      $T_{A04} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Corriente caliente:  $T_{203} = 202^{\circ}\text{C}$      $T_{301} = 30^{\circ}\text{C}$   
 Calor intercambiado:  $Q = 5556 \text{ kJ/s}$

Diferencia de temperatura media logarítmica: disposición contracorriente

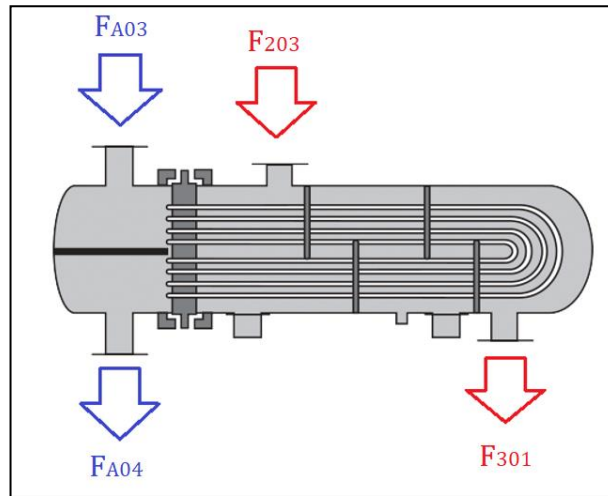
$$DMTL = \frac{(T_{203} - T_{A04}) - (T_{301} - T_{A03})}{\ln\left(\frac{T_{203} - T_{A04}}{T_{301} - T_{A03}}\right)}$$

$$DMTL = \frac{(202 - 10) - (30 + 2)}{\ln\left(\frac{202 - 10}{30 + 2}\right)}$$

$$DMTL = 89,3^{\circ}\text{C} = 89,3\text{K}$$



Diferencia de temperatura verdadera: disposición 1-2



Parámetros adimensionales:

$$R = \frac{T_{203} - T_{301}}{T_{A04} - T_{A03}}$$

$$R = \frac{202 - 30}{10 + 2}$$

$$R = 14,3$$

$$S = \frac{T_{A04} - T_{A03}}{T_{203} - T_{A03}}$$

$$S = \frac{10 + 2}{202 + 2}$$

$$S = 0,059$$

Se extrae gráficamente el factor de corrección de DMTL: **Ft = 0,98**

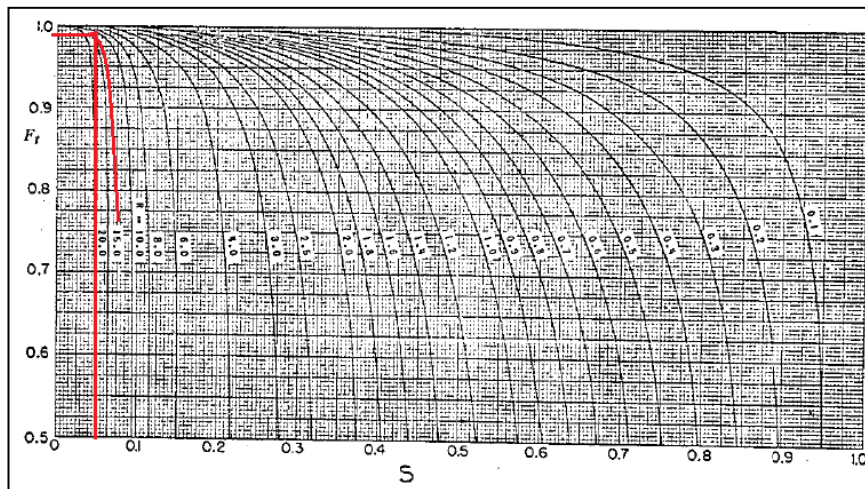
Como el valor obtenido es mayor a 0,75 se considera apropiada la disposición 1-2.

Diferencia de temperatura verdadera:

$$\Delta T = Ft \cdot DMTL$$

$$\Delta T = 0,98 \cdot 89,3 K$$

$$\Delta T = 87,5 K$$



### Coefficiente global de transferencia

Se estima el coeficiente global de transferencia gas – agua como la media aritmética en  $130 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$

Este valor contempla un factor de ensuciamiento de  $0,0005 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$ .

Fluido caliente	Fluido frío	U (J/ s m <sup>2</sup> K)
Agua	agua	800-1600
Solventes orgánicos	agua	250-750
Gases	agua	15-250
Aceites livianos	agua	350-900

### Diámetro de tubos

El diseño se realizará utilizando tubos de 1 pulgada calibre BWG12, que tienen un diámetro interno de 0,0190 m y un diámetro externo de 0,0254 m.

Un diámetro menor dificulta la limpieza y los diámetros mayores a 1 pulgada presentan una desfavorable relación área de flujo / área de transferencia.

### Arreglo de tubos

Se opta por el arreglo de tubos en cuadrado. Esto se debe a que tal arreglo permite una fácil limpieza mecánica del área exterior de los tubos, lo cual no sucede con el arreglo en triángulo.

### Ubicación de los fluidos

Se decide hacer circular por tubos el fluido de enfriamiento (agua glicolada) y por coraza el fluido a absorber (productos de reacción). De esta manera, se evita la posible erosión de ambas superficies debido a la circulación del agua.





### Área de transferencia total

Ecuación del calor intercambiado:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T}$$

$$A = \frac{5556 \cdot 10^3 J}{130 \frac{J}{s \cdot m^2 \cdot K} \cdot 87,5 K}$$

$$A = 489 m^2$$

### Número de tubos

Diámetro externo de tubos,  $D_e = 0,0254 m$

Longitud de tubos,  $L = 10 m$

Área de transferencia de un tubo:

$$a = \pi \cdot L \cdot D_e$$

$$a = \pi \cdot 10 m \cdot 0,0254 m$$

$$a = 0,958 m^2$$

Número de tubos:

$$N = \frac{A}{a}$$

$$N = \frac{489 m^2}{0,958 m^2}$$

$$N = 510 \text{ tubos}$$

### Área de flujo: tubos

Número de tubos,  $N = 510 \text{ tubos}$

Número de pasos por tubos,  $n = 2$

Diámetro interno de tubos,  $D_i = 0,0190 m$

Densidad media del fluido que circula por tubos,  $\rho = 1023 \text{ kg/m}^3$

Caudal másico del fluido que circula por tubos,  $m_i = 121,6 \text{ kg/s}$



## FINAL INTEGRACIÓN V

Área de flujo total:

$$A_i = \frac{N \cdot \pi \cdot D_i^2}{4 \cdot n}$$

$$A_i = \frac{510 \cdot \pi \cdot (0,0190 \text{ m})^2}{4 \cdot 2}$$

$$A_i = 0,0723 \text{ m}^2$$

Los valores de densidad media son extraídos de la simulación con Aspen Hysys.

Velocidad: verificación

La velocidad de circulación por tubos se puede obtener a partir del caudal volumétrico y el área de flujo total.

Caudal volumétrico

$$Q_i = \frac{m_i}{p}$$

$$Q_i = \frac{121,6 \text{ kg/s}}{1023 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q_i = 0,119 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad de circulación

$$V_i = \frac{Q_i}{A_i}$$

$$V_i = \frac{0,119 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0723 \text{ m}^2}$$

$$V_i = 1,65 \text{ m/s}$$

Como se puede observar, la velocidad cae dentro del rango aconsejable 1,2 – 2,4 m/s.

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30



Diámetro de coraza

Número de tubos,  $N = 683$  tubos

Número de pasos por tubos fijos,  $n = 2$

Calibre de tubos: BWG 12 - 1"

Arreglo de tubo: cuadrado

Diámetro de coraza,  $D_c = 34 \text{ in} = 0,86 \text{ m}$

*El diámetro se estima para 514 tubos por tabla, a partir de una separación de 10 mm entre la coraza y los tubos. Apéndice 11 – Disposición de tubos para un intercambiador (Eduardo Cao).*

$\phi$ carcasa	N° agujeros	$\phi$ carcasa	N° agujeros
12	52	26	280
14	70	28	336
16	90	30	394
18	124	32	452
20	158	34	514
22	196	36	570
24	234	38	640

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Torre de absorción T-301

La torre T-301 cumple la función de separar el óxido de etileno producido en el reactor de oxidación de los demás gases mediante su absorción en agua.

Su estimación comienza con la gráfica de Eckert. La cual permite encontrar el valor de abscisa en función de los caudales máxicos y las densidades medias de las corrientes gaseosas y líquidas.

Gráfica de ECKERT

$$X = \frac{\bar{L}_n}{\bar{G}_n} \left( \frac{\bar{\rho}_{Gn}}{\bar{\rho}_{Ln} - \bar{\rho}_{Gn}} \right)^{0,5}$$

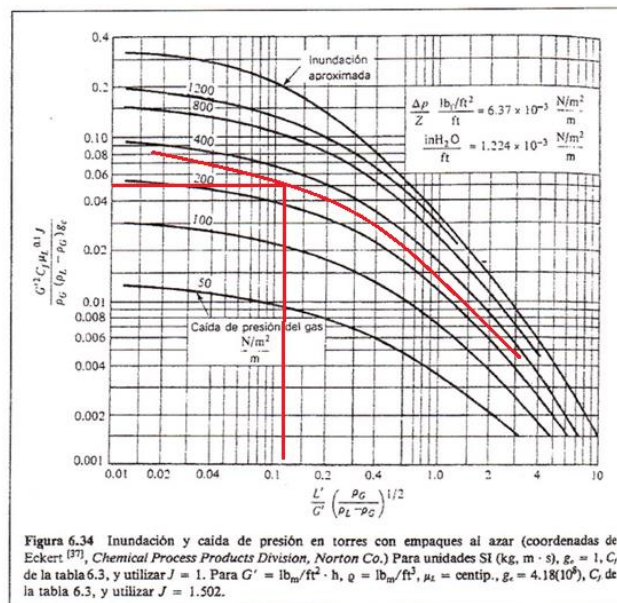
$$x = \frac{53325 \text{ kg/h}}{62867 \text{ kg/h}} * \left( \frac{19,9 \text{ kg/m}^3}{1015,4 \text{ kg/m}^3 - 19,9 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,5}$$

$$x = 0,12$$

Seleccionando una caída de presión de 300 Pa/m, obtenemos un valor de ordenada de

$$y = 0,05$$

La siguiente gráfica es tomada de *R. Treybal – Operaciones de transferencia de masa – McGraw – Hill Segunda Edición 1986*.



## FINAL INTEGRACIÓN V

### Gráfica de ECKERT

$$y = \frac{(\bar{G}/\bar{S})^2 \cdot Cf \cdot u_L^{0,1} \cdot J}{p_{Gn} \cdot (p_{Ln} - p_{Gn}) \cdot gc}$$

Donde Cf es el factor de empaque y gc es la constante gravitacional.

Para el sistema internacional Cf = J = 1.

**TABLA 18.1**  
Características de empaques para torres<sup>8,11&21</sup>

Tipo	Material	Tamaño, nominal, in.	Densidad global, <sup>1</sup> lb/ft <sup>3</sup>	Área total, <sup>1</sup> ft <sup>2</sup> /ft <sup>3</sup>	Porosidad ε	Factores de empaque <sup>2</sup>	
						F <sub>p</sub>	f <sub>p</sub>
Anillos Raschig	Cerámica	1/2	55	112	0.64	580	1.52§
		1 1/2	42	58	0.74	155	1.36§
		1 1/2	43	37	0.73	95	1.0
		2	41	28	0.74	65	0.92§
Anillos Pall	Metal	1	30	63	0.94	56	1.54
		1 1/2	24	39	0.95	40	1.36
		2	22	31	0.96	27	1.09
		Plástico	1	5.5	63	0.90	55
Monturas Berl	Cerámica	1 1/2	4.8	39	0.91	40	1.18
		1 1/2	54	142	0.62	240	1.58§
		1	45	76	0.68	110	1.36§
Monturas Intalox	Cerámica	1 1/2	40	46	0.71	65	1.07§
		1 1/2	46	190	0.71	200	2.27
		1	42	78	0.73	92	1.54
		1 1/2	39	59	0.76	52	1.18
Monturas Super Intalox	Cerámica	2	38	36	0.76	40	1.0
		3	36	28	0.79	22	0.64
		1	—	—	—	60	1.54
IMTP	Metal	2	—	—	—	30	1.0
		1	—	—	0.97	41	1.74
Hy-Pak	Metal	1 1/2	—	—	0.98	24	1.37
		2	—	—	0.98	18	1.19
		1	19	54	0.96	45	1.54
		1 1/2	—	—	—	29	1.36
		2	14	29	0.97	26	1.09

<sup>1</sup> La densidad global y el área total están referidas a la unidad de volumen de la columna.  
<sup>2</sup> El factor F<sub>p</sub> es un factor de caída de presión y el factor f<sub>p</sub> es un coeficiente relativo de transferencia de materia. El factor f<sub>p</sub> se estudia en la página 630 en el apartado "Funcionamiento de otros empaques". Su uso se ilustra en el ejemplo 18.7.  
<sup>3</sup> Con base en datos de NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O; los demás factores se basan en datos de CO<sub>2</sub>-NaOH.

Considerando la utilización de anillos Pall plásticos de 1 pulgada:

$$0,05 = \frac{\left( \frac{53325 \frac{kg}{h} * \frac{1h}{3600s}}{S} \right)^2 * 55 * (0,001136)^{0,1}}{19,9 \frac{kg}{m^3} * (1015,4 \frac{kg}{m^3} - \frac{19,9kg}{m^3})}$$

Despejando el área de flujo:  $S = 2,487 m^2$

Por lo tanto, el diámetro de la torre será:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 2,487m^2}{\pi}} = 1,78 m$$

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Intercambiador de calor I-701

El intercambiador I-701 se encarga de elevar la temperatura de la corriente de purga hasta la temperatura de reacción. De esta manera, se recuperará parte del etileno antes de quemar dicha corriente en la antorcha. El fluido térmico es vapor de agua sobrecalentado, el cual es alimentado a 40 atm y 25,7 kg/s.

El tipo de equipo a utilizar es de coraza y tubos. Alimentado en contracorriente y cuyo material de construcción es acero inoxidable.

#### Balance de materia y energía

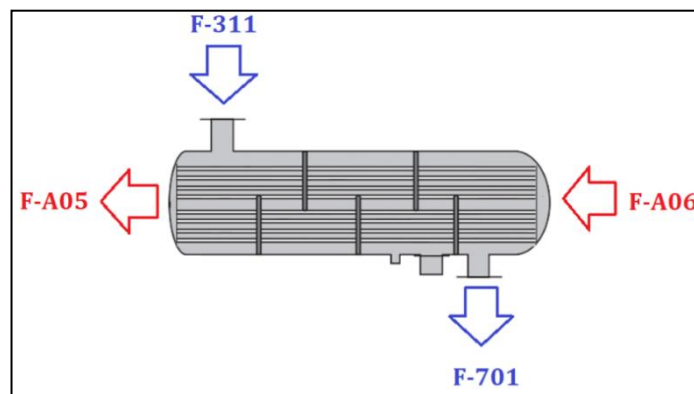
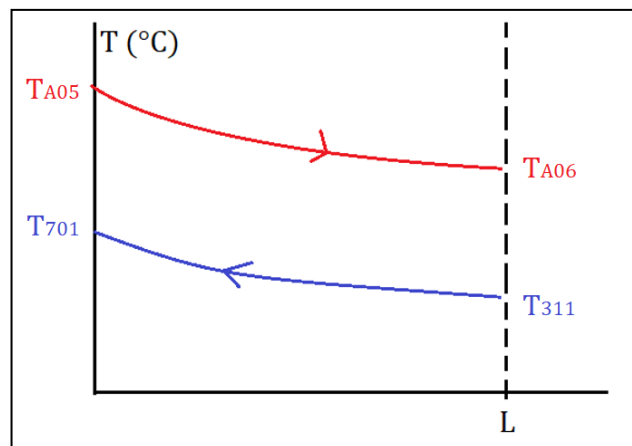
Corriente fría:  $T_{311} = 17,84^{\circ}\text{C}$        $T_{701} = 260^{\circ}\text{C}$   
 Corriente caliente:  $T_{A05} = 650^{\circ}\text{C}$        $T_{A06} = 300^{\circ}\text{C}$   
 Calor intercambiado:  $Q = 2000 \text{ kJ/s}$

Diferencia de temperatura media logarítmica: disposición contracorriente

$$DMTL = \frac{(T_{A05} - T_{701}) - (T_{A06} - T_{311})}{\ln\left(\frac{T_{A05} - T_{701}}{T_{A06} - T_{311}}\right)}$$

$$DMTL = \frac{(650 - 260) - (300 - 17,84)}{\ln\left(\frac{650 - 260}{300 - 17,84}\right)}$$

$$DMTL = 333^{\circ}\text{C} = 333 \text{ K}$$



## FINAL INTEGRACIÓN V

### Coefficiente global de transferencia

Se estima el coeficiente global de transferencia vapor – gas como la media aritmética en  $110 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$

Este valor contempla un factor de ensuciamiento de  $0,0005 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$ .

Fluido caliente	Fluido frío	U ( $\text{J/s m}^2 \text{ K}$ )
Vapor	agua	1500-4000
Vapor	aceites livianos	250-800
Vapor	aceites pesados	50-450
Vapor	solventes orgánicos	600-1200
Vapor	gases	20-200
Fluidos térmicos	aceites pesados	45-300

### Diámetro de tubos

El diseño se realizará utilizando tubos de 1 pulgada calibre BWG12, que tienen un diámetro interno de  $0,0190 \text{ m}$  y un diámetro externo de  $0,0254 \text{ m}$ .

Un diámetro menor dificulta la limpieza y los diámetros mayores a 1 pulgada presentan una desfavorable relación área de flujo / área de transferencia.

### Arreglo de tubos

Se opta por el arreglo de tubos en cuadrado. Esto se debe a que tal arreglo permite una fácil limpieza mecánica del área exterior de los tubos, lo cual no sucede con el arreglo en triángulo.

### Ubicación de los fluidos

Se decide hacer circular por tubos al fluido térmico (vapor de agua) y por coraza al fluido de menor temperatura (reactivos a precalentar). De esta manera, se disminuyen las pérdidas de energía hacia el exterior del equipo y se evita la erosión de ambas superficies.

### Área de transferencia total

Ecuación del calor intercambiado:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T}$$

$$A = \frac{2000 \cdot 10^3 \text{ J}}{110 \frac{\text{J}}{\text{s.m}^2.\text{K}} \cdot 333 \text{ K}}$$

$$A = 54,6 \text{ m}^2$$



Número de tubos

Diámetro interno de tubos,  $D_e = 0,0254 \text{ m}$

Longitud de tubos,  $L = 1,5 \text{ m}$

Área de transferencia de un tubo:

$$a = \pi \cdot L \cdot D_e$$

$$a = \pi \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 0,0254 \text{ m}$$

$$a = 0,120 \text{ m}^2$$

Número de tubos:

$$N = \frac{A}{a}$$

$$N = \frac{54,6 \text{ m}^2}{0,120 \text{ m}^2}$$

$$N = 456 \text{ tubos}$$

Área de flujo: tubos

Número de tubos,  $N = 456 \text{ tubos}$

Número de pasos por tubos,  $n = 1$

Diámetro interno de tubos,  $D_i = 0,0190 \text{ m}$

Densidad media del fluido que circula por tubos,  $\rho = 15,0 \text{ kg/m}^3$

Caudal másico del fluido que circula por tubos,  $m_i = 25,7 \text{ kg/s}$

Área de flujo total:

$$A_i = \frac{N \cdot \pi \cdot D_i^2}{4 \cdot n}$$

$$A_i = \frac{456 \cdot \pi \cdot (0,0190 \text{ m})^2}{4 \cdot 1}$$

$$A_i = 0,129 \text{ m}^2$$

*Los valores de densidad media son extraídos de la simulación con Aspen Hysys.*



## FINAL INTEGRACIÓN V

Velocidad: verificación

La velocidad de circulación por tubos se puede obtener a partir del caudal volumétrico y el área de flujo total.

Caudal volumétrico

$$Q_i = \frac{m_i}{p}$$

$$Q_i = \frac{25,7 \text{ kg/s}}{15,0 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q_i = 1,71 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad de circulación

$$V_i = \frac{Q_i}{A_i}$$

$$V_i = \frac{1,71 \text{ m}^3/\text{s}}{0,129 \text{ m}^2}$$

$$V_i = 13,3 \text{ m/s}$$

Como se puede observar, la velocidad cae dentro del rango aconsejable 9 – 15 m/s.

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30

Diámetro de coraza

Número de tubos, N = 456 tubos

Número de pasos por tubos fijos, n = 1

Calibre de tubos: BWG 12 - 1"

Arreglo de tubo: cuadrado

Diámetro de coraza,  $D_c = 32 \text{ in} = 0,81 \text{ m}$

*El diámetro se estima a partir de tabla: Apéndice 8 – Disposición de tubos en intercambiadores de calor (Eduardo Cao).*



### Intercambiador de calor I-702

El intercambiador I-702 permite disminuir la temperatura de la corriente de salida del reactor de oxidación de purga para una eficiente absorción en la torre T-701. Para tal fin, se utiliza una corriente auxiliar de 39,1 kg/s de agua glicolada (líquido saturado) a  $-2^{\circ}\text{C}$ .

El tipo de equipo a utilizar es de coraza y tubos 1-2 (un paso por coraza y dos pasos por tubos) y el material de construcción acero inoxidable.

#### Balance de materia y energía

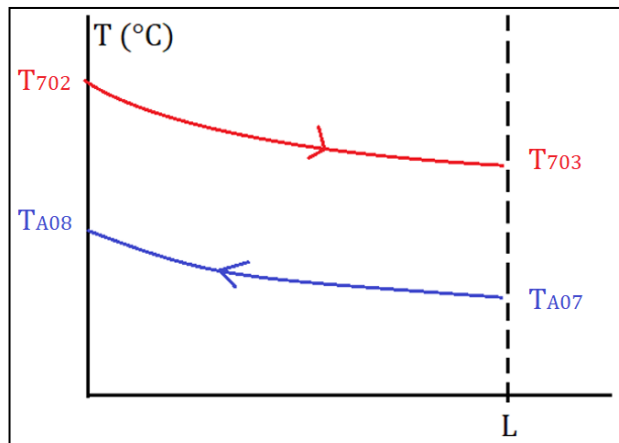
Corriente auxiliar:  $T_{A07} = -2^{\circ}\text{C}$      $T_{A08} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Corriente caliente:  $T_{702} = 260^{\circ}\text{C}$      $T_{703} = 48^{\circ}\text{C}$   
 Calor intercambiado:  $Q = 1944 \text{ kJ/s}$

Diferencia de temperatura media logarítmica: disposición contracorriente

$$DMTL = \frac{(T_{702} - T_{A08}) - (T_{703} - T_{A07})}{\ln\left(\frac{T_{702} - T_{A08}}{T_{703} - T_{A07}}\right)}$$

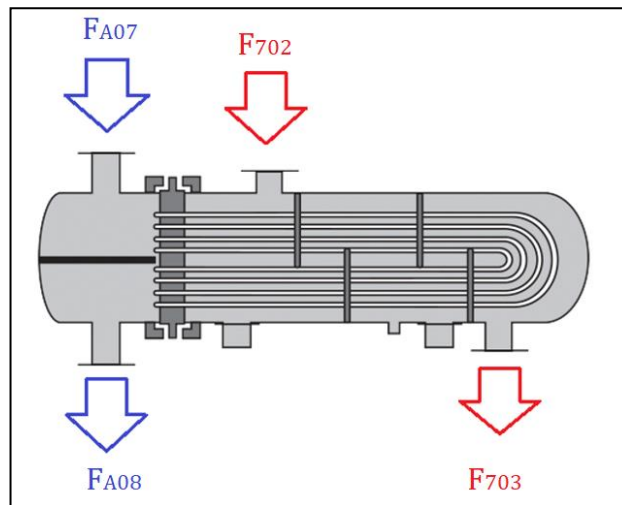
$$DMTL = \frac{(260 - 10) - (48 + 2)}{\ln\left(\frac{260 - 10}{48 + 2}\right)}$$

$$DMTL = 124^{\circ}\text{C} = 124\text{K}$$



## FINAL INTEGRACIÓN V

Diferencia de temperatura verdadera: disposición 1-2



Parámetros adimensionales:

$$R = \frac{T_{702} - T_{703}}{T_{A08} - T_{A07}}$$

$$R = \frac{260 - 48}{10 + 2}$$

$$R = 17,7$$

$$S = \frac{T_{A08} - T_{A07}}{T_{703} - T_{A07}}$$

$$S = \frac{10 + 2}{260 + 2}$$

$$S = 0,046$$

Se extrae gráficamente el factor de corrección de DMTL: **Ft = 0,96**

Como el valor obtenido es mayor a 0,75 se considera apropiada la disposición 1-2.

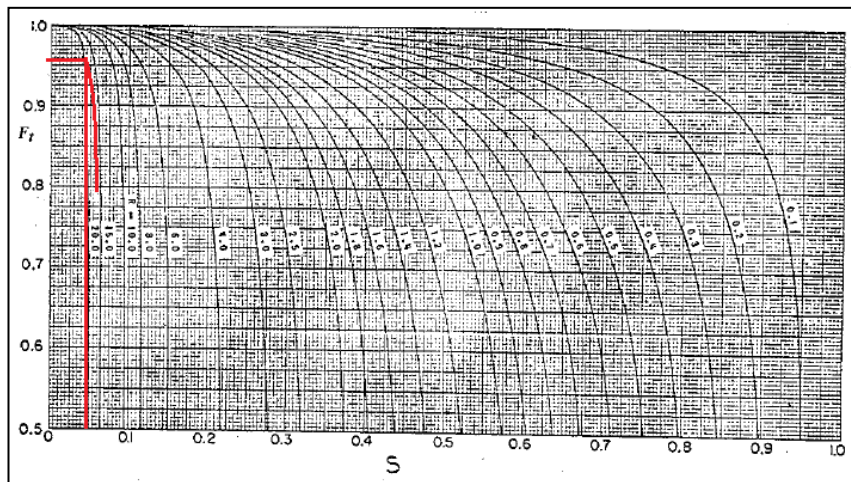
Diferencia de temperatura verdadera:

$$\Delta T = Ft \cdot DMTL$$

$$\Delta T = 0,96 \cdot 124 \text{ K}$$

$$\Delta T = 119 \text{ K}$$

## FINAL INTEGRACIÓN V



### Coefficiente global de transferencia

Se estima el coeficiente global de transferencia gas – agua como la media aritmética en  $130 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$

Este valor contempla un factor de ensuciamiento de  $0,0005 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$ .

Fluido caliente	Fluido frío	U (J/ s m <sup>2</sup> K)
Agua	agua	800-1600
Solventes orgánicos	agua	250-750
Gases	agua	15-250
Aceites livianos	agua	350-900

### Diámetro de tubos

El diseño se realizará utilizando tubos de 1 pulgada calibre BWG12, que tienen un diámetro interno de 0,0190 m y un diámetro externo de 0,0254 m.

Un diámetro menor dificulta la limpieza y los diámetros mayores a 1 pulgada presentan una desfavorable relación área de flujo / área de transferencia.

### Arreglo de tubos

Se opta por el arreglo de tubos en cuadrado. Esto se debe a que tal arreglo permite una fácil limpieza mecánica del área exterior de los tubos, lo cual no sucede con el arreglo en triángulo.

### Ubicación de los fluidos

Se decide hacer circular por tubos el fluido de enfriamiento (agua glicolada) y por coraza el fluido a absorber (productos de reacción). De esta manera, se evita la posible erosión de ambas superficies debido a la circulación del agua.



### Área de transferencia total

Ecuación del calor intercambiado:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T}$$

$$A = \frac{1944 \cdot 10^3 J}{130 \frac{J}{s \cdot m^2 \cdot K} \cdot 119 K}$$

$$A = 126 m^2$$

### Número de tubos

Diámetro externo de tubos,  $D_e = 0,0256 m$

Longitud de tubos,  $L = 12 m$

Área de transferencia de un tubo:

$$a = \pi \cdot L \cdot D_e$$

$$a = \pi \cdot 12 m \cdot 0,0256 m$$

$$a = 0,965 m^2$$

Número de tubos:

$$N = \frac{A}{a}$$

$$N = \frac{126 m^2}{0,965 m^2}$$

$$N = 130 \text{ tubos}$$

### Área de flujo: tubos

Número de tubos,  $N = 130$  tubos

Número de pasos por tubos,  $n = 2$

Diámetro interno de tubos,  $D_i = 0,0190 m$

Densidad media del fluido que circula por tubos,  $\rho = 1023 \text{ kg/m}^3$

Caudal másico del fluido que circula por tubos,  $m_i = 39,1 \text{ kg/s}$

Área de flujo total:

$$A_i = \frac{N \cdot \pi \cdot D_i^2}{4 \cdot n}$$

## FINAL INTEGRACIÓN V

$$A_i = \frac{130 \cdot \pi \cdot (0,0190 \text{ m})^2}{4 \cdot 2}$$

$$A_i = 0,0184 \text{ m}^2$$

Los valores de densidad media son extraídos de la simulación con Aspen Hysys.

Velocidad: verificación

La velocidad de circulación por tubos se puede obtener a partir del caudal volumétrico y el área de flujo total.

Caudal volumétrico

$$Q_i = \frac{m_i}{p}$$

$$Q_i = \frac{39,1 \text{ kg/s}}{1023 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q_i = 0,0382 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad de circulación

$$V_i = \frac{Q_i}{A_i}$$

$$V_i = \frac{0,0382 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0184 \text{ m}^2}$$

$$V_i = 2,07 \text{ m/s}$$

Como se puede observar, la velocidad cae dentro del rango aconsejable 1,2 – 2,4 m/s.

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30



Diámetro de coraza

Número de tubos,  $N = 130$  tubos

Número de pasos por tubos fijos,  $n = 2$

Calibre de tubos: BWG 12 - 1"

Arreglo de tubo: cuadrado

Diámetro de coraza,  $D_c = 19 \text{ in} = 0,48 \text{ m}$

*El diámetro se estima interpolando de tabla, a partir de una separación de 10 mm entre la coraza y los tubos. Apéndice 11 – Disposición de tubos para un intercambiador (Eduardo Cao).*

$\phi$ carcasa	N° agujeros	$\phi$ carcasa	N° agujeros
12	52	26	280
14	70	28	336
16	90	30	394
18	124	32	452
20	158	34	514
22	196	36	570
24	234	38	640

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Torre de absorción T-701

La torre T-701 cumple la función de separar el óxido de etileno producido en el reactor de purga de los demás gases mediante su absorción en agua.

Su estimación comienza con la gráfica de Eckert. La cual permite encontrar el valor de abscisa en función de los caudales máxicos y las densidades medias de las corrientes gaseosas y líquidas.

Gráfica de ECKERT

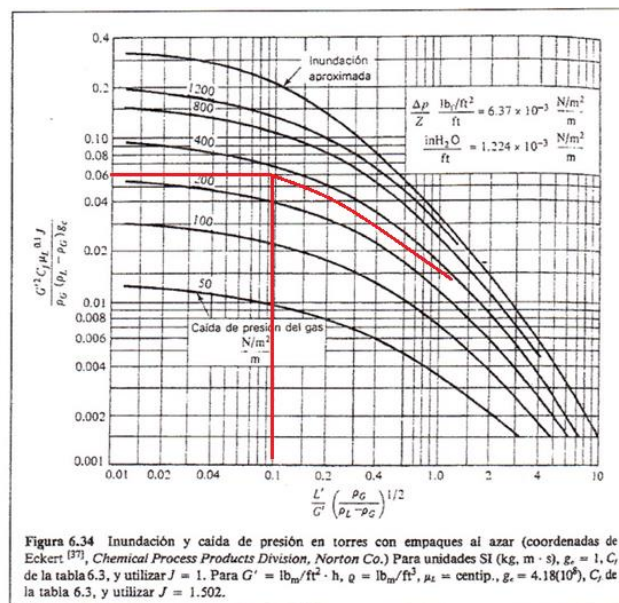
$$X = \frac{\bar{L}_n}{\bar{G}_n} \left( \frac{\bar{\rho}_{Gn}}{\bar{\rho}_{Ln} - \bar{\rho}_{Gn}} \right)^{0,5}$$

$$x = \frac{126105 \text{ kg/h}}{168572 \text{ kg/h}} * \left( \frac{18,4 \text{ kg/m}^3}{1015,4 \text{ kg/m}^3 - 18,4 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,5}$$

$$x = 0,10$$

Seleccionando una caída de presión de 300 Pa/m, obtenemos un valor de ordenada de  $y = 0,06$ .

La siguiente gráfica es tomada de *R. Treybal – Operaciones de transferencia de masa – McGraw – Hill Segunda Edición 1986*.





## FINAL INTEGRACIÓN V

### Gráfica de ECKERT

$$y = \frac{(\bar{G}/S)^2 \cdot Cf \cdot u_L^{0,1} \cdot J}{p_{Gn} \cdot (p_{Ln} - p_{Gn}) \cdot gc}$$

Donde Cf es el factor de empaque y gc es la constante gravitacional.

Para el sistema internacional Cf = J = 1.

**TABLA 18.1**  
Características de empaques para torres<sup>8,11a,21</sup>

Tipo	Material	Tamaño, nominal, in.	Densidad global, <sup>1</sup> lb/ft <sup>3</sup>	Área total, <sup>1</sup> ft <sup>2</sup> /ft <sup>3</sup>	Porosidad ε	Factores de empaque <sup>2</sup>		
						F <sub>p</sub>	f <sub>p</sub>	
Anillos Raschig	Cerámica	1/2	55	112	0.64	580	1.52§	
		1 1/2	42	58	0.74	155	1.36§	
		1 1/2	43	37	0.73	95	1.0	
		2	41	28	0.74	65	0.92§	
Anillos Pall	Metal	1	30	63	0.94	56	1.54	
		1 1/2	24	39	0.95	40	1.36	
		2	22	31	0.96	27	1.09	
		Plástico	1	5.5	63	0.90	55	1.36
		1 1/2	4.8	39	0.91	40	1.18	
Monturas Berl	Cerámica	1/2	54	142	0.62	240	1.58§	
		1	45	76	0.68	110	1.36§	
Monturas Intalox	Cerámica	1 1/2	40	46	0.71	65	1.07§	
		1	46	190	0.71	200	2.27	
		1	42	78	0.73	92	1.54	
		1 1/2	39	59	0.76	52	1.18	
		2	38	36	0.76	40	1.0	
Monturas Super Intalox	Cerámica	3	36	28	0.79	22	0.64	
		1	—	—	—	60	1.54	
		2	—	—	—	30	1.0	
IMTP	Metal	1	—	—	0.97	41	1.74	
		1 1/2	—	—	0.98	24	1.37	
Hy-Pak	Metal	2	—	—	0.98	18	1.19	
		1	19	54	0.96	45	1.54	
		1 1/2	—	—	—	29	1.36	
		2	14	29	0.97	26	1.09	

<sup>1</sup> La densidad global y el área total están referidas a la unidad de volumen de la columna.  
<sup>2</sup> El factor F<sub>p</sub> es un factor de caída de presión y el factor f<sub>p</sub> es un coeficiente relativo de transferencia de materia. El factor f<sub>p</sub> se estudia en la página 630 en el apartado "Funcionamiento de otros empaques". Su uso se ilustra en el ejemplo 18.7.  
<sup>3</sup> Con base en datos de NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O; los demás factores se basan en datos de CO<sub>2</sub>-NaOH.

Considerando la utilización de anillos Pall plásticos de 1 pulgada:

$$0,06 = \frac{\left( \frac{168572 \frac{kg}{h} * \frac{1h}{3600s}}{S} \right)^2 * 55 * (0,001136)^{0,1}}{18,4 \frac{kg}{m^3} * (1015,4 \frac{kg}{m^3} - 18,4 \frac{kg}{m^3})}$$

Despejando el área de flujo:

$$S = 7,45 m^2$$

Por lo tanto, el diámetro será

$$D = \sqrt{\frac{4 * 7,45 m^2}{\pi}} = 3,08 m$$



### Tanque TK-401.

El tanque TK-401 es el encargado de generar un pulmón en el proceso productivo y será de geometría cilíndrica, teniendo la capacidad de abastecimiento de una hora para que el proceso sea continuo.

#### Cálculos hidráulicos

Las ecuaciones de diseño están dadas por:

$$V_{TK-401} = \frac{F}{\rho_{mezcla}} * \tau * f$$

Del balance de masa en el equipo se tiene que:

$$F = F_{707} + F_{309}$$

$$F = (130043,6 + 59640,61) \frac{kg}{h}$$

$$F = 189684,21 \frac{kg}{h}$$

$$\rho_{mezcla} = \frac{\dot{m}}{\dot{v}} = \frac{F_{707} + F_{309}}{\dot{v}_{707} + \dot{v}_{309}}$$

$$\rho_{mezcla} = \frac{(189684,21) \frac{kg}{h}}{(130,86 + 60,51) \frac{m^3}{h}}$$

$$\rho_{mezcla} = 991,2 \frac{kg}{m^3}$$

$$\tau = 1 \text{ hr}$$

Aplicando un factor de seguridad igual al 20% y reemplazando en la ecuación de diseño, se obtendrá el volumen útil del tanque:

$$V_{\text{útil}_{TK-401}} = \frac{189684,21 \frac{kg}{h}}{991,2 \frac{kg}{m^3}} * 1 \text{ h} * 1,2$$

$$V_{\text{útil}_{TK-401}} = 229,64 \text{ m}^3$$

El volumen real, se calcula en base al volumen útil y se dimensiona para que soporte cualquier adversidad (si la altura supera dos veces al diámetro, el tanque puede caerse debido la acción de los vientos).



Con lo cual se considerará:

$$H = 9 \text{ m}$$

$$D = 6 \text{ m}$$

$$V_{\text{TK-401}} = \frac{\pi * D^2 * H}{4} = 254,47 \text{ m}^3$$

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Intercambiador de calor I-401

El intercambiador I-401 permite aumentar la temperatura de la corriente de entrada al reactor de hidratación R-402. Para tal fin, se utiliza una corriente auxiliar de 14,6 kg/s de vapor sobrecalentado a 500°C.

El tipo de equipo a utilizar es de coraza y tubos 1-4 (un paso por coraza y cuatro pasos por tubos) y el material de construcción acero inoxidable.

#### Balance de materia y energía

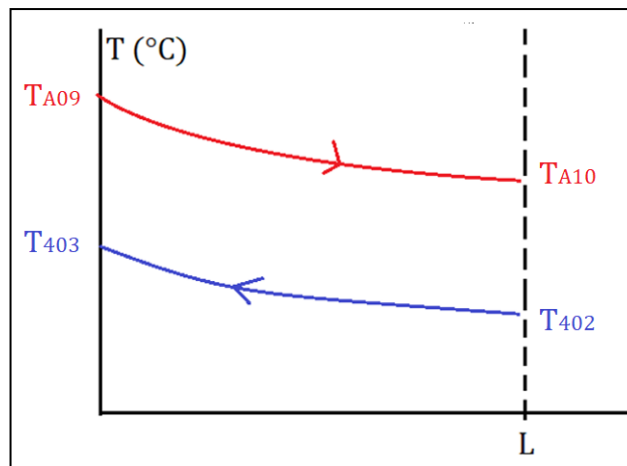
Corriente auxiliar:  $T_{A09} = 500^{\circ}\text{C}$        $T_{A10} = 300^{\circ}\text{C}$   
 Corriente fría:  $T_{402} = 36,6^{\circ}\text{C}$        $T_{403} = 200^{\circ}\text{C}$   
 Calor intercambiado:  $Q = 3600 \text{ kJ/s}$

Diferencia de temperatura media logarítmica: disposición contracorriente

$$DMTL = \frac{(T_{A09} - T_{403}) - (T_{A10} - T_{402})}{\ln\left(\frac{T_{A09} - T_{403}}{T_{A10} - T_{402}}\right)}$$

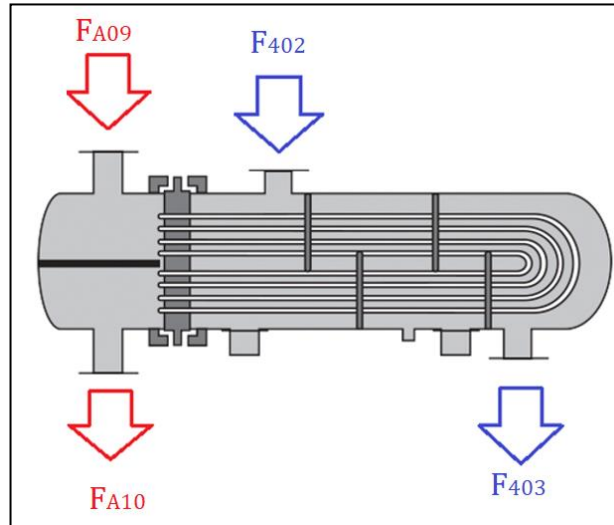
$$DMTL = \frac{(500 - 200) - (300 - 36,6)}{\ln\left(\frac{500 - 200}{300 - 36,6}\right)}$$

$$DMTL = 281^{\circ}\text{C} = 281\text{K}$$



## FINAL INTEGRACIÓN V

Diferencia de temperatura verdadera: disposición 1-2



Parámetros adimensionales:

$$R = \frac{T_{A09} - T_{A10}}{T_{403} - T_{402}}$$

$$R = \frac{500 - 300}{200 - 36,6}$$

$$R = 1,22$$

$$S = \frac{T_{403} - T_{402}}{T_{A09} - T_{402}}$$

$$S = \frac{200 - 36,6}{500 - 36,6}$$

$$S = 0,35$$

Se extrae gráficamente el factor de corrección de DMTL: **Ft = 0,92**

Como el valor obtenido es mayor a 0,75 se considera apropiada la disposición 1-4.

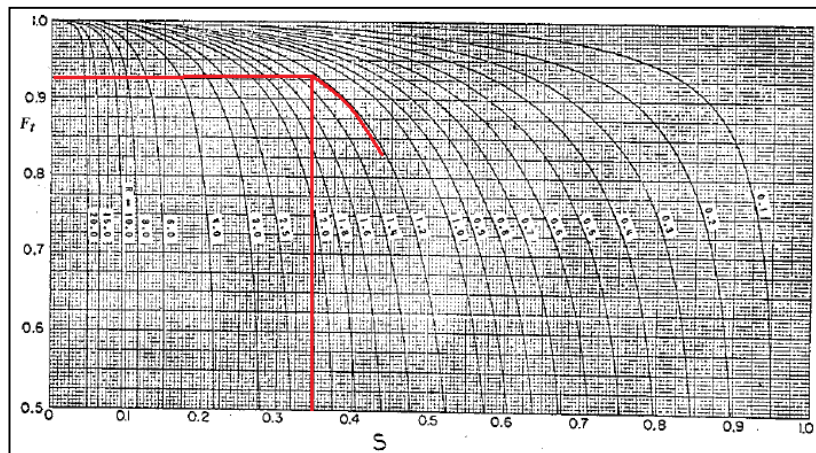
Diferencia de temperatura verdadera:

$$\Delta T = Ft \cdot DMTL$$

$$\Delta T = 0,92 \cdot 281 K$$

$$\Delta T = 259 K$$

## FINAL INTEGRACIÓN V



### Coefficiente global de transferencia

Se estima el coeficiente global de transferencia vapor – solución acuosa como la media aritmética en  $900 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$

Este valor contempla un factor de ensuciamiento de  $0,0005 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$ .

Viscosidad de la solución acuosa a calentar,  $\mu = 4,02 \cdot 10^{-3} \text{ kg / m.s}$

*Los valores de viscosidad media son extraídos de la simulación con Aspen Hysys.*

Fluido caliente	Fluido frío	U ( $\text{J/s m}^2 \text{ K}$ )
Vapor	agua	1500-4000
Vapor	aceites livianos	250-800
Vapor	aceites pesados	50-450
Vapor	solventes orgánicos	600-1200
Vapor	gases	20-200
Fluidos térmicos	aceites pesados	45-300
Vapor	soluciones acuosas	
	$\mu < 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m s}$	1200-4000
	$\mu > 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m s}$	600-1200

### Diámetro de tubos

El diseño se realizará utilizando tubos de 1 pulgada calibre BWG12, que tienen un diámetro interno de 0,0190 m y un diámetro externo de 0,0254 m.

Un diámetro menor dificulta la limpieza y los diámetros mayores a 1 pulgada presentan una desfavorable relación área de flujo / área de transferencia.

### Arreglo de tubos

Se opta por el arreglo de tubos en cuadrado. Esto se debe a que tal arreglo permite una fácil limpieza mecánica del área exterior de los tubos, lo cual no sucede con el arreglo en triángulo.



### Ubicación de los fluidos

Se decide hacer circular por tubos el fluido de enfriamiento (agua glicolada) y por coraza el fluido a absorber (productos de reacción). De esta manera, se evita la posible erosión de ambas superficies debido a la circulación del agua.

### Área de transferencia total

Ecuación del calor intercambiado:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T}$$

$$A = \frac{36000 \cdot 10^3 \text{ J}}{900 \frac{\text{J}}{\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 259 \text{ K}}$$

$$A = 154 \text{ m}^2$$

### Número de tubos

Diámetro externo de tubos,  $D_e = 0,0254 \text{ m}$

Longitud de tubos,  $L = 10 \text{ m}$

Área de transferencia de un tubo:

$$a = \pi \cdot L \cdot D_e$$

$$a = \pi \cdot 10 \text{ m} \cdot 0,0254 \text{ m}$$

$$a = 0,800 \text{ m}^2$$

Número de tubos:

$$N = \frac{A}{a}$$

$$N = \frac{154 \text{ m}^2}{0,800 \text{ m}^2}$$

$$N = 192 \text{ tubos}$$

### Área de flujo: tubos

Número de tubos,  $N = 192 \text{ tubos}$

Número de pasos por tubos,  $n = 4$

Diámetro interno de tubos,  $D_i = 0,0190 \text{ m}$



Densidad media del fluido que circula por tubos,  $\rho = 921,6 \text{ kg/m}^3$

Caudal másico del fluido que circula por tubos,  $m_i = 14,6 \text{ kg/s}$

Área de flujo total:

$$A_i = \frac{N \cdot \pi \cdot D_i^2}{4 \cdot n}$$

$$A_i = \frac{192 \cdot \pi \cdot (0,0190 \text{ m})^2}{4 \cdot 4}$$

$$A_i = 0,0130 \text{ m}^2$$

Los valores de densidad media son extraídos de la simulación con Aspen Hysys.

Velocidad: verificación

La velocidad de circulación por tubos se puede obtener a partir del caudal volumétrico y el área de flujo total.

Caudal volumétrico

$$Q_i = \frac{m_i}{\rho}$$

$$Q_i = \frac{14,6 \text{ kg/s}}{921,6 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q_i = 0,0158 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad de circulación

$$V_i = \frac{Q_i}{A_i}$$

$$V_i = \frac{0,0158 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0130 \text{ m}^2}$$

$$V_i = 1,22 \text{ m/s}$$

Como se puede observar, la velocidad cae dentro del rango aconsejable 1,2 – 2,4 m/s.

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	<b>Línea de Conducción</b>	<b>4 – 8</b>	<b>1.2 – 2.4</b>
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30





Diámetro de coraza

Número de tubos,  $N = 192$  tubos

Número de pasos por tubos fijos,  $n = 2$

Calibre de tubos: BWG 12 - 1"

Arreglo de tubo: cuadrado

Diámetro de coraza,  $D_c = 22 \text{ in} = 0,56 \text{ m}$

*El diámetro se estima por tabla para 196 tubos, a partir de una separación de 10 mm entre la coraza y los tubos. Apéndice 11 – Disposición de tubos para un intercambiador (Eduardo Cao).*

$\phi$ carcasa	N° agujeros	$\phi$ carcasa	N° agujeros
12	52	26	280
14	70	28	336
16	90	30	394
18	124	32	452
20	158	34	514
22	196	36	570
24	234	38	640

Baffles

Se instalarán 7 baffles segmentados un 25% y separados 1,43 m uno de otro y de cada extremo del equipo.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Pérdida de carga en la carcasa

Área de flujo:

$$A_c = \frac{D_c \cdot C \cdot B}{P_t}$$

Donde:

$D_c = 0,56$  m, es el diámetro de coraza

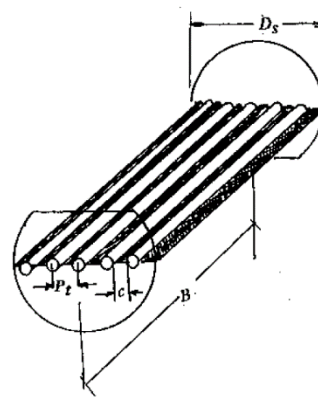
$C = 0,03175$  m, es el claro entre tubos

$B = 1,43$  m, es la separación entre baffles

$P_t = 0,05715$  m, es la separación entre los ejes de dos tubos adyacentes

$$A_c = \frac{0,56 \text{ m} \cdot 0,03175 \text{ m} \cdot 1,43 \text{ m}}{0,05715 \text{ m}}$$

$$A_c = 0,445 \text{ m}^2$$



Flujo másico:

$$G_c = \frac{m_c}{A_c}$$

$$G_c = \frac{52,7 \text{ kg/s}}{0,445 \text{ m}^2}$$

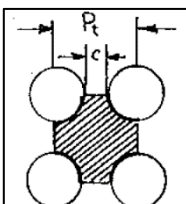
$$G_c = 118 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$$

Diámetro equivalente:

$$D_e = 4 \cdot R_H$$

Donde  $R_H$  es el radio hidráulico y se calcula como la razón entre el área de flujo axial y el perímetro mojado.

Para geometrías comunes, podemos extraer el diámetro equivalente de la siguiente tabla en función del arreglo (cuadrado) y el diámetro de tubo (1 in).

	$\phi$ Tubos	Distribución	Separación	Diámetro equivalente
	¾" (0,019 m)	cuadro	1" (0,0254 m)	0,95" (0,0241 m)
	1" (0,0254 m)	"	1¼" (0,03175 m)	0,99" (0,0251 m)
	1¼" (0,03175 m)	"	1·9/16" (0,0397 m)	1,23" (0,0312 m)

$$D_e = 0,0251 \text{ m}$$



Número de Reynolds:

$$Re = \frac{De \cdot Gc}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,0251 \text{ m} \cdot 118 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}}{4,02 \cdot \frac{10^{-4} \text{ kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}}$$

$$Re = 7368$$

Caída de presión:

$$\Delta P_c = f \cdot \frac{(N_B + 1) \cdot D_c \cdot Gc^2}{2 \cdot \rho \cdot D_e} \left( \frac{\mu_w}{\mu} \right)^{0,14}$$

Donde:

$f$  es el factor de fricción y puede obtenerse para  $Re > 500$  a partir de la siguiente ecuación empírica,  $f = 1,728 \cdot Re^{-0,188}$

$$f = 1,728 \cdot 7368^{-0,188}$$

$$f = 0,324$$

$N_B = 7$ , es el número de baffles instalados

$\frac{\mu_w}{\mu}$  es la razón entre la viscosidad de pared y la viscosidad en el seno del fluido.

Tomando la siguiente simplificación  $\mu_w \approx \mu$ , obtenemos:

$$\Delta P_c = 0,324 \cdot \frac{(7 + 1) \cdot 0,56 \text{ m} \left( 118 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \right)^2}{2 \cdot 922 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,0251 \text{ m}} (1)^{0,14}$$

$$\Delta P_c = 437 \text{ Pa} = 4,31 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$$

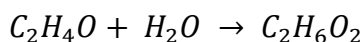
## FINAL INTEGRACIÓN V

### Reactor R-401.

El reactor R-401 es un tanque agitado continuo. En el mismo se produce la hidratación del óxido de etileno, obteniéndose etilenglicol como producto principal.

Como la selectividad del producto secundario (dietilenglicol) es muy baja, no se considera en el siguiente dimensionamiento.

La reacción de hidratación considerada es:



La ecuación cinética para la reacción es:

$$r_1 = A_1 * e^{\left(\frac{-E}{R*T}\right)} * x_{H_2O} * x_{OE}$$

Donde:  $A_1 = 1,2 * 10^{16} \frac{kmol}{m^3h}$        $E = 3,34 * 10^4 \frac{cal}{mol}$

Del balance de masa se obtienen las corrientes y composiciones:

	Unidades	F-403	F-501
Temperatura	C	200	200
Presión	kPa	3200	3200
Caudal molar	kgmole/h	100885	100708
Caudal másico	kg/h	1896842	1896842
Caudal volumétrico	m <sup>3</sup> /h	1894	1892
Heat Flow	kJ/h	-2,76E+10	-2,76E+10
Composición másica óxido de etileno	kg/h	8907	1132
Composición másica dióxido de carbono	kg/h	7049	7049
Composición másica dietilenglicol	kg/h	2591	2879
Composición másica monoetilenglicol	kg/h	95561	106179
Composición másica etileno	kg/h	55	55
Composición másica agua	kg/h	1782190	1779060
Composición másica metano	kg/h	443	443
Composición másica nitrógeno	kg/h	0	0
Composición másica oxígeno	kg/h	45	45
Fracción molar etileno		1,96E-05	1,96E-05
Fracción molar oxígeno		1,38E-05	1,38E-05
Fracción molar óxido de etileno		2,00E-03	2,55E-04
Fracción molar dióxido de carbono		1,59E-03	1,59E-03
Fracción molar agua		0,981	0,981
Fracción molar nitrógeno		0	0
Fracción molar metano		2,74E-04	2,74E-04
Fracción molar dietilenglicol		2,42E-04	2,69E-04
Fracción molar monoetilenglicol		0,015	0,017



La ecuación de diseño para este tipo de reactores es:

$$V = \frac{\tau * F_{A0}}{C_{A0}}$$

Donde

$$\tau = \frac{C_{A0} * x_A}{(-r_A)}$$

A continuación, se calcularán cada uno de los términos:

$$C_{OE0} = \frac{\text{Caudal molar} * \text{fracción molar OE}}{\text{Caudal volumétrico}}$$

$$C_{OE0} = \frac{100885 * 2 * 10^{-3}}{1894}$$

$$C_{OE0} = 0,106 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$$

$$r_1 = A_1 * e^{\left(\frac{-E}{R*T}\right)} * x_{H_2O} * x_{OE}$$

$$r_1 = 1,2 * 10^{16} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3 \text{h}} * e^{\left(\frac{-33400 \frac{\text{cal}}{\text{mol}}}{1,99 \frac{\text{cal}}{\text{mol} * \text{K}} * 473 \text{K}}\right)} * 0,981 * 2 * 10^{-3}$$

$$r_1 = 9,15 * 10^{-3} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3 * \text{h}}$$

Reemplazando en la ecuación, se calculará  $\tau$ :

$$\tau = \frac{0,106 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3} * 2 * 10^{-3}}{\left(9,15 * 10^{-3} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3 * \text{h}}\right)}$$

$$\tau = 0,0232 \text{ h}$$

Reemplazando en la ecuación de volumen:

$$V = \frac{0,0232 \text{ h} * 201,77 \frac{\text{kmol}}{\text{h}}}{0,106 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 44,2 \text{ m}^3$$

Considerando que el volumen de la mezcla reaccionante es el 90 % del recipiente, el volumen real del equipo es de **49 m<sup>3</sup>**. Con lo cual, el diámetro será de **2,50 m** y la altura de **10,0 m**.



### Tanque TK-501

El tanque TK-501 es el encargado de generar un pulmón en la corriente de salida del reactor de hidratación para la succión de la bomba. El mismo será de geometría cilíndrica y tendrá una capacidad de abastecimiento de una hora para que el proceso sea continuo.

#### Cálculos hidráulicos

Las ecuaciones de diseño están dadas por:

$$V_{TK-501} = \frac{F}{\rho} * \tau * f$$

Del balance de masa en el equipo se tiene que:

$$F = F_{501}$$

$$F = 1896841,83 \frac{kg}{h}$$

$$\rho_{F-501} = \frac{\dot{m}}{\dot{v}} = \frac{F_{501}}{v_{501}}$$

$$\rho_{F-501} = \frac{1896841,83 \frac{kg}{h}}{1892,302 \frac{m^3}{h}}$$

$$\rho_{mezcla} = 1002,4 \frac{kg}{m^3}$$

$$\tau = 0,5 \text{ hr}$$

Aplicando un factor de seguridad igual al 20% y reemplazando en la ecuación de diseño, se obtendrá el volumen útil del tanque:

$$V_{\text{útil}}_{TK-501} = \frac{1896841,83 \frac{kg}{h}}{1002,4 \frac{kg}{m^3}} * 0,5 \text{ h} * 1,2$$

$$V_{\text{útil}}_{TK-501} = 1135 \text{ m}^3$$

El volumen real, se calcula en base al volumen útil y se dimensiona para que soporte cualquier adversidad (si la altura supera dos veces al diámetro, el tanque puede caerse debido a la acción de los vientos).



Con lo cual se considerará:

$$H = 8 \text{ m}$$

$$D = 13,5 \text{ m}$$

$$V_{\text{útil}_{\text{TK-501}}} = \frac{\pi * D^2 * H}{4} = 1145,11 \text{ m}^3$$

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Torre de destilación T-501

La torre de destilación T-501 permite separar a presión atmosférica los glicoles (etilenglicol y dietilenglicol) del agua.

Alimentación: F-501-C

Caudal másico: 189 682 kg/h

Temperatura: 100 °C

Presión: 1,02 bar

Especificación para las corrientes de destilado

Fracción molar (mínima) de agua: 99%

Presión: 1 bar

Temperatura: 81°C

Especificación para la corriente de fondo

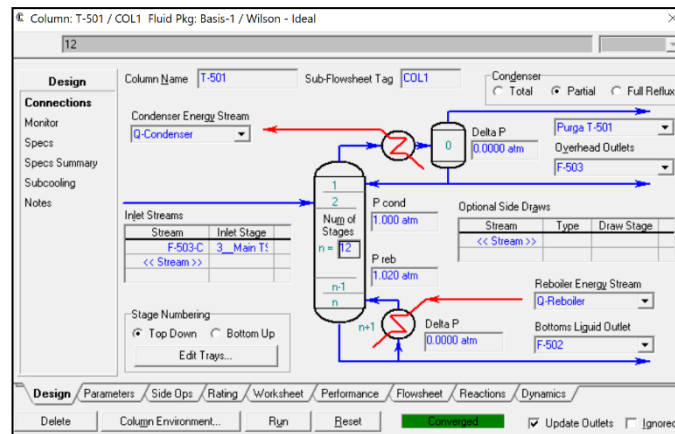
Fracción molar (máximo) de agua: 0,01%

Presión: 1,02 bar

Temperatura: 180°C

### Simulación con Hysys

Se vuelcan los valores especificados en la función **distillation column**.





## FINAL INTEGRACIÓN V

Las imágenes posteriores ilustran los valores arrojados por el simulador para una torre con 12 platos teóricos, alimentada en el plato 3 y con una relación de reflujo de 2,00.

Column: T-501 / COL1 Fluid Pkg: Basis-1 / Wilson - Ideal

Worksheet	Name	F-503-C @COL	F-503-PURGA (	F-503 @COL1	F-502 @COL1
Conditions	Vapour	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
Properties	Temperature [C]	100.0	100.1	100.1	205.2
	Pressure [atm]	1.007	1.000	1.000	1.020
Compositions	Molar Flow [kgmole/h]	1.007e+004	36.90	9956	177.2
	Mass Flow [kg/h]	1.916e+005	663.4	1.786e+005	1.233e+004
PF Specs	Liq/Vol Flow [USGPM]	839.1	2.927	787.4	48.75
	Molar Enthalpy [cal/gmol]	-6.765e+004	-5.703e+004	-6.683e+004	-1.078e+005
	Molar Entropy [Btu/lbmol]	5.201	31.64	5.579	-3.880
	Heat Flow [cal/h]	-6.812e+011	-2.099e+009	-6.587e+011	-1.910e+010

Column: T-501 / COL1 Fluid Pkg: Basis-1 / Wilson - Ideal

Worksheet		F-503-C	F-503-PURGA	F-503	F-502
Conditions	Ethylene	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Properties	Oxygen	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	C2Oxide	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Compositions	H2O	0.9900	0.9997	0.9975	0.0000
	E Glycol	0.0170	0.0003	0.0025	0.8295
PF Specs	DE Glycol	0.0030	0.0000	0.0000	0.1705
	CO2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Methane	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

### Diseño hidráulico

En base a la herramienta “Tray Sizing” se obtienen los siguientes parámetros de diseño:

Tray Sizing: Tray Sizing-1

Section Results:  Trayed  Packed

Tray Results:

Section	Section_1	Section_2
Internals	Valve	Valve
Section Diameter [m]	7.468	7.468
Max Flooding [%]	82.61	83.27
X-Sectional Area [m2]	43.80	43.80
Section Height [m]	3.048	4.267
Section DeltaP [atm]	4.454e-002	9.633e-002
Number of Flow Paths	3	3
Flow Length [mm]	2197	2197
Flow Width [mm]	6174	6174
Max DC Backup [%]	39.10	39.47
Max Weir Load [USGPM/ft]	48.01	48.90
Max DP/Tray [atm]	0.014	0.014
Tray Spacing [mm]	609.6	609.6
Total Weir Length [mm]	1.714e+004	1.714e+004
Weir Height [mm]	50.80	50.80
Active Area [m2]	40.69	40.69

## FINAL INTEGRACIÓN V

En base al libro de texto *Treybal 2ª edición – tabla 6.1* obtenemos las siguientes condiciones y dimensiones recomendadas para las torres de platos.

### Espaciamiento de los platos

Al tener un diámetro (7,468 m) de torre entre 4 y 8 metros, el espaciamento recomendado entre platos es de 90 cm.

Diámetro de la torre, $T$		Espaciamiento de la torre, $t$	
m	ft	m	in
1 menos	4 menos	0.15	6 mínimo
1-3	4-10	0.50	20
3-4	10-12	0.60	24
4-8	12-24	0.75	30
		0.90	36

### Altura de la torre

La altura de la torre la estimamos en función de la cantidad de platos y su respectivo espaciamento.

$$N \cdot t = 11.900 \text{ mm} = 9900 \text{ mm}$$

La altura estimada es de **10,500 m**, considerando un adicional de 0,600 m por la altura de ambos cabezales y el espesor de cada plato.



### Intercambiador de calor I-601

El intercambiador I-601 es el encargado de llevar el destilado de la torre T-502 (etilenglicol comercial) a la temperatura de almacenamiento. Para tal fin, se utilizará como fluido refrigerante 27,6 kg/s de agua glicolada a  $-2^{\circ}\text{C}$ .

El tipo de equipo a utilizar es de coraza y tubos 1-2 (un paso por coraza y dos pasos por tubos) y el material de construcción acero inoxidable.

#### Balace de materia y energía

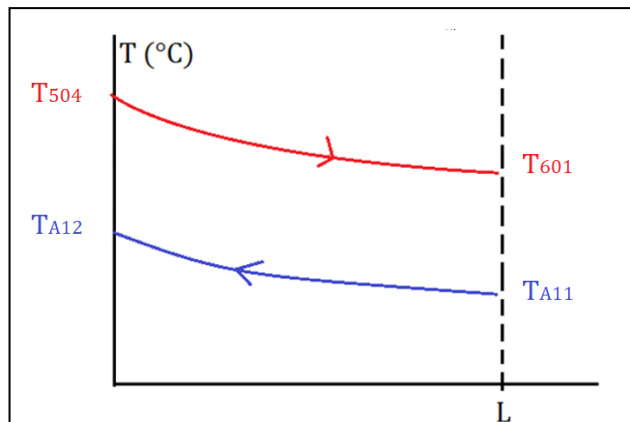
Corriente auxiliar:  $T_{A11} = -2^{\circ}\text{C}$        $T_{A12} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Corriente caliente:  $T_{504} = 178^{\circ}\text{C}$        $T_{601} = 25^{\circ}\text{C}$   
 Calor intercambiado:  $Q = 1373 \text{ kJ/s}$

Diferencia de temperatura media logarítmica: disposición contracorriente

$$DMTL = \frac{(T_{504} - T_{A12}) - (T_{601} - T_{A11})}{\ln\left(\frac{T_{504} - T_{A12}}{T_{601} - T_{A11}}\right)}$$

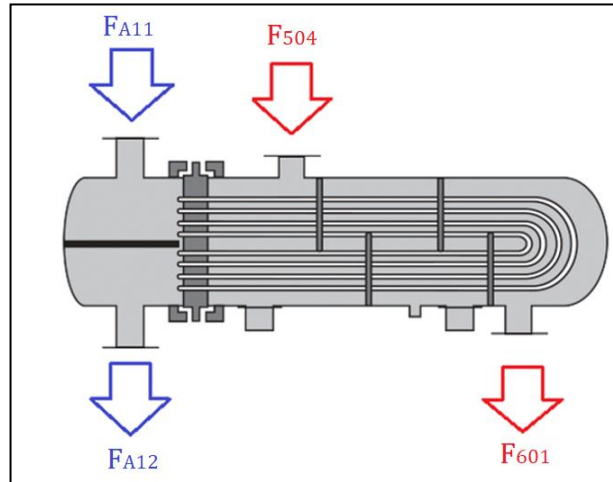
$$DMTL = \frac{(178 - 10) - (25 + 2)}{\ln\left(\frac{178 - 10}{25 + 2}\right)}$$

$$DMTL = 77,1^{\circ}\text{C} = 77,1\text{K}$$



## FINAL INTEGRACIÓN V

Diferencia de temperatura verdadera: disposición 1-2



Parámetros adimensionales:

$$R = \frac{T_{504} - T_{601}}{T_{A12} - T_{A11}}$$

$$R = \frac{178 - 25}{10 + 2}$$

$$R = 12,8$$

$$S = \frac{T_{A12} - T_{A11}}{T_{504} - T_{A11}}$$

$$S = \frac{10 + 2}{178 + 2}$$

$$S = 0,067$$

Se extrae gráficamente el factor de corrección de DMTL: **Ft = 0,97**

Como el valor obtenido es mayor a 0,75 se considera apropiada la disposición 1-2.

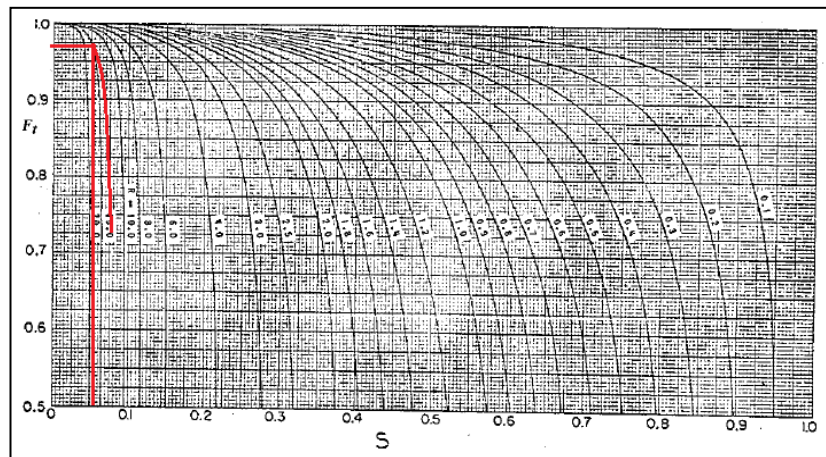
Diferencia de temperatura verdadera:

$$\Delta T = Ft \cdot DMTL$$

$$\Delta T = 0,97 \cdot 77,1 K$$

$$\Delta T = 74,8 K$$

## FINAL INTEGRACIÓN V



### Coefficiente global de transferencia

Se estima el coeficiente global de transferencia como solvente orgánica - agua como la media aritmética en  $500 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$

Este valor contempla un factor de ensuciamiento de  $0,0005 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$ .

Fluido caliente	Fluido frío	U (J/ s m <sup>2</sup> K)
Agua	agua	800-1600
Solventes orgánicos	agua	250-750
Gases	agua	15-250
Aceites livianos	agua	350-900
Aceites pesados	agua	60-250
Solventes orgánicos	aceites livianos	120-400

### Diámetro de tubos

El diseño se realizará utilizando tubos de 1 pulgada calibre BWG12, que tienen un diámetro interno de 0,0190 m y un diámetro externo de 0,0254 m.

Un diámetro menor dificulta la limpieza y los diámetros mayores a 1 pulgada presentan una desfavorable relación área de flujo / área de transferencia.

### Arreglo de tubos

Se opta por el arreglo de tubos en cuadrado. Esto se debe a que tal arreglo permite una fácil limpieza mecánica del área exterior de los tubos, lo cual no sucede con el arreglo en triángulo.

### Ubicación de los fluidos

Se decide hacer circular por tubos el fluido de enfriamiento (agua glicolada) y por coraza el fluido a absorber (productos de reacción). De esta manera, se evita la posible erosión de ambas superficies debido a la circulación del agua.



### Área de transferencia total

Ecuación del calor intercambiado:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T}$$

$$A = \frac{1373 \cdot 10^3 \text{ J}}{500 \frac{\text{J}}{\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 74,8 \text{ K}}$$

$$A = 36,7 \text{ m}^2$$

### Número de tubos

Diámetro externo de tubos,  $D_e = 0,0254 \text{ m}$

Longitud de tubos,  $L = 5 \text{ m}$

Área de transferencia de un tubo:

$$a = \pi \cdot L \cdot D_e$$

$$a = \pi \cdot 5 \text{ m} \cdot 0,0254 \text{ m}$$

$$a = 0,399 \text{ m}^2$$

Número de tubos:

$$N = \frac{A}{a}$$

$$N = \frac{36,7 \text{ m}^2}{0,399 \text{ m}^2}$$

$$N = 92 \text{ tubos}$$

### Área de flujo: tubos

Número de tubos,  $N = 92 \text{ tubos}$

Número de pasos por tubos,  $n = 2$

Diámetro interno de tubos,  $D_i = 0,0190 \text{ m}$

Densidad media del fluido que circula por tubos,  $\rho = 921,6 \text{ kg/m}^3$

Caudal másico del fluido que circula por tubos,  $m_i = 27,6 \text{ kg/s}$

## FINAL INTEGRACIÓN V

Área de flujo total:

$$A_i = \frac{N \cdot \pi \cdot D_i^2}{4 \cdot n}$$

$$A_i = \frac{92 \cdot \pi \cdot (0,0190 \text{ m})^2}{4 \cdot 2}$$

$$A_i = 0,0130 \text{ m}^2$$

Los valores de densidad media son extraídos de la simulación con Aspen Hysys.

Velocidad: verificación

La velocidad de circulación por tubos se puede obtener a partir del caudal volumétrico y el área de flujo total.

Caudal volumétrico

$$Q_i = \frac{m_i}{p}$$

$$Q_i = \frac{27,6 \text{ kg/s}}{921,6 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q_i = 0,0299 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad de circulación

$$V_i = \frac{Q_i}{A_i}$$

$$V_i = \frac{0,0299 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0130 \text{ m}^2}$$

$$V_i = 2,30 \text{ m/s}$$

Como se puede observar, la velocidad cae dentro del rango aconsejable 1,2 – 2,4 m/s.

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30



Diámetro de coraza

Número de tubos,  $N = 92$  tubos

Número de pasos por tubos fijos,  $n = 2$

Calibre de tubos: BWG 12 - 1"

Arreglo de tubo: cuadrado

Diámetro de coraza,  $D_c = 17 \text{ in} = 0,43 \text{ m}$

*El diámetro se estima interpolando por tabla, a partir de una separación de 10 mm entre la coraza y los tubos. Apéndice 11 – Disposición de tubos para un intercambiador (Eduardo Cao).*

$\phi$ carcasa	N° agujeros	$\phi$ carcasa	N° agujeros
12	52	26	280
14	70	28	336
16	90	30	394
18	124	32	452
20	158	34	514
22	196	36	570
24	234	38	640





## FINAL INTEGRACIÓN V

### Intercambiador de calor I-602

El intercambiador I-602 es el encargado de llevar el producto de fondo de la torre T-502 (dietilenglicol comercial) a la temperatura de almacenamiento. Para tal fin, se utilizará como fluido refrigerante 8,86 kg/s de agua glicolada a  $-2^{\circ}\text{C}$ .

El tipo de equipo a utilizar es de coraza y tubos 1-2 (un paso por coraza y dos pasos por tubos) y el material de construcción acero inoxidable.

#### Balace de materia y energía

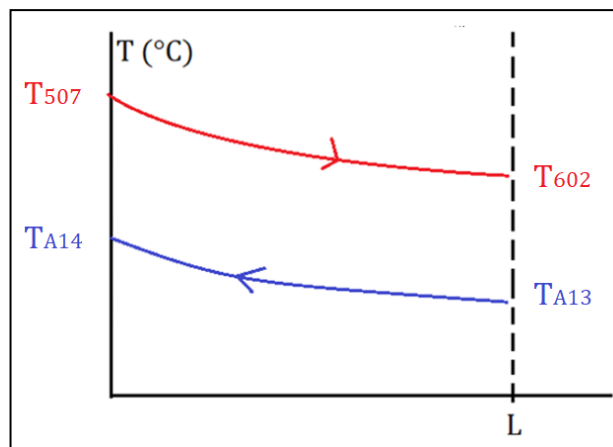
Corriente auxiliar:  $T_{A13} = -2^{\circ}\text{C}$        $T_{A14} = 10^{\circ}\text{C}$   
Corriente caliente:  $T_{507} = 244^{\circ}\text{C}$        $T_{602} = 25^{\circ}\text{C}$   
Calor intercambiado:  $Q = 444,4 \text{ kJ/s}$

Diferencia de temperatura media logarítmica: disposición contracorriente

$$DMTL = \frac{(T_{507} - T_{A14}) - (T_{602} - T_{A13})}{\ln\left(\frac{T_{507} - T_{A14}}{T_{602} - T_{A13}}\right)}$$

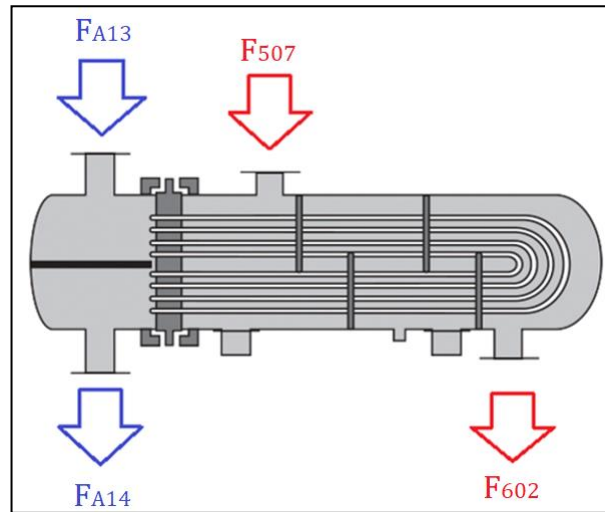
$$DMTL = \frac{(244 - 10) - (25 + 2)}{\ln\left(\frac{244 - 10}{25 + 2}\right)}$$

$$DMTL = 95,9^{\circ}\text{C} = 95,9\text{K}$$



## FINAL INTEGRACIÓN V

Diferencia de temperatura verdadera: disposición 1-2



Parámetros adimensionales:

$$R = \frac{T_{507} - T_{602}}{T_{A14} - T_{A13}}$$

$$R = \frac{244 - 25}{10 + 2}$$

$$R = 18,2$$

$$S = \frac{T_{A14} - T_{A13}}{T_{507} - T_{A13}}$$

$$S = \frac{10 + 2}{244 + 2}$$

$$S = 0,049$$

Se extrae gráficamente el factor de corrección de DMTL: **Ft = 0,95**

Como el valor obtenido es mayor a 0,75 se considera apropiada la disposición 1-2.

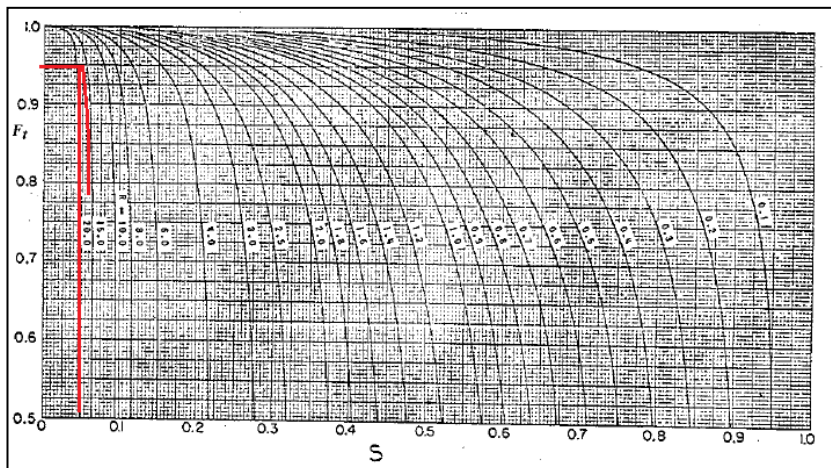
Diferencia de temperatura verdadera:

$$\Delta T = Ft \cdot DMTL$$

$$\Delta T = 0,95 \cdot 95,9 K$$

$$\Delta T = 91,1^\circ C = 91,1 K$$

## FINAL INTEGRACIÓN V



### Coefficiente global de transferencia

Se estima el coeficiente global de transferencia como solvente orgánica - agua como la media aritmética en  $500 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$

Este valor contempla un factor de ensuciamiento de  $0,0005 \text{ J/s.m}^2.\text{K}$ .

Fluido caliente	Fluido frío	U (J/s m <sup>2</sup> K)
Agua	agua	800-1600
Solventes orgánicos	agua	250-750
Gases	agua	15-250
Aceites livianos	agua	350-900
Aceites pesados	agua	60-250
Solventes orgánicos	aceites livianos	120-400

### Diámetro de tubos

El diseño se realizará utilizando tubos de 1 pulgada calibre BWG12, que tienen un diámetro interno de 0,0190 m y un diámetro externo de 0,0254 m.

Un diámetro menor dificulta la limpieza y los diámetros mayores a 1 pulgada presentan una desfavorable relación área de flujo / área de transferencia.

### Arreglo de tubos

Se opta por el arreglo de tubos en cuadrado. Esto se debe a que tal arreglo permite una fácil limpieza mecánica del área exterior de los tubos, lo cual no sucede con el arreglo en triángulo.

### Ubicación de los fluidos

Se decide hacer circular por tubos el fluido de enfriamiento (agua glicolada) y por coraza el fluido a absorber (productos de reacción). De esta manera, se evita la posible erosión de ambas superficies debido a la circulación del agua.



### Área de transferencia total

Ecuación del calor intercambiado:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T}$$

$$A = \frac{444,4 \cdot 10^3 J}{500 \frac{J}{s \cdot m^2 \cdot K} \cdot 91,1 K}$$

$$A = 9,76 m^2$$

### Número de tubos

Diámetro externo de tubos,  $D_e = 0,0254 m$

Longitud de tubos,  $L = 2,5 m$

Área de transferencia de un tubo:

$$a = \pi \cdot L \cdot D_e$$

$$a = \pi \cdot 2,5 m \cdot 0,0254 m$$

$$a = 0,199 m^2$$

Número de tubos:

$$N = \frac{A}{a}$$

$$N = \frac{9,76 m^2}{0,199 m^2}$$

$$N = 50 \text{ tubos}$$

### Área de flujo: tubos

Número de tubos,  $N = 50$  tubos

Número de pasos por tubos,  $n = 2$

Diámetro interno de tubos,  $D_i = 0,0190 m$

Densidad media del fluido que circula por tubos,  $\rho = 921,6 kg/m^3$

Caudal másico del fluido que circula por tubos,  $m_i = 8,86 kg/s$



Área de flujo total:

$$A_i = \frac{N \cdot \pi \cdot D_i^2}{4 \cdot n}$$

$$A_i = \frac{50 \cdot \pi \cdot (0,0190 \text{ m})^2}{4 \cdot 2}$$

$$A_i = 0,00709 \text{ m}^2$$

Los valores de densidad media son extraídos de la simulación con Aspen Hysys.

Velocidad: verificación

La velocidad de circulación por tubos se puede obtener a partir del caudal volumétrico y el área de flujo total.

Caudal volumétrico

$$Q_i = \frac{m_i}{p}$$

$$Q_i = \frac{8,86 \text{ kg/s}}{921,6 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q_i = 0,00961 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad de circulación

$$V_i = \frac{Q_i}{A_i}$$

$$V_i = \frac{0,00961 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00709 \text{ m}^2}$$

$$V_i = 1,36 \text{ m/s}$$

Como se puede observar, la velocidad cae dentro del rango aconsejable 1,2 – 2,4 m/s.

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30



Diámetro de coraza

Número de tubos,  $N = 50$  tubos

Número de pasos por tubos fijos,  $n = 2$

Calibre de tubos: BWG 12 - 1"

Arreglo de tubo: cuadrado

Diámetro de coraza,  $D_c = 12 \text{ in} = 0,31 \text{ m}$

*El diámetro se estima para 52 tubos por tabla, a partir de una separación de 10 mm entre la coraza y los tubos. Apéndice 11 – Disposición de tubos para un intercambiador (Eduardo Cao).*

$\phi$ carcasa	N° agujeros	$\phi$ carcasa	N° agujeros
12	52	26	280
14	70	28	336
16	90	30	394
18	124	32	452
20	158	34	514
22	196	36	570
24	234	38	640

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Tanque TK-601.

El tanque TK-601 es el encargado de almacenar el producto principal, etilenglicol. El mismo tendrá un tiempo de residencia de un día.

#### Cálculos hidráulicos

Las ecuaciones de diseño están dadas por:

$$V_{TK-601} = \frac{F}{\rho_{mezcla}} * \tau * f$$

Del balance de masa en el equipo se tiene que:

$$F = F_{601}$$

$$F = 10\,693 \frac{kg}{h}$$

$$\rho_{mezcla} = \frac{10\,693 \frac{kg}{h}}{9,63 \frac{m^3}{h}}$$

$$\rho_{mezcla} = 1\,110 \frac{kg}{m^3}$$

$$\tau = 24 \text{ hr}$$

Aplicando un factor de seguridad igual al 20% y reemplazando en la ecuación de diseño, se obtendrá el volumen útil del tanque:

$$V_{\text{útil}_{TK-601}} = \frac{10\,693 \frac{kg}{h}}{1\,110 \frac{kg}{m^3}} * 24 \text{ h} * 1,2$$

$$V_{\text{útil}_{TK-601}} = 277,44 \text{ m}^3$$

El volumen real, se calcula en base al volumen útil y se dimensiona para que soporte cualquier adversidad (si la altura supera dos veces al diámetro, el tanque puede caerse debido a la acción de los vientos).

Con lo cual se considerará:

$$H = 10 \text{ m}$$

$$D = 6 \text{ m}$$

$$V_{TK-601} = \frac{\pi * D^2 * H}{4} = 282,22 \text{ m}^3$$



### Techo

Se seleccionó un techo cónico con ángulo de 15°. Conociendo el diámetro se obtuvo que la altura es  $h = 0,8$  m.

$$V_{\text{Techo}} = \frac{\pi * r^2 * h}{3}$$

$$V_{\text{Techo}} = \frac{\pi * 3^2 * 0,8}{3}$$

$$V_{\text{Techo}} = 7,54 \text{ m}$$

El volumen real será:

$$V_{\text{realTK-601}} = V_{\text{TK-601}} + V_{\text{Techo}} = \mathbf{290 \text{ m}^3}$$

Para disminuir el tránsito interno de camiones cisterna se instalarán dos tanques idénticos.



### Tanque TK-602.

El tanque TK-602 es el encargado de almacenar el producto secundario, dietilenglicol. El mismo tendrá un tiempo de residencia de un día.

#### Cálculos hidráulicos

Las ecuaciones de diseño están dadas por:

$$V_{TK-602} = \frac{F}{\rho_{mezcla}} * \tau * f$$

Del balance de masa en el equipo se tiene que:

$$F = F_{602}$$

$$F = 284,5 \frac{kg}{h}$$

$$\rho_{mezcla} = \frac{284,5 \frac{kg}{h}}{0,254 \frac{m^3}{h}}$$

$$\rho_{mezcla} = 1120 \frac{kg}{m^3}$$

$$\tau = 24 \text{ hr}$$

Aplicando un factor de seguridad igual al 20% y reemplazando en la ecuación de diseño, se obtendrá el volumen útil del tanque:

$$V_{\text{útil}TK-602} = \frac{284,5 \frac{kg}{h}}{1120 \frac{kg}{m^3}} * 24 \text{ h} * 1,2$$

$$V_{\text{útil}TK-602} = 7,32 \text{ m}^3$$

El volumen real, se calcula en base al volumen útil y se dimensiona para que soporte cualquier adversidad (si la altura supera dos veces al diámetro, el tanque puede caerse debido a la acción de los vientos).

Con lo cual se considerará:

$$H = 3 \text{ m} \qquad D = 1,8 \text{ m}$$

$$V_{TK-602} = \frac{\pi * D^2 * H}{4} = 7,63 \text{ m}^3$$



### Techo

Se seleccionó un techo cónico con ángulo de  $15^\circ$ . Conociendo el diámetro se obtuvo que la altura es  $h = 0,8$  m.

$$V_{\text{Techo}} = \frac{\pi * r^2 * h}{3}$$

$$V_{\text{Techo}} = \frac{\pi * 0,9^2 * 0,8}{3}$$

$$V_{\text{Techo}} = 0,68 \text{ m}^3$$

El volumen real será:

$$V_{\text{realTK-601}} = V_{\text{TK-601}} + V_{\text{Techo}} = \mathbf{8,31 \text{ m}^3}$$

Para disminuir el tránsito interno de camiones cisterna se instalarán tres tanques idénticos.

---

### DISEÑO DE R-201

---

#### INTRODUCCIÓN

El objetivo del siguiente capítulo consiste en definir el procedimiento conjunto de cálculo de las variables termodinámicas que intervienen en la ecuación de diseño del reactor R-201 que convierte etileno mediante oxidación catalítica en óxido de etileno.

#### **Selección de las condiciones de operación**

En primer lugar, se determinan las condiciones de operación del reactor.

Las corrientes de entrada a las unidades de reacción estarán compuestas por una mezcla de los compuestos que intervienen en la reacción. Esta corriente entrará en la unidad de reacción a una temperatura de 260 °C y a una presión de 20 bar.

A su vez, la corriente de refrigeración, que es la encargada de disipar el calor generado durante la reacción química, será agua que entrará a la unidad como líquido saturado a una temperatura de aproximación a ser determinada en el diseño térmico del reactor-intercambiador. Dicho intercambiador funcionará como un evaporador para asegurar que la temperatura sea constante.

#### **Cinética de la reacción de oxidación**

La velocidad de reacción se encuentre íntimamente ligada a la temperatura. Un aumento excesivo de la temperatura hará necesario a su vez disipar el calor producido durante la reacción.

La cinética de oxidación del etileno depende del tipo de catalizador que se emplee en el proceso. Para un proceso catalizado por plata sobre alúmina, se ha tomado la siguiente expresión:

$$(-r_B)^I = k * P_{Et}^a * P_{O_2}^b \frac{\text{kmol}}{\text{h} * \text{kg catalizador}}$$

Dónde:

- $(-r_B)^I$  es la velocidad de reacción expresada en  $\frac{\text{kmol}}{\text{h} * \text{kg catalizador}}$
- k es la constante cinética de la reacción química.
- $P_{Et}$  y  $P_{O_2}$  son las presiones parciales de etileno y oxígeno expresadas en atmosferas.
- a y b son los órdenes de reacción.

Siendo:

$$k = 29540,77 \exp(-7734,92/T)$$

$$a = 1,5952 - 0,0024T$$

$$b = 0,4102 + 0,005T$$

Donde T es la temperatura de trabajo expresada en grados Kelvin.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Propiedades del lecho catalítico

En aquellos sistemas en los cuales el proceso transcurre en un lecho de relleno, en este caso constituido por el propio catalizador, será necesario determinar la porosidad del mismo.

La porosidad es una propiedad característica de los lechos que define el volumen de huecos presente en el sistema con respecto al volumen total y dependerá de características como el tamaño, forma y rugosidad y el empaquetamiento o distribución del relleno dentro del lecho.

$$\varepsilon = \frac{\text{Volumen de huecos}}{\text{Volumen total del Lecho}}$$

Para el sistema a analizar se optará por un catalizador de plata sobre alúmina, con una disposición del relleno al azar, con el objetivo de minimizar la probabilidad de aparición de caminos preferenciales por los que puedan circular el fluido.

Geometría del catalizador	Cilíndrico
Dimensiones (Diámetro · Altura)(mm <sup>2</sup> )	8 x 8
Densidad de empaquetamiento (kg·m <sup>-3</sup> )	590
Fracción de hueco	0,5

### Deducción de la ecuación de diseño a partir del balance de masa

Con el fin de hallar la expresión que permite diseñar el sistema de reacción, se va a realizar un balance de materia:

$$\{\text{Acumulación}\} = \{\text{Entrada}\} - \{\text{Salida}\} + \{\text{Generación}\} - \{\text{Consumo}\}$$

Se eliminan los términos de generación, por referirnos a un reactivo, y el de acumulación, por diseñar en estado estacionario.

$$\text{Balance de reactivo: } \{\text{Salida}\} = \{\text{Entrada}\} - \{\text{Consumo}\}$$

Expresión de cada término:

- $\{\text{Consumo por reacción química}\} = (-r_B)^I * \rho_B * (1 - \varepsilon) * Af * \Delta z$
  - $\{\text{Entrada}\} = |v * C_B|_Z * Af$
  - $\{\text{Salida}\} = |v * C_B|_{Z+\Delta Z} * Af$
- $(-r_B)^I$  es la velocidad de reacción referida a la unidad de masa del catalizador. Se expresa en unidades de kmol·h<sup>-1</sup>·kgcatalizador<sup>-1</sup>
  - $\rho_B$  es la densidad de la partícula de catalizador, en kg·m<sup>-3</sup>.
  - Af es el área de flujo de 1 tubo en m<sup>2</sup>.
  - $\Delta z$  es el incremento en el largo del tubo en metros.
  - $\varepsilon$  hace referencia a la porosidad el lecho y es un parámetro adimensional.
  - v es la velocidad del fluido en m·s<sup>-1</sup>.
  - C<sub>B</sub> es la concentración del reactivo en el sistema de reacción expresada en kmol·m<sup>-3</sup>.

Sustituyendo las expresiones de los términos en el balance:

$$(|v * C_B|_{Z+\Delta Z} - |v * C_B|_Z) * Af = -(-r_B)^I * \rho_B * (1 - \varepsilon) * Af * \Delta z$$

## FINAL INTEGRACIÓN V

Dividiendo todo por  $\Delta z$  (y considerando  $v$  cte por estado estacionario)

$$\frac{(|C_B|_{z+\Delta z} - |C_B|_z)}{\Delta z} v * Af = (r_B)^I * \rho_B * (1 - \varepsilon) * Af$$

Aplicando límite cuando  $\Delta z$  tiende a 0 y pasando  $Af$  al primer término

$$\frac{v * Af * dC_B}{dz * Af} = (r_B)^I * \rho_B * (1 - \varepsilon)$$

Siendo  $v * Af = Q$  (caudal volumétrico) y  $dz * Af = dV$

$$\frac{Q dC_B}{dV} = (r_B)^I * \rho_B * (1 - \varepsilon)$$

Reagrupando los términos de diferencial volumen con la densidad del catalizador y la fracción de volumen ocupada por el catalizador puedo obtener una expresión en masa de catalizador ( $dW$ )

$$\rho_B (1 - \varepsilon) dV = \frac{Q dC_B}{(r_B)^I}$$

Sustituyendo

$$dW = \frac{Q dC_B}{(r_B)^I}$$

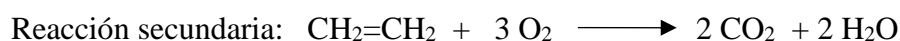
Expresando  $C_B$  en función de la conversión  $dC_B = -C_B^0 dx_B$  y sustituyendo

$$dW = - \frac{Q C_B^0 * dx_B}{(r_B)^I}$$

Siendo  $Q C_B^0 = F_B^0$  sustituyo y obtengo finalmente la ecuación de diseño del reactor

$$dW = F_B^0 \frac{dx_B}{(-r_B)^I}$$

### Cálculo de los moles totales



$$\text{Selectividad} = \phi = \frac{\text{moles etileno que producen OE}}{\text{moles etileno consumidos}}$$



### Balance componente a componente

$$\begin{aligned} \text{➤ } n_{Et} &= n_{Et}^0 - n_{Et}^0 x_{Et} = n_{Et}^0 (1 - x_{Et}) \\ \text{➤ } n_{O2} &= n_{O2}^0 - \frac{1}{2} n_{Et}^0 x_{Et} \varphi - 3 n_{Et}^0 x_{Et} (1 - \varphi) = n_{Et}^0 \left[ M - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi - 3 x_{Et} (1 - \varphi) \right] \end{aligned}$$

Siendo  $M = \frac{\text{moles iniciales de } O_2}{\text{moles iniciales de etileno}}$

$$\begin{aligned} \text{➤ } n_{CH4} &= n_{CH4}^0 = n_{Et}^0 H \quad \text{siendo } H = \frac{\text{moles iniciales de } CH_4}{\text{moles iniciales de etileno}} \\ \text{➤ } n_{CO2} &= n_{CO2}^0 + 2 n_{Et}^0 x_{Et} (1 - \varphi) = n_{Et}^0 [N + 2 x_{Et} (1 - \varphi)] \end{aligned}$$

Siendo  $N = \frac{\text{moles iniciales de } CO_2}{\text{moles iniciales de etileno}}$

$$\begin{aligned} \text{➤ } n_{H2O} &= n_{Et}^0 [2 x_{Et} (1 - \varphi)] \\ \text{➤ } n_{OE} &= n_{Et}^0 [x_{Et} \varphi] \end{aligned}$$

$$n_{Total} = \sum n_i$$

$$\begin{aligned} n_{Total} &= n_{Et}^0 (1 - x_{Et}) + n_{Et}^0 \left[ M - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi - 3 x_{Et} (1 - \varphi) \right] + n_{Et}^0 H \\ &\quad + n_{Et}^0 [N + 2 x_{Et} (1 - \varphi)] + n_{Et}^0 [2 x_{Et} (1 - \varphi)] + n_{Et}^0 [x_{Et} \varphi] \end{aligned}$$

Sacando factor común  $n_{Et}^0$

$$\begin{aligned} n_{Total} &= n_{Et}^0 \left\{ (1 - x_{Et}) + M - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi - 3 x_{Et} (1 - \varphi) + H + N + 2 x_{Et} (1 - \varphi) \right. \\ &\quad \left. + 2 x_{Et} (1 - \varphi) + x_{Et} \varphi \right\} \end{aligned}$$

Reagrupando primero las constantes, luego distribuyendo para eliminar los paréntesis

$$\begin{aligned} n_{Total} &= n_{Et}^0 \left\{ 1 + M + H + N - x_{Et} - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi - 3 x_{Et} + 3 x_{Et} \varphi + 2 x_{Et} - 2 x_{Et} \varphi \right. \\ &\quad \left. + 2 x_{Et} - 2 x_{Et} \varphi + x_{Et} \varphi \right\} \end{aligned}$$

Denominando a la suma de las constantes  $K = 1 + M + H + N$  y reagrupando los términos  $x_{Et} \varphi$

$$\begin{aligned} n_{Total} &= n_{Et}^0 \left\{ K - x_{Et} - 3 x_{Et} + 2 x_{Et} + 2 x_{Et} - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi + 3 x_{Et} \varphi - 2 x_{Et} \varphi \right. \\ &\quad \left. - 2 x_{Et} \varphi + x_{Et} \varphi \right\} \end{aligned}$$

Sacando factor común

$$n_{Total} = n_{Et}^0 \left\{ K + (-1 - 3 + 2 + 2) x_{Et} + \left( -\frac{1}{2} + 3 - 2 - 2 + 1 \right) x_{Et} \varphi \right\}$$

Resolviendo

$$\text{➤ } n_{Total} = n_{Et}^0 \left\{ K - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi \right\}$$

Siendo:

$$\text{➤ } K = (1 + M + H + N)$$



- $M = \frac{\text{moles iniciales de } O_2}{\text{moles iniciales de etileno}} ; H = \frac{\text{moles iniciales de } CH_4}{\text{moles iniciales de etileno}} ; N = \frac{\text{moles iniciales de } CO_2}{\text{moles iniciales de etileno}}$
- $\varphi = \frac{\text{moles etileno que producen OE}}{\text{moles etileno consumidos}}$

### Deducción de la expresión de las presiones parciales en función de la conversión

Recordando la expresión de la ecuación cinética de la reacción de formación de óxido de etileno

$$(-r_B)^I = k * P_{Et}^a * P_{O_2}^b \frac{\text{kmol}}{h * \text{kg catalizador}}$$

Es adecuado expresar las presiones parciales de etileno y oxígeno en función de la conversión para poder integrar la ecuación de diseño.

Según la ley de Dalton de las presiones parciales, podemos expresar la presión parcial de cada componente como la presión total del sistema multiplicada por la fracción molar de dicho componente en la mezcla gaseosa.

Matemáticamente:

$$p_i = P * y_i \quad \wedge \quad y_i = \frac{\text{moles del componente "i"}}{\text{moles totales}}$$

Aplicando este concepto para el etileno

$$P_{Et} = P * y_{Et} = P \frac{n_{Et}}{n_t} = P \frac{n_{Et}^0 * (1 - x_B)}{n_{Et}^0 \left\{ K - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi \right\}} = P \frac{(1 - x_B)}{\left\{ K - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi \right\}}$$

$$P_{O_2} = P y_{O_2} = P \frac{n_{O_2}}{n_t} = P \frac{n_{O_2}^0 \left[ M - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi - 3 x_{Et} (1 - \varphi) \right]}{n_{Et}^0 \left\{ K - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi \right\}} = P \frac{\left[ M - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi - 3 x_{Et} (1 - \varphi) \right]}{\left\{ K - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi \right\}}$$

Entonces:

- $P_{Et} = P \frac{(1 - x_B)}{\left\{ K - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi \right\}}$
- $P_{O_2} = P \frac{\left[ M - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi - 3 x_{Et} (1 - \varphi) \right]}{\left\{ K - \frac{1}{2} x_{Et} \varphi \right\}}$

Siendo:

- $K = (1 + M + H + N)$
- $M = \frac{\text{moles iniciales de } O_2}{\text{moles iniciales de etileno}}$
- $H = \frac{\text{moles iniciales de } CH_4}{\text{moles iniciales de etileno}}$
- $N = \frac{\text{moles iniciales de } CO_2}{\text{moles iniciales de etileno}}$
- $\varphi = \frac{\text{moles etileno que producen OE}}{\text{moles etileno consumidos}}$

### Resolución de la ecuación de diseño por métodos numéricos para obtención de la masa de catalizador necesaria

I) Recordando la ecuación cinética

$$(-r_B)^I = k * P_{Et}^a * P_{O_2}^b \frac{\text{kmol}}{h * \text{kg catalizador}}$$

## FINAL INTEGRACIÓN V

Siendo:

- $k = 29540,77 \exp(-7734,92/T)$
- $a = 1,5952 - 0,0024T$
- $b = 0,4102 + 0,005T$

Donde T es la temperatura de trabajo expresada en grados Kelvin.

Resolviendo para temperatura constante de 260°C (533K):

- $k = 0,0147$
- $a = 0,3160$
- $b = 3,0752$

II) Recordando la expresión de las presiones parciales en función de la conversión

$$\begin{aligned} \text{➤ } P_{Et} &= P \frac{(1-x_B)}{\{K - \frac{1}{2}x_{Et}\phi\}} \\ \text{➤ } P_{O_2} &= P \frac{[M - \frac{1}{2}x_{Et}\phi - 3x_{Et}(1-\phi)]}{\{K - \frac{1}{2}x_{Et}\phi\}} \end{aligned}$$

Siendo:

- $K = (1 + M + H + N) = 3,27$
- $M = \frac{\text{moles iniciales de } O_2}{\text{moles iniciales de etileno}} = 0,23$
- $H = \frac{\text{moles iniciales de } CH_4}{\text{moles iniciales de etileno}} = 1,66$
- $N = \frac{\text{moles iniciales de } CO_2}{\text{moles iniciales de etileno}} = 0,38$
- $\phi = \frac{\text{moles etileno que producen } OE}{\text{moles etileno consumidos}} = 0,80$

III) Recordando la ecuación de diseño

$$dW = F_B^0 \frac{dx_B}{(-r_B)^l}$$

Sustituyendo

$$dW = F_B^0 \frac{dx_{Et}}{k * P_{Et}^a * P_{O_2}^b}$$

Reemplazando por valores numéricos

$$= 799 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} \frac{dx_B}{0,0147 * \left(20 * \frac{(1-x_{Et})}{3,27 - 0,4 x_{Et}}\right)^{0,316} * \left(20 * \frac{[0,23 - 0,4x_{Et} - 3x_{Et} + 2,4x_{Et}]}{3,27 - 0,4 x_{Et}}\right)^{3,0752}} \frac{\text{kmol}}{\text{h kg cat}}$$

Operando

$$dW = 799 \frac{dx_B}{0,0147 * \left(\frac{20 - 20x_{Et}}{3,27 - 0,4 x_{Et}}\right)^{0,316} * \left(\frac{4,6 - 20x_{Et}}{3,27 - 0,4 x_{Et}}\right)^{3,0752}} \text{ kg cat}$$

Procediendo a la integración por métodos numéricos (se aplica método del trapecio) se obtiene la masa de catalizador necesaria para la reacción.

$$W = 26,8 \text{ tn catalizador}$$



## FINAL INTEGRACIÓN V

### Determinación de las dimensiones del sistema

Los reactores empleados en la oxidación del etileno son, a todos los efectos, muy similares a una unidad de intercambio de calor, por lo que se debe tener en cuenta que su diseño comparte muchos aspectos similares con los procedimientos seguidos para el diseño de los intercambiadores de calor.

Como ya se ha mencionado, la corriente de reactivo será la que circulará por el interior de los tubos, con una temperatura de entrada de 260°C intentando abandonar el reactor a la misma temperatura de entrada.

Esto significa que se intentará trabajar en régimen isoterma para el fluido circulante por los tubos. Por otro lado, el agua de refrigeración como líquido saturado circulará por la carcasa y la generación de calor será absorbida por el cambio de fase del agua de líquido a vapor.

Para la determinación de las dimensiones también es importante conocer los materiales, ya que finalmente se ajustará con valores de diámetro y longitud comerciales.

El acero inoxidable es elegido para los tubos ya que habrá una gran cantidad de óxido de etileno circulando por el lado de tubos. Al ser el óxido de etileno altamente reactivo con el óxido que pueda haber en una cañería, el uso de acero inoxidable es crítico para mitigar el riesgo de reacciones indeseadas y potencialmente peligrosas.

En cuanto al lado de coraza, al haber agua como fluido refrigerante se podría seleccionar acero al carbono, ya que químicamente es apto para el servicio y es de menor costo, pero teniendo en cuenta el ambiente salino del lugar donde se emplazará la planta, se seleccionará también acero inoxidable por seguridad y para mayor durabilidad.

Pese a que el reactor a todos los efectos puede considerarse un intercambiador de calor, no es posible elegir el número de tubos por medio de los modelos estándar comerciales disponibles para la sección de intercambiadores. Este hecho es debido a que el número de pasos por tubo debe ser igual a la unidad para evitar que la masa de catalizador pueda quedar retenida en los codos del tubo afectando negativamente el transcurso de la reacción. Es por eso que el número de tubos se ajusta hasta obtener un valor de pérdida de carga y de longitud conveniente.

### Algoritmo de cálculo para la determinación del largo y número de tubos y verificación hidráulica

Siendo conocida la masa de catalizador y las características del mismo, se puede calcular el volumen necesario en tubos.

$$V = \frac{W}{\rho_B}$$

Se tendrá en cuenta un 10% de sobredimensionamiento en volumen para ir compensando las pérdidas por envejecimiento del catalizador.

A su vez, por geometría el volumen puede calcularse como el área de flujo de un tubo en función de su diámetro interno por el largo, por el número de tubos.

$$V = \frac{\pi * D_i^2}{4} * L * N_{tubos}$$

## FINAL INTEGRACIÓN V

Igualando las dos expresiones, podemos relacionar la masa de catalizador con el largo, el diámetro y el número de tubos.

$$\frac{W}{\rho_B} = \frac{\pi * D_i^2}{4} * L * N_{tubos}$$

Operando

$$L = \frac{4W}{\pi * D_i^2 * \rho_B * N_{tubos}} = \frac{W}{A_f * \rho_B}$$

Por ende, al seleccionar un diámetro y suponer un número de tubos, la longitud quedará determinada.

Por motivos comerciales, el largo de los tubos no podrá sobrepasar los 12m, ya que es la máxima dimensión encontrada en el mercado para tubos de acero inoxidable bajo estándar.

Para asegurar el funcionamiento hidráulico del sistema, se utiliza la ecuación de Ergun que correlaciona las características del sistema con la pérdida de carga en lechos porosos. Se establece un límite máximo de  $\Delta P$  de aproximadamente el 10% del inicial. El diseño hidráulico no debería sobrepasar este  $\Delta P$ .

$$\frac{-\Delta p^+}{L} = 150 \frac{(1 - \varepsilon_m)^2}{\varepsilon_m^3} \frac{\mu u^+}{(\Phi_s d_p)^2} + 1.75 \frac{1 - \varepsilon_m}{\varepsilon_m^3} \frac{\rho (u^+)^2}{\Phi_s d_p}$$

Siendo:

- $\Delta P$  la pérdida de carga a través del lecho [Pa].
- L la longitud del lecho [m].
- $\varepsilon$  la porosidad del lecho [adimensional].
- $\mu$  la viscosidad del fluido [Pa.s].
- u la velocidad del fluido a través del lecho [m/s].
- $\varphi$  el factor de esfericidad [adimensional].
- $d_p$  el diámetro equivalente de una partícula del lecho [m].
- $\rho$  la densidad del fluido [kg/m<sup>3</sup>].

Recordando que diámetro equivalente ( $d_p$ ) de una partícula no esférica se define como el diámetro de una esfera que tiene el mismo volumen que la partícula y teniendo en cuenta que el catalizador utilizado es cilíndrico.

$$V_{esfera} = \frac{1}{6} \pi * D_p^3 \quad y \quad V_{cilindro} = \frac{\pi * D_{cilindro}^2}{4} * h$$

Igualando las expresiones

$$\frac{1}{6} \pi * D_p^3 = \frac{\pi * D_{cilindro}^2}{4} * h$$

Operando

$$d_p = \sqrt[3]{\frac{3}{2} h * D_{cilindro}^2}$$

Sustituyendo por los valores del catalizador (8mm de diámetro y 8mm de altura)

## FINAL INTEGRACIÓN V

$$d_p = \sqrt[3]{\frac{3}{2} 8mm * (8mm)^2} = 9,16mm$$

Recordando que la esfericidad es la relación entre la superficie de esta esfera y la superficie real de la partícula.

$$\varphi = \frac{\pi * d_p^2}{2 * \frac{\pi * D_{cilindro}^2}{4} + \pi * D_{cilindro} * h}$$

Simplificando y reemplazando por valores numéricos

$$\varphi = \frac{(9,16mm)^2}{\frac{(8mm)^2}{2} + 8mm * 8mm} = 0,874$$

La velocidad a través del lecho, será función del área total de flujo definida como

$$Af = \frac{\pi * D_{interno}^2}{4} * N^{\circ}_{tubos} \quad y \quad u = \frac{\dot{m}}{\rho * Af}$$

Por

lo

tanto

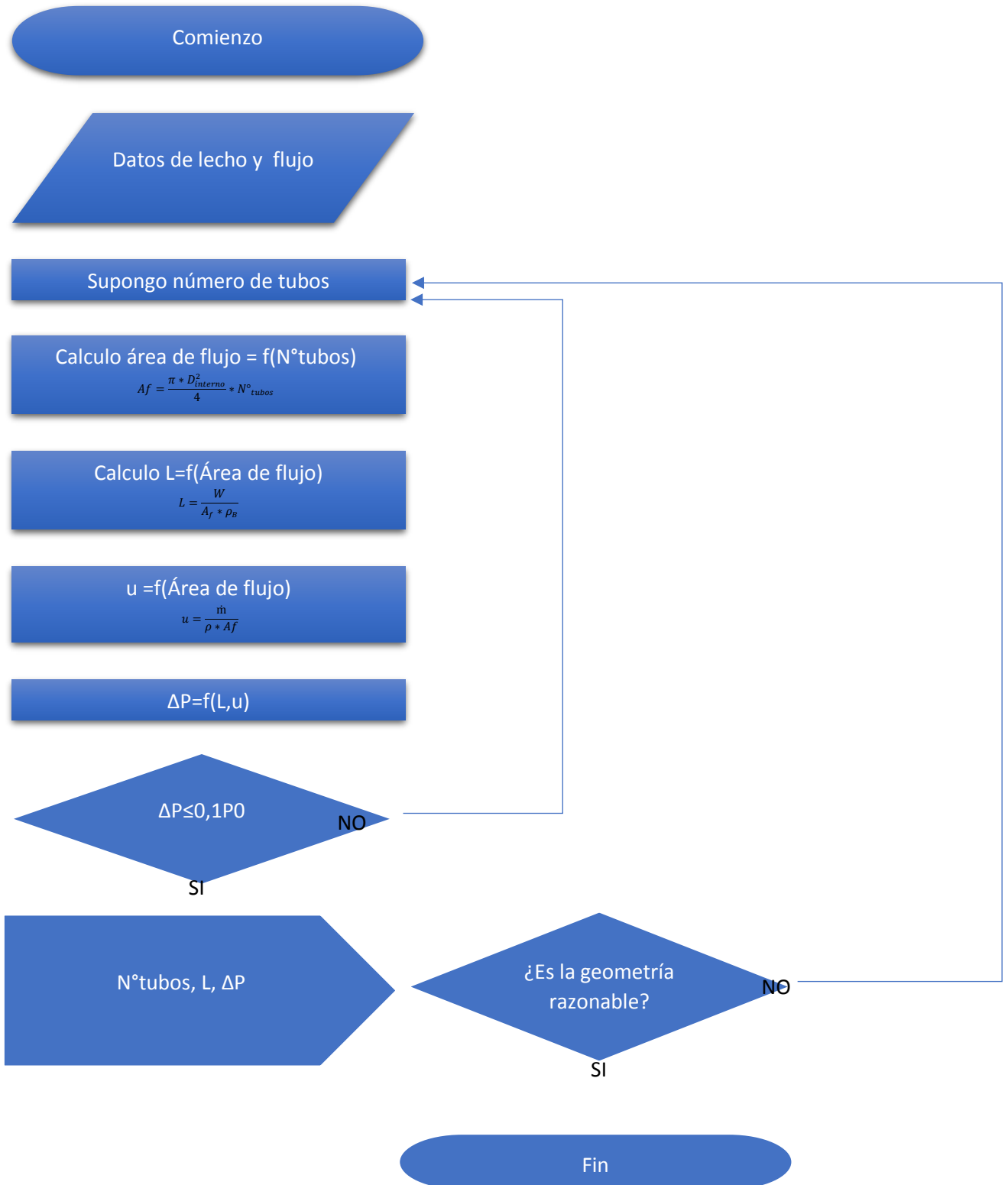
$$u = \frac{\dot{m}}{\rho * \frac{\pi * D_{interno}^2}{4} * N^{\circ}_{tubos}}$$

El resto de los parámetros son característicos del lecho y son conocidos.

Se elegirá un valor de diámetro interno de tubo según los estándares tabulados. Para este caso, se han elegido tubos de 1,5 y 2 pulgadas de diámetro y calibre BWG 12, lo que se corresponde con un espesor interno de 0,109 pulgadas. Se verificarán ambos en paralelo y luego se seleccionará el más adecuado. Posteriormente, se realizará el cálculo del diámetro interno en función de la corrosión y se comprobará si el calibre elegido es el adecuado.



### Algoritmo



## FINAL INTEGRACIÓN V

Dnominal[pulgadas]	Espesor (BWG 12)	Dinterno [m, BWG12]	N°tubos	Af [m2]	u [m/s]	L[m]	ΔP[Pa]
1,5	0,109	0,03282	1000	0,846	1,867	58,9	1995795,06
1,5		0,03282	1100	0,930	1,698	53,5	1500235,93
1,5		0,03282	1200	1,015	1,556	49,1	1156153,35
1,5		0,03282	1300	1,099	1,437	45,3	909809,718
1,5		0,03282	1400	1,184	1,334	42,1	728815,931
1,5		0,03282	1500	1,268	1,245	39,2	592856,261
1,5		0,03282	1600	1,353	1,167	36,8	488747,277
1,5		0,03282	1700	1,437	1,099	34,6	407679,18
1,5		0,03282	1800	1,522	1,037	32,7	343612,273
1,5		0,03282	1900	1,606	0,983	31,0	292311,669
1,5		0,03282	2000	1,691	0,934	29,4	250748,088
1,5		0,03282	2100	1,776	0,889	28,0	216715,654
1,5		0,03282	2200	1,860	0,849	26,8	188582,141
1,5		0,03282	2300	1,945	0,812	25,6	165122,183
1,5		0,03282	2400	2,029	0,778	24,5	145403,687
1,5		0,03282	2500	2,114	0,747	23,5	128709,09
1,5		0,03282	2600	2,198	0,718	22,6	114479,887
1,5		0,03282	2700	2,283	0,692	21,8	102276,963
1,5		0,03282	2800	2,367	0,667	21,0	91751,8413
1,5		0,03282	2900	2,452	0,644	20,3	82625,5847
1,5		0,03282	3000	2,537	0,622	19,6	74673,1241
1,5		0,03282	3100	2,621	0,602	19,0	67711,5006
1,5		0,03282	3200	2,706	0,584	18,4	61590,9509
1,5		0,03282	3300	2,790	0,566	17,8	56188,0859
1,5		0,03282	3400	2,875	0,549	17,3	51400,6261
1,5		0,03282	3500	2,959	0,534	16,8	47143,3043
1,5		0,03282	3600	3,044	0,519	16,4	43344,6532
1,5		0,03282	3700	3,128	0,505	15,9	39944,4673
1,5		0,03282	3800	3,213	0,491	15,5	36891,7858
1,5		0,03282	3900	3,298	0,479	15,1	34143,2767
1,5		0,03282	4000	3,382	0,467	14,7	31661,9375
1,5		0,03282	4100	3,467	0,455	14,4	29416,041
1,5		0,03282	4200	3,551	0,445	14,0	27378,2789
1,5		0,03282	4300	3,636	0,434	13,7	25525,0593
1,5		0,03282	4400	3,720	0,424	13,4	23835,9299
1,5		0,03282	4500	3,805	0,415	13,1	22293,1009
1,5		0,03282	4600	3,889	0,406	12,8	20881,049
1,5		0,03282	4700	3,974	0,397	12,5	19586,1875
1,5		0,03282	4800	4,059	0,389	12,3	18396,5903
1,5		0,03282	4900	4,143	0,381	12,0	17301,7593

Dnominal[pulgadas]	Espesor (BWG 12)	Dinterno [m, BWG12]	N°tubos	Af [m2]	u [m/s]	L[m]	ΔP[Pa]
2	0,109	0,04562	1000	1,634	0,967	30,5	278009,636
2		0,04562	1100	1,797	0,879	27,7	209077,824
2		0,04562	1200	1,960	0,805	25,4	161201,118
2		0,04562	1300	2,124	0,743	23,4	126913,282
2		0,04562	1400	2,287	0,690	21,8	101713,349
2		0,04562	1500	2,451	0,644	20,3	82777,5933
2		0,04562	1600	2,614	0,604	19,0	68273,2729
2		0,04562	1700	2,777	0,569	17,9	56975,4273
2		0,04562	1800	2,941	0,537	16,9	48044,1054
2		0,04562	1900	3,104	0,509	16,0	40890,2421
2		0,04562	2000	3,267	0,483	15,2	35092,3899
2		0,04562	2100	3,431	0,460	14,5	30343,5987
2		0,04562	2200	3,594	0,439	13,9	26416,6994
2		0,04562	2300	3,757	0,420	13,2	23141,1165
2		0,04562	2400	3,921	0,403	12,7	20387,0741
2		0,04562	2500	4,084	0,387	12,2	18054,6471
2		0,04562	2540	4,150	0,381	12,0	17221,6963
2		0,04562	2640	4,313	0,366	11,5	15352,713
2		0,04562	2740	4,476	0,353	11,1	13745,6301
2		0,04562	2840	4,640	0,340	10,7	12356,0695
2		0,04562	2940	4,803	0,329	10,4	11148,3859

Se verifica entonces un diseño con 4900 tubos de 1,5'' calibre BWG12 de 12m y otro diseño de 2540 tubos de 2'' BWG12 de 12m de largo. Menor cantidad de tubos requerirían mayor longitud. Mayor cantidad de tubos, requerirían longitudes menores pero mayor diámetro de coraza. Como se mencionó anteriormente, se limita a 12m por un tema de longitudes comerciales de tubos de acero inoxidable.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Diseño Térmico

#### **Cálculo del calor intercambiado y caudal de refrigerante**

El carácter exotérmico de la reacción obliga a la disipación del calor que se genera en el sistema con el fin de trabajar en condiciones más adecuadas de operación.

La refrigeración del sistema de reacción consiste en la entrada de agua a una presión y temperatura adecuada para la disipación del calor generado por la reacción de oxidación del etileno.

Aplicando un balance de energía a la corriente de refrigeración, se llega a la siguiente expresión:

$$(Q_{\text{cedido}})_{\text{reacción}} = (Q_{\text{disipado}})_{\text{intercambiado}}$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \{ \text{Calor generado por reacción química} \} &= (-rB)' * \rho_B * Af * \Delta z * (-\Delta H_r) \\ \{ \text{Calor disipado por el refrigerante} \} &= \dot{m}_{\text{refrig}} * \Delta H_{\text{vap}} \end{aligned}$$

Finalmente se puede verificar que se necesitan disipar 14980kW.

El caudal de refrigeración puede calcularse a través de la expresión

$$\dot{m}_{\text{refrig}} = \frac{Q}{\Delta H_{\text{vap}}}$$

El caudal de refrigeración requerido será 28300kg/h de agua.

#### **Cálculo del área de transferencia**

Para el reactor diseñado se verifica el área de transferencia térmica como:

$$\begin{aligned} A_{\text{transferencia}} &= \pi * d_o * L * N^{\circ}_{\text{tubos}} \\ A_t &= \pi * 1,5in * \frac{0,0254m}{in} * 12m * 4900 = \mathbf{7034m^2} \\ A_t &= \pi * 2in * \frac{0,0254m}{in} * 12m * 2540 = \mathbf{4863m^2} \end{aligned}$$

El diseño de tubos de menor diámetro presenta un área de transferencia un 44,6% mayor.

#### **Cálculo del coeficiente global de transferencia térmica**

Siendo

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{io}} + \frac{\ln(d_o/d_i)}{2\pi k_{\text{acero}}} + \frac{1}{h_o} + r$$

Se despreciará la resistencia debida a la película externa ya que, en el caso de evaporación de agua, los valores que la bibliografía cita para  $h_o$  son muy altos.

Para el cálculo del coeficiente de película interno, se recurre a la fórmula de Leva, que para un sistema enfriador es:

$$h_i = \frac{k_g}{D} 3.50 \left( \frac{G \cdot d_p}{\mu} \right)^{0.7} \exp(-4.6 d_p/D)$$



Siendo:

- $k_g$  la conductividad térmica del gas.
- $D$  el diámetro interno  $d_i$  del tubo
- $G$  el flujo másico
- $d_p$  el diámetro equivalente
- $\mu$  la viscosidad del gas

$$h_i = \frac{0,0584 \frac{W}{m \cdot K}}{0,04562m} * 3,50 * \left( \frac{4,21 \frac{kg}{m^2 s} * 0,00916m}{0,0000198 Pa \cdot s} \right)^{0,7} * e^{-4,6 * \frac{0,00916m}{0,04562m}}$$

$$h_i = 357,1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Luego se debe referir  $h$  al diámetro exterior, por lo tanto:

$$h_{i0} = h_i \frac{d_i}{d_o} = 320,7 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Se calcula el término referido a la resistencia a la conducción térmica en el caño

$$\frac{2\pi k_{acero}}{\ln(d_o/d_i)} = \frac{2\pi * 17 \frac{W}{m \cdot K}}{\ln(2''/1,782'')} = 925,5 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Se toma de bibliografía un coeficiente de resistencia a la transferencia térmica por ensuciamiento:

Fluido	Resistencia por ensuciamiento $R_f$ [W/m <sup>2</sup> K] <sup>-1</sup>
Aceite combustible	0,005
Aceite para transformadores	0,001
Aceite vegetal	0,003
Gasóleo ligero	0,002
Gasóleo pesado	0,003
Asfalto	0,005
Gasolina	0,001
Keroseno	0,001
Soluciones cáusticas	0,002
Líquidos refrigerantes	0,001
Fluido hidráulico	0,001
Sales fundidas	0,0005
Gas de escape de un motor	0,01
Vapor (Sin aceite)	0,0005
Vapor (Con aceite)	0,001
Vapores refrigerantes (Con aceite)	0,002
Aire comprimido	0,002
Gas ácido	0,001
Vapores solventes	0,001
Agua marina	0,0005-0,001
Agua salada	0,001-0,003
Agua de torre de enfriamiento (Tratada)	0,001-0,002
Agua de torre de enfriamiento (Sin tratar)	0,002-0,005
Agua de río	0,001-0,004
Agua destilada o condensada en un circuito cerrado	0,0005
Agua tratada de alimentación para calderas	0,0005-0,001

$$r = 0,001 \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)^{-1}$$

Finalmente calculo el coeficiente global

$$U = \left( \frac{1}{h_{i0}} + \frac{\ln(d_o/d_i)}{2\pi k_{acero}} + \frac{1}{h_o} + r \right)^{-1} = 195,1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$



## FINAL INTEGRACIÓN V

En resumen

- Para el diseño con tubos 1,5''  $U = 210 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
- Para el diseño con tubos 2''  $U = 195,1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

En ambos casos el coeficiente global de transferencia térmica es similar. Presentan una variación de  $15 \frac{W}{m^2 \cdot K}$  (aproximadamente 7% de diferencia) siendo mayor en el de tubos de menor diámetro.

### Cálculo de la temperatura de aproximación

Recordando la ecuación de diseño

$$Q = U * A_t * \Delta T$$

Reordenando

$$\Delta T = \frac{Q}{U * A_t}$$

Mediante esa expresión y resolviendo se obtiene que la temperatura de aproximación es:

- Para el diseño con tubos de 1,5'': 9,6°C
- Para el diseño con tubos de 2'': 14,7°C

Una vez definidas las propiedades temperatura y condición de líquido saturado, se busca por tablas la presión de trabajo que condice con dichas propiedades.

**Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de presiones**

Presión bar	Temp. °C	Volumen específico m <sup>3</sup> / kg		Energía interna kJ / kg		Entalpía kJ / kg			Entropía kJ / kg K	
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor vaporiz.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.
		$v_f \times 10^3$	$v_g$	$u_f$	$u_g$	$h_f$	$h_{fg}$	$h_g$	$s_f$	$s_g$
0,04	28,96	1,0040	34,800	121,45	2415,2	121,46	2432,9	2554,4	0,4226	8,4746
0,06	36,16	1,0064	23,739	151,53	2425,0	151,53	2415,9	2567,4	0,5210	8,3304
0,08	41,51	1,0084	18,103	173,87	2432,2	173,88	2403,1	2577,0	0,5926	8,2287
0,10	45,81	1,0102	14,674	191,82	2437,9	191,83	2392,8	2584,7	0,6493	8,1502
0,20	60,06	1,0172	7,649	251,38	2456,7	251,40	2358,3	2609,7	0,8320	7,9085
0,30	69,10	1,0223	5,229	289,20	2468,4	289,23	2336,1	2625,3	0,9439	7,7686
0,40	75,87	1,0265	3,993	317,53	2477,0	317,58	2319,2	2636,8	1,0259	7,6700
0,50	81,33	1,0300	3,240	340,44	2483,9	340,49	2305,4	2645,9	1,0910	7,5939
0,60	85,94	1,0331	2,732	359,79	2489,6	359,86	2293,6	2653,5	1,1453	7,5320
0,70	89,95	1,0360	2,365	376,63	2494,5	376,70	2283,3	2660,0	1,1919	7,4797
0,80	93,50	1,0380	2,087	391,58	2498,8	391,66	2274,1	2665,8	1,2329	7,4346
0,90	96,71	1,0410	1,869	405,06	2502,6	405,15	2265,7	2670,9	1,2695	7,3949
1,00	99,63	1,0432	1,694	417,36	2506,1	417,46	2258,0	2675,5	1,3026	7,3594
1,50	111,4	1,0528	1,159	466,94	2519,7	467,11	2226,5	2693,6	1,4336	7,2233
2,00	120,2	1,0605	0,8857	504,49	2529,5	504,70	2201,9	2706,7	1,5301	7,1271
2,50	127,4	1,0672	0,7187	535,10	2537,2	535,37	2181,5	2716,9	1,6072	7,0527
3,00	133,6	1,0732	0,6058	561,15	2543,6	561,47	2163,8	2725,3	1,6718	6,9919
3,50	138,9	1,0786	0,5243	583,95	2546,9	584,33	2148,1	2732,4	1,7275	6,9405
4,00	143,6	1,0836	0,4625	604,31	2553,6	604,74	2133,8	2738,6	1,7766	6,8959
4,50	147,9	1,0882	0,4140	622,25	2557,6	623,25	2120,7	2743,9	1,8207	6,8565
5,00	151,9	1,0926	0,3749	639,68	2561,2	640,23	2108,5	2748,7	1,8607	6,8212
6,00	158,9	1,1006	0,3157	669,90	2567,4	670,56	2086,3	2756,8	1,9312	6,7600
7,00	165,0	1,1080	0,2729	696,44	2572,5	697,22	2066,3	2763,5	1,9922	6,7080
8,00	170,4	1,1148	0,2404	720,22	2576,8	721,11	2048,0	2769,1	2,0462	6,6628
9,00	175,4	1,1212	0,2150	741,83	2580,5	742,83	2031,1	2773,9	2,0946	6,6226
10,0	179,9	1,1273	0,1944	761,68	2583,6	762,81	2015,3	2778,1	2,1387	6,5863
15,0	198,3	1,1539	0,1318	843,16	2594,5	844,84	1947,3	2792,2	2,3150	6,4448
20,0	212,4	1,1767	0,09963	906,44	2600,3	908,79	1890,7	2799,5	2,4474	6,3409
25,0	224,0	1,1973	0,07998	959,11	2603,1	962,11	1841,0	2803,1	2,5547	6,2575
30,0	233,9	1,2165	0,06668	1004,8	2604,1	1008,4	1795,7	2804,2	2,6457	6,1869
35,0	242,6	1,2347	0,05707	1045,4	2603,7	1049,8	1753,7	2803,4	2,7253	6,1253
40,0	250,4	1,2522	0,04978	1082,3	2602,3	1087,3	1714,1	2801,4	2,7964	6,0701



## FINAL INTEGRACIÓN V

- Para el diseño con tubos de 1,5": El agua tendrá 250,4°C, 40bar y  $\Delta H=1714\text{kJ/kg}$ .
- Para el diseño con tubos de 2": El agua tendrá 245,3°C, 36,7bar y  $\Delta H=1739\text{kJ/kg}$ .

### Verificación del diseño mecánico de los tubos

Una vez calculadas las dimensiones de los tubos es necesario determinar propiedades del diseño mecánico. Para ello es imprescindible definir dos parámetros directamente relacionados con el cálculo de estas propiedades: la presión y la temperatura de diseño.

Debido a que el equipo dispondrá tanto de presión dentro de los tubos, como de presión fuera de ellos (en coraza), se debe considerar el caso más extremo para su diseño, y eso es que mantenga presión dentro de tubos mientras fuera de ellos haya una atmósfera, o bien que haya presión en coraza mientras los tubos se mantengan a una atmósfera. Los algoritmos de cálculo para la presión interna y externa son diferentes, por lo que el espesor seleccionado deberá verificar por encima de los calculados por ambos métodos.

La presión de diseño se considera aquella que es un 20% superior a la de trabajo, mientras que la temperatura de diseño será aquella resultante de sumar 50°C a la temperatura de trabajo. Siendo la presión y la temperatura de trabajo de 40 bar y 260°C, respectivamente, se tiene como presión de diseño,  $P_D$ , 48 bar mientras que la temperatura de diseño,  $T_D$ , se queda en 310°C. La presión mencionada anteriormente es la de coraza. Para la presión en tubos se tendrá en cuenta 20 bar y un 20% adicional que dan una presión de diseño de 24bar.

### **Determinación del espesor de los tubos según presión interna (ASME B31.3)**

El cálculo del espesor de los tubos del reactor se conoce recurriendo al Código ASME B31.3, mediante la siguiente expresión que se recoge a continuación:

$$t = \left( \frac{P_D * D_o}{2 * (S * E + P_D * Y)} + C \right)$$

Siendo:

- $P_D$  es la presión de diseño (interna) en psi.
- $D_o$  representa el diámetro exterior de los tubos en pulgadas.
- $S$  es la tensión máxima admisible por el material expresado en psi.
- $E$  es la eficiencia de soldadura.
- $Y$  es una constante función de la temperatura y del material.
- $C$  es el margen de corrosión expresado en pulgadas.

- Tensión máxima admisible ( $S$ )

Para la unidad de reacción, se elige acero inoxidable SA-240 (AISI 316L) debido a su resistencia a las altas temperaturas, presiones y ambientes corrosivos. Para una temperatura de diseño de 310°C el valor de la tensión máxima admisible por el material es de 14000 psi (Tabla A-1 ASMEB31.3)



## FINAL INTEGRACIÓN V

$$\frac{D_0}{t} = \frac{50,8\text{mm}}{2,77\text{mm}} = 13,8$$

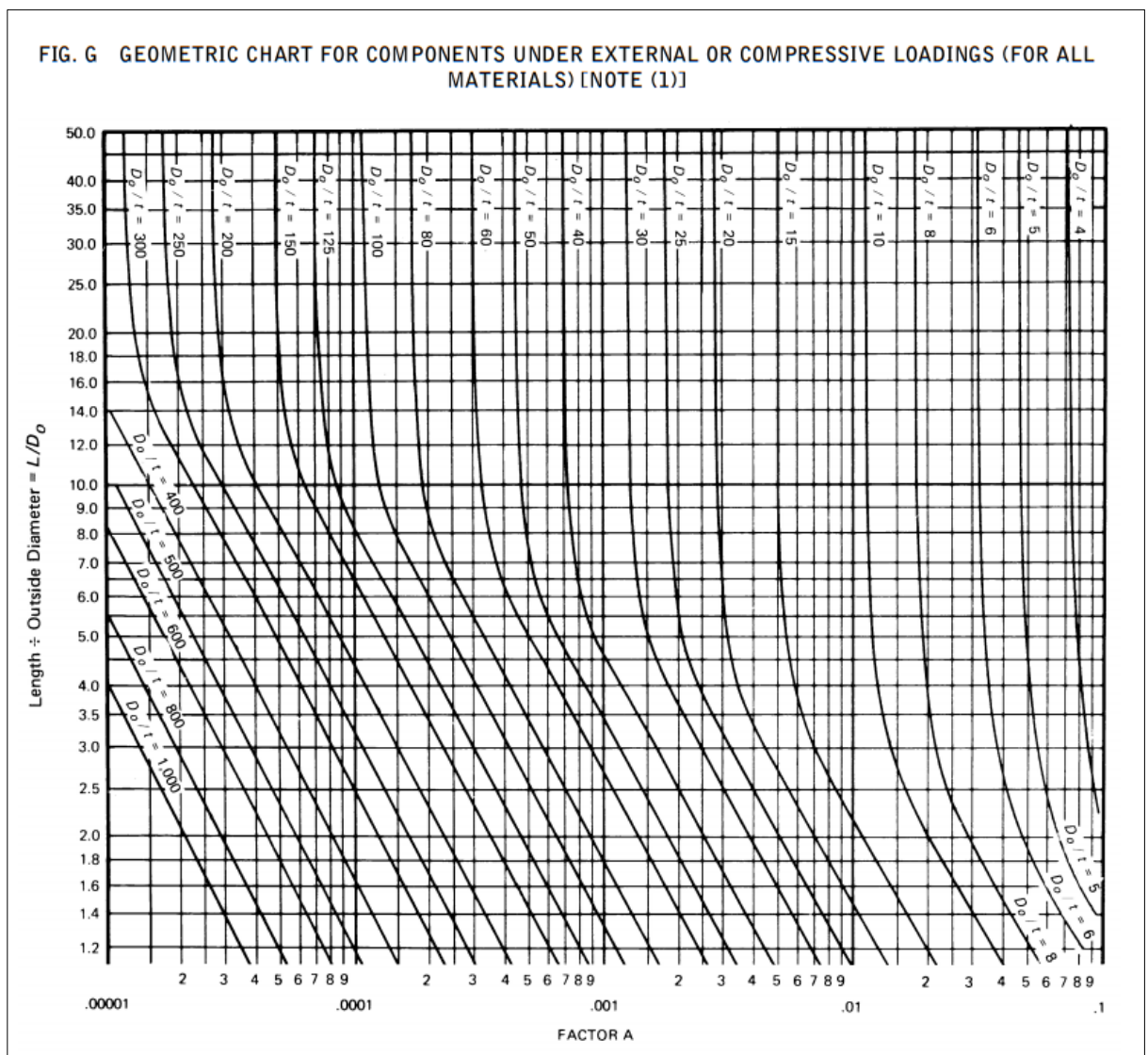
➤ Tubos 2" BWG12:

$$t = 0,109\text{in} = 2,77\text{ mm}$$

$$\frac{L}{D_0} > 50$$

$$\frac{D_0}{t} = \frac{50,8\text{mm}}{2,77\text{mm}} = 18,3$$

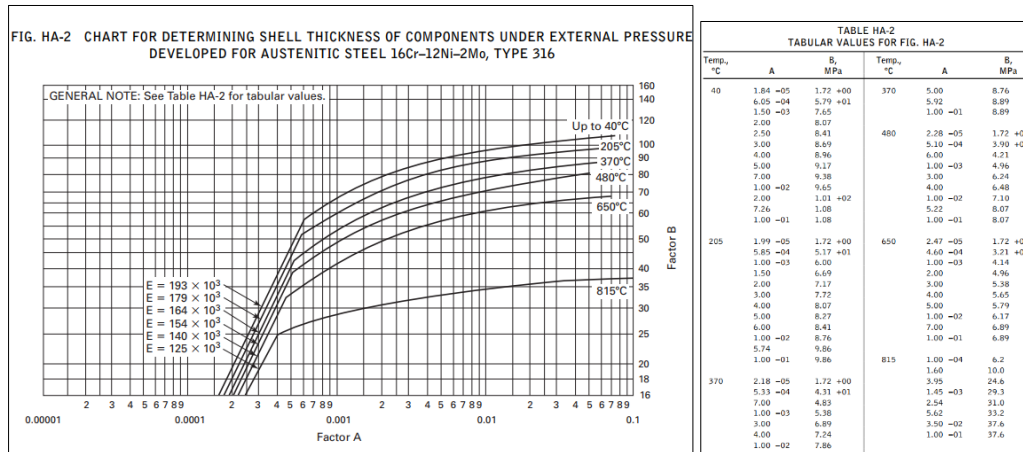
Luego, en función a las relaciones calculadas entro en la figura G del código ASME parte II sección D y obtengo el valor del factor "A".



➤ Factor A =0,0065 para 1,5" BWG12

➤ Factor A =0,0035 para 2" BWG12

Con el factor "A" se entra en la tabla correspondiente al material y se busca intersección con la curva con la temperatura de diseño para determinar el factor "B".



- Factor  $B = 80 \text{ MPa}$  para 1,5'' BWG12
- Factor  $B = 75 \text{ MPa}$  para 2'' BWG12

Luego de obtenido B continuo con el método calculando la máxima presión externa admisible ( $P_a$ ) según la siguiente fórmula.

$$P_a = \frac{4B}{3 * (D_0/t)}$$

Obteniendo como valor máximo

$$P_a = \frac{4 * 75 \text{ MPa}}{3 * (2''/0,109'')} = 5,46 \text{ MPa}$$

- $P_a = 77,5 \text{ bar}$  para 1,5'' BWG12
- $P_a = 54,6 \text{ bar}$  para 2'' BWG12

Se verifica que la presión  $P_a$  es menor a la presión exterior de diseño para ambos casos.

### Determinación del diámetro del mazo de tubos y de coraza

Para conocer el valor del diámetro del lecho, se recurre a la siguiente ecuación (ecuación 12.3b de Coulson & Richardson's Chemical Engineering)

$$D_{mazo} = D_0 * \left( \frac{N^{\circ}_{tubos}}{K1} \right)^{\frac{1}{n1}}$$

Triangular pitch, $p_t = 1.25d_o$					
No. passes	1	2	4	6	8
$K_1$	0.319	0.249	0.175	0.0743	0.0365
$n_1$	2.142	2.207	2.285	2.499	2.675
Square pitch, $p_t = 1.25d_o$					
No. passes	1	2	4	6	8
$K_1$	0.215	0.156	0.158	0.0402	0.0331
$n_1$	2.207	2.291	2.263	2.617	2.643



Donde para un único paso por la carcasa en arreglo triangular, K1 tiene un valor de 0,319 y n1 de 2,142. Por tanto, sustituyendo ahora en la ecuación se obtiene el valor del diámetro de la carcasa.

$$D_{mazo} = 1,5 \text{ in} * \frac{25,4\text{mm}}{\text{in}} * \left(\frac{4900}{0,319}\right)^{\frac{1}{2,142}} = 3430,5\text{mm}$$

$$D_{mazo} = 2 \text{ in} * 25,4\text{mm}/\text{in} * \left(\frac{2540}{0,319}\right)^{\frac{1}{2,142}} = 3365,7\text{mm}$$

Se verifica que no hay una diferencia significativa en el diámetro final del mazo de tubos por seleccionar cualquiera de los dos diseños (6,48cm; diferencia de 1,9%).

Si bien el diámetro de coraza excede los valores comerciales habituales, al ser un equipo específico (reactor) y no un intercambiador de calor, se construirá a medida para el servicio que fue diseñado.

Según Kern, es recomendable dejar al menos 10mm entre el mazo y la carcasa. Sumando esta distancia en ambos lados se obtiene que se deben sumar al menos 20mm al diámetro para obtener los diámetros internos de coraza.

- Para 1,5''  $D_i \text{ coraza} = 3460\text{mm}$
- Para 2''  $D_i \text{ coraza} = 3390\text{mm}$

### Diseño hidráulico de coraza. Cálculo de la pérdida de carga en la coraza.

Se verifica según método de Kern la pérdida de carga en la coraza.

$$\Delta P_S = f * \frac{(N_B + 1) * D_S}{D_e} * \frac{G_S^2}{2\rho} * \left(\frac{\mu_w}{\mu}\right)^{0,14}$$

Siendo:

- $N_B$  es el número de baffles
- $\rho = \frac{(\rho_L + \rho_V)}{2}$
- $\mu$ , viscosidad promedio entre el líquido y el vapor  $\mu = \frac{(\mu_L + \mu_V)}{2}$
- $\mu_w$ , viscosidad a la temperatura de pared
- $G_S$  es una velocidad de flujo másico definida como  $G_S = \frac{\dot{m}}{a_S}$
- $a_S = \frac{D_S * c * B}{P_t}$  y c es la distancia entre tubos,  $P_t$  la distancia entre centros de dos tubos adyacentes y B la distancia entre baffles
- $D_e = \frac{4 * (\frac{1}{2} P_t * 0,86 P_t - \frac{1}{2} \pi * D_o^2 / 4)}{\frac{1}{2} \pi * D_o}$  para arreglo triángulo
- $f = f(Re_S)$

Para  $Re_S < 500$

$$f = \exp\left\{5,1858 - 1,7645 \cdot \ln(Re_S) + 0,13357(\ln(Re_S))^2\right\}$$

Para  $Re_S > 500$

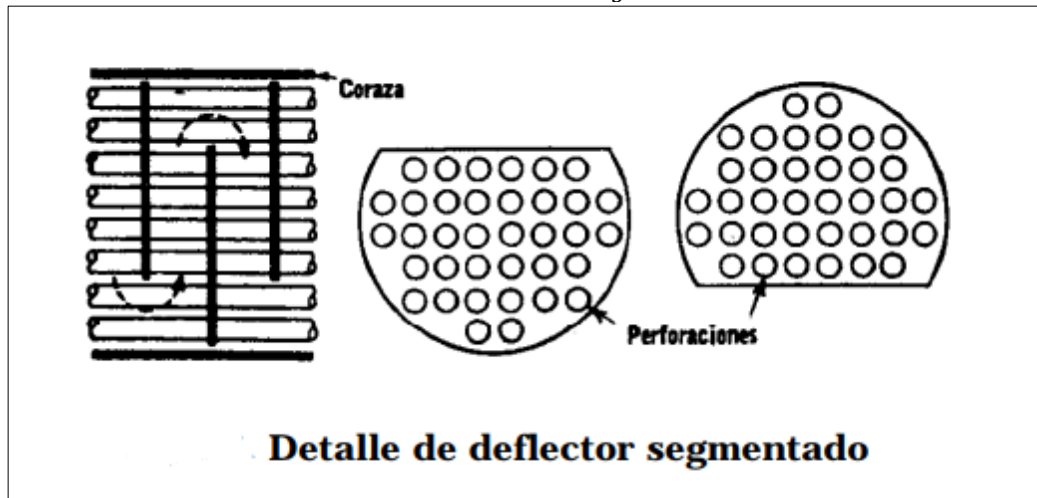
$$f = 1,728 Re_S^{-0,188}$$

- $Re_S$ , número de Reynolds  $Re_S = \frac{D_e * G_S}{\mu}$



## FINAL INTEGRACIÓN V

Se definen los baffles a utilizar. Los baffles, en este caso, cumplen la misión de impedir la flexión de los tubos. Se colocarán baffles del 25% de segmentación. Según Kern la longitud entre baffles ronda entre  $\frac{1}{5} D_{i\text{ coraza}}$  y  $1 D_{i\text{ coraza}}$ .



Teniendo en cuenta que el coeficiente de transferencia en el lado coraza es alto, no se requiere el aumento de la turbulencia, sino que la función de sostener los tubos se buscará la mayor separación posible que respete una simetría con el largo del intercambiador y respete la recomendación.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se contará con 3 baffles ubicados a los 3, 6 y 9 metros respecto a la longitud de los tubos.

Se verifica que para el sistema planteado la pérdida de carga en la coraza según el método de Kern es prácticamente despreciable en ambos diseños.

### Selección entre los dos modelos

Hasta este punto, se venía haciendo el diseño en paralelo para dos alternativas: tubos de 2" o tubos de 1,5".

Se ha seleccionado para continuar con el diseño de 2" ya que el mismo permite trabajar con una menor cantidad de tubos y, a la vez, con una menor presión y temperatura operativa en coraza, lo que reduce la energía necesaria para llevar el agua saturada a estas condiciones de temperatura y presión, además de admitir un espesor menor para el diseño.

### Selección de los tipos de cabezales

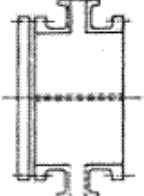

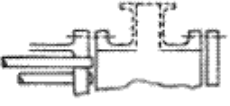
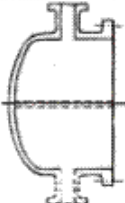

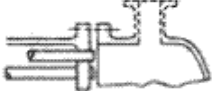
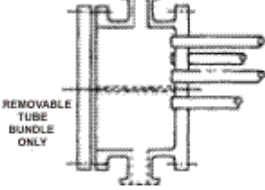
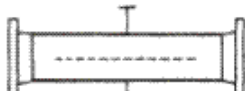
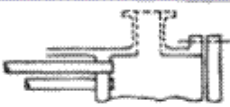
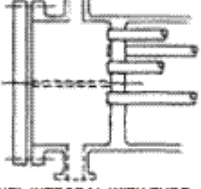

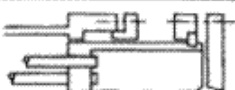
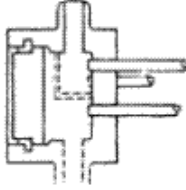
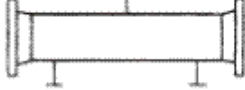

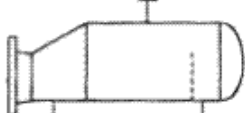
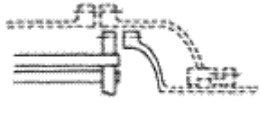
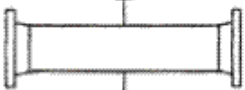

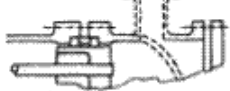
Debido a las exigencias de mantenimiento y operación del reactor catalítico, se recurre a un cabezal superior tipo A. Este tipo de cabezal y cubierta desmontable permite agilizar tanto las operaciones de mantenimiento interno del reactor como aquellas que surgen durante la operación diaria con el equipo de reacción.

Recurriendo a los mismos motivos expuestos anteriormente, es necesario emplear un tipo de cabezal inferior que facilite la accesibilidad al interior del sistema tanto por razones de mantenimiento del equipo, destacando la reposición del catalizador presente en el interior de los tubos, como en aquellos casos en los que la operación rutinaria así lo exija.

Dentro de clases existentes en el mercado, el que mejor se adapta a estas exigencias es el cabezal tipo T, cabezal flotante sin contrabrida la cual puede extraerse sin necesidad de desmontar el equipo.

Finalmente, el equipo seleccionado según el estándar TEMA es un AET.

## FINAL INTEGRACIÓN V

FRONT END STATIONARY HEAD TYPES		SHELL TYPES		READ END HEAD TYPES	
A	 CHANNEL AND REMOVABLE COVER	E	 ONE PASS SHELL	L	 FIXED TUBESHEET LIKE "A" STATIONARY HEAD
B	 BONNET (INTEGRAL COVER)	F	 TWO PASS SHELL WITH LONGITUDINAL BAFFLE	M	 FIXED TUBESHEET LIKE "B" STATIONARY HEAD
C	 REMOVABLE TUBE BUNDLE ONLY CHANNEL INTEGRAL WITH TUBESHEET AND REMOVABLE COVER	G	 SPLIT FLOW	N	 FIXED TUBESHEET LIKE "N" STATIONARY HEAD
N	 CHANNEL INTEGRAL WITH TUBESHEET AND REMOVABLE COVER	H	 DOUBLE SPLIT FLOW	P	 OUTSIDE PACKED FLOATING HEAD
D	 SPECIAL HIGH PRESSURE CLOSURE	J	 DIVIDED FLOW	S	 FLOATING HEAD WITH BASKING DEVICE
		K	 KETTLE TYPE REBOILER	T	 PULL THROUGH FLOATING HEAD
		X	 CROSS FLOW	U	 U-TUBE BUNDLE
				W	 EXTERNALLY SEALED FLOATING TUBESHEET

### Control de purga de la coraza

Es preciso mantener el equilibrio químico apropiado en el interior de la coraza para minimizar la formación de incrustaciones, lo que reduciría la eficiencia de la transferencia térmica, lo que se consigue mediante el control de purga. Este proceso consiste en activar el mecanismo de una válvula de purga situada en un colector en la parte inferior de la coraza y extraer un pequeño porcentaje del agua (que contiene sólidos disueltos y sedimentos sin disolver).

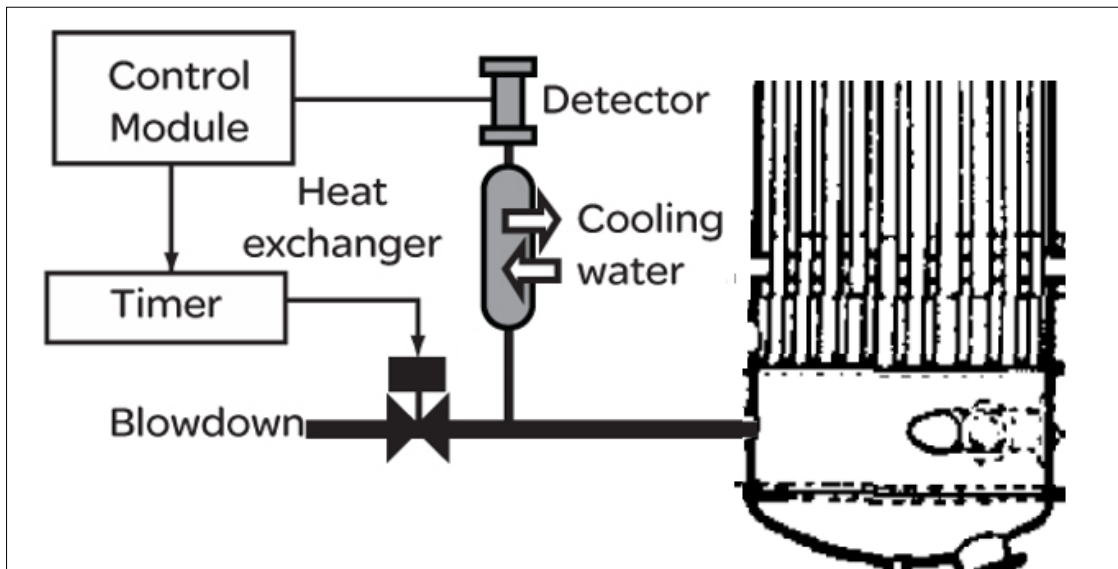
Con el fin de mantener el equilibrio químico en el interior, la cantidad de impurezas retiradas del colector mediante la purga debe ser igual a la cantidad de impurezas introducidas mediante el agua de alimentación. Cuando varían las cargas térmicas a disipar según el régimen de planta, también lo hace la tasa de agua de alimentación y la tasa de purga.



## FINAL INTEGRACIÓN V

Por otro lado, el exceso de purga da lugar a un funcionamiento ineficiente desde el punto de vista energético, ya que cada purga hace que se pierda el calor contenido en el agua extraída. Debe alcanzarse un equilibrio entre la necesidad de retirar los sólidos disueltos y el funcionamiento eficiente.

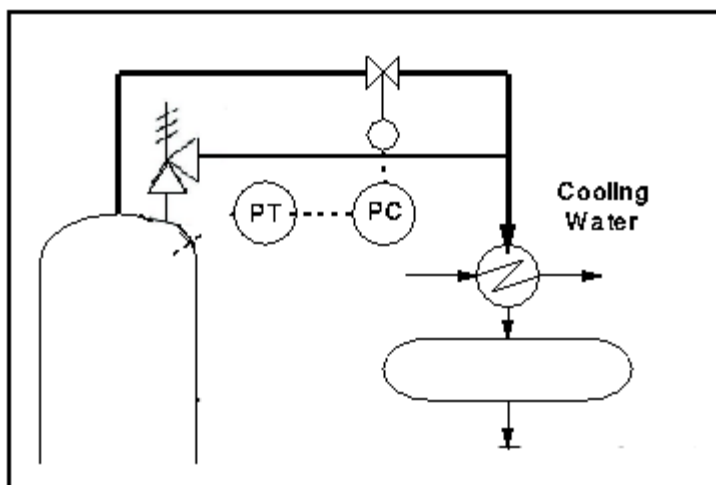
Se opta por un control continuo. En su forma más sencilla, este sistema consta de una válvula que se ajusta después de someter el agua de la coraza a una prueba regular. La posición de la válvula se determina en función de la presión de la coraza, los niveles de sólidos disueltos y la tasa de purga requerida. Como muestra la figura, se utiliza un módulo de control para modular la válvula de purga utilizando las señales del detector de sólidos disueltos instalado en la corriente secundaria enfriada de la purga. Para que este sistema funcione correctamente, dicha corriente debe fluir continuamente sobre el detector.



### Control de presión de la coraza

La coraza tendrá como control de seguridad una válvula de alivio (PSV o Pressure Safety Valve) para evitar que la presión del vapor dentro exceda cierta presión superior a la operativa por cualquier motivo.

Luego, el alivio normal será la cañería de salida. La presión de la coraza, será controlada mediante un sensor de presión asociado a un controlador, cuyo elemento final de control sea una válvula reguladora ubicada en la cañería de salida de la corriente de la coraza.





## FINAL INTEGRACIÓN V

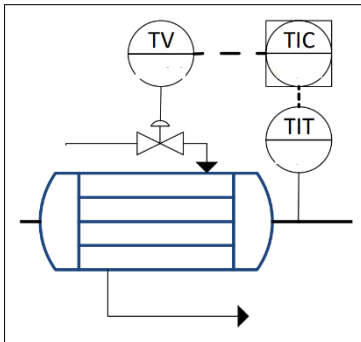
La presión del líquido de ingreso será controlada por una bomba que llevará la presión del agua saturada a la presión de proceso.

### Control de caudal de la coraza

El caudal en coraza será controlado mediante transmisores de temperatura en el lado de tubos. Si la temperatura de proceso se desviase, se aumentará o disminuirá el caudal de agua para refrigeración mediante una reguladora en la entrada del sistema.

### Control de temperatura de alimentación a la coraza

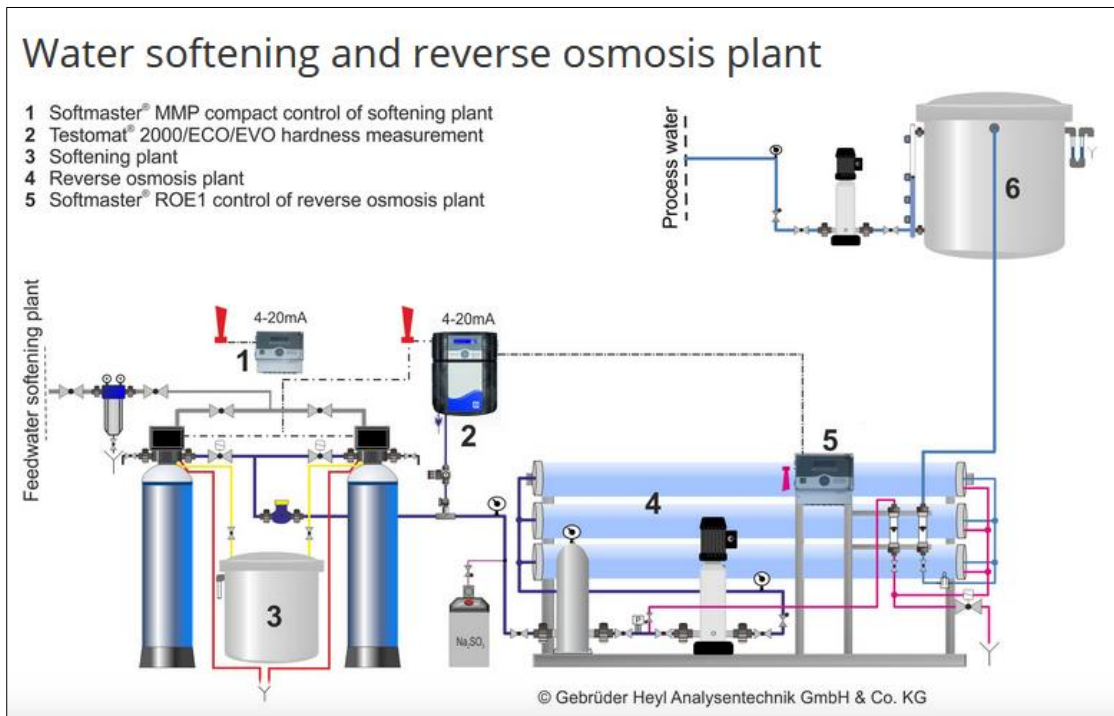
La temperatura del agua de refrigeración se controlará como se ha visto en todos los intercambiadores del proceso, con un transmisor de temperatura en la corriente de salida del intercambiador que la precalienta antes de ingresar al reactor para llevarla a la condición de líquido saturado. Dicho transmisor enviará la señal a un controlador que actúe sobre una válvula que regule el caudal del fluido calefactor.



Luego, en la coraza, no se sufrirán variaciones de temperaturas ya que se lleva a cabo un cambio de fase del agua como líquido saturado a vapor.

### Tratamiento de agua de alimentación

El agua de alimentación a la coraza que se utilizará para enfriar a temperatura constante la reacción mediante evaporación será tratada previamente para dicho servicio. Esta corriente, no es considerada una corriente principal de proceso, sino que es una corriente auxiliar secundaria. Para ello, como es habitual en la industria, se tercerizará el tratamiento a una empresa especializada de tratamiento de aguas que se encargue de proveer lo que comúnmente se denomina “agua demi” que no es más que agua desmineralizada mediante presión osmótica.



Además, se solicitará que se adecúe químicamente con el aditivo de productos lo que se suele denominar como “tratamiento interno” del agua.

El objetivo del tratamiento interno es:

- 1) reaccionar con cualquier dureza del agua de alimentación y prevenir su precipitación en la caldera formando incrustaciones;
- 2) acondicionar cualquier sólido suspendido, como por ejemplo lodo u óxido de hierro, en la caldera y hacer que no se adhiera al metal de la caldera;
- 3) proporcionar protección anti espuma para permitir una concentración razonable de sólidos disueltos y suspendidos en el agua de la caldera sin que ocurra arrastre de espuma;
- 4) eliminar oxígeno del agua y proporcionar suficiente alcalinidad para prevenir la corrosión de la caldera.

Además, como medidas complementarias, un tratamiento interno debe prevenir la corrosión e incrustación del sistema de alimentación de agua y proteger contra la corrosión en los sistemas de condensación de vapor.

Durante el proceso de acondicionamiento, el cuál es un complemento esencial del programa de tratamiento de aguas, dosis específicas de productos acondicionadores se agregan al agua.

Los productos químicos utilizados para estos procesos son agentes ablandadores de agua, agentes dispersantes o anti-incrustantes, secuestradores de oxígeno y anti espumantes.

### DISEÑO DE R-701

#### INTRODUCCIÓN

El objetivo del siguiente capítulo consiste en definir el procedimiento conjunto de cálculo de las variables termodinámicas que intervienen en la ecuación de diseño del reactor R-701 que convierte etileno mediante oxidación catalítica en óxido de etileno con el fin de obtener solamente sus dimensiones.

#### **Selección de las condiciones de operación**

En primer lugar, se determinan las condiciones de operación del reactor. Se eligen las mismas condiciones operativas que el reactor primario.

Las corrientes de entrada a las unidades de reacción estarán compuestas por una mezcla de los compuestos que intervienen en la reacción. Esta corriente entrará en la unidad de reacción a una temperatura de 260 °C y a una presión de 20 bar.

A su vez, la corriente de refrigeración, que es la encargada de disipar el calor generado durante la reacción química, será agua que entrará a la unidad como líquido saturado a una temperatura de aproximación a ser determinada en el diseño térmico del reactor-intercambiador. Dicho intercambiador funcionará como un evaporador para asegurar que la temperatura sea constante.

#### **Cinética de la reacción de oxidación**

Es la misma expresada en el capítulo anterior.

#### **Propiedades del lecho catalítico**

Se respeta mismo catalizador que para el reactor primario.

#### **Resolución de la ecuación de diseño por métodos numéricos para obtención de la masa de catalizador necesaria**

El detalle de la deducción ha sido expresado en el capítulo anterior se procede solamente al cálculo de la masa de catalizador con efecto de determinar el volumen del reactor.

I) Recordando la ecuación cinética

$$(-r_B)^I = k * P_{Et}^a * P_{O_2}^b \frac{\text{kmol}}{\text{h} * \text{kg catalizador}}$$

Siendo:

- $k = 29540,77 \exp(-7734,92/T)$
- $a = 1,5952 - 0,0024T$
- $b = 0,4102 + 0,005T$

Donde T es la temperatura de trabajo expresada en grados Kelvin.

Resolviendo para temperatura constante de 260°C (533K):

- $k = 0,0147$
- $a = 0,3160$
- $b = 3,0752$

## FINAL INTEGRACIÓN V

II) Recordando la expresión de las presiones parciales en función de la conversión

$$\begin{aligned} \text{➤ } P_{Et} &= P \frac{(1-x_B)}{\{K - \frac{1}{2}x_{Et}\phi\}} \\ \text{➤ } P_{O_2} &= P \frac{[M - \frac{1}{2}x_{Et}\phi - 3x_{Et}(1-\phi)]}{\{K - \frac{1}{2}x_{Et}\phi\}} \end{aligned}$$

Siendo:

- $K = (1 + M + H + N) = 3,27$
- $M = \frac{\text{moles iniciales de } O_2}{\text{moles iniciales de etileno}} = 0,23$
- $H = \frac{\text{moles iniciales de } CH_4}{\text{moles iniciales de etileno}} = 1,66$
- $N = \frac{\text{moles iniciales de } CO_2}{\text{moles iniciales de etileno}} = 0,38$
- $\phi = \frac{\text{moles etileno que producen } OE}{\text{moles etileno consumidos}} = 0,80$

III) Recordando la ecuación de diseño

$$dW = F_B^0 \frac{dx_B}{(-r_B)^I}$$

Sustituyendo

$$dW = F_B^0 \frac{dx_{Et}}{k * P_{Et}^a * P_{O_2}^b}$$

Reemplazando por valores numéricos

$$= 445 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} \frac{dx_B}{0,0147 * \left(20 * \frac{(1-x_{Et})}{3,27 - 0,4 x_{Et}}\right)^{0,316} * \left(20 * \frac{[0,23 - 0,4x_{Et} - 3x_{Et} + 2,4x_{Et}]}{3,27 - 0,4 x_{Et}}\right)^{3,0752}} \frac{\text{kmol}}{\text{h kg cat}}$$

Operando

$$dW = 445 \frac{dx_B}{0,0147 * \left(\frac{20 - 20x_{Et}}{3,27 - 0,4 x_{Et}}\right)^{0,316} * \left(\frac{4,6 - 20x_{Et}}{3,27 - 0,4 x_{Et}}\right)^{3,0752}} \text{ kg cat}$$

Procediendo a la integración por métodos numéricos (se aplica método del trapecio) se obtiene la masa de catalizador necesaria para la reacción.

$$W = 14,9 \text{ tn catalizador}$$

## FINAL INTEGRACIÓN V

### **Determinación de las dimensiones del sistema**

El número de tubos se ajusta hasta obtener un valor de pérdida de carga y de longitud conveniente, satisfaciendo el volumen requerido, el diseño hidráulico (pérdida de carga razonable) y el diseño térmico (respetando las mismas condiciones que las del reactor principal) .

### **Algoritmo de cálculo para la determinación del largo y número de tubos y verificación hidráulica**

El detalle de los cálculos se encuentra en el capítulo pertinente al reactor principal. Se elegirá un valor de diámetro interno de tubo según los estándares tabulados. Para este caso, se han elegido tubos de 2 pulgadas de diámetro y calibre BWG 12, a fines de respetar el diseño del reactor principal y las condiciones operativas.

### **Diseño Térmico**

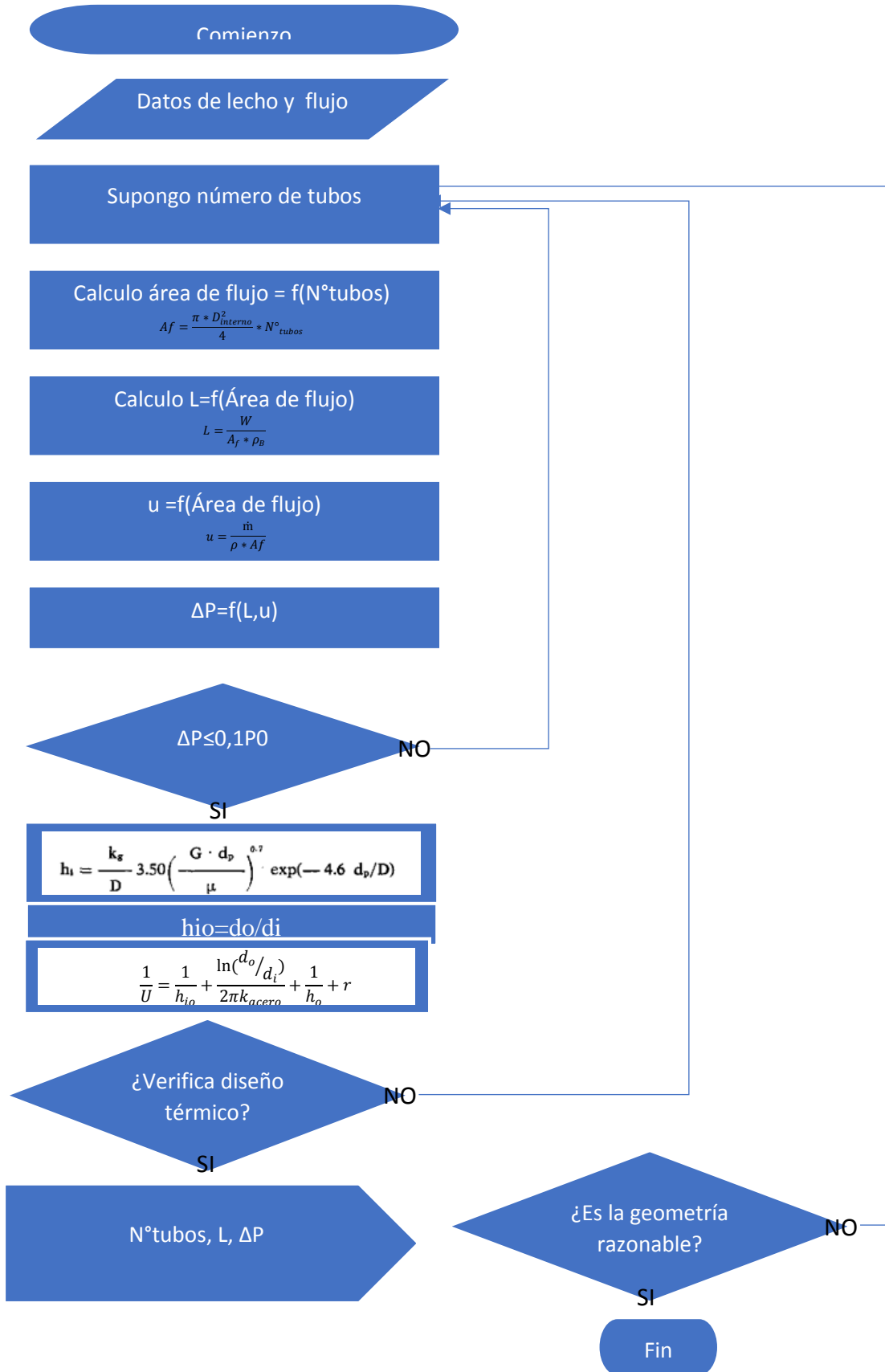
El diseño térmico se hará en conjunto con el hidráulico, para las condiciones de proceso ya seleccionadas.

El detalle de los cálculos ha sido expresado en el capítulo del reactor principal de OE.

La temperatura de aproximación será la misma que el otro reactor, ya que la corriente auxiliar será la misma para ambos reactores, 14,7 °C .



### Algoritmo



## FINAL INTEGRACIÓN V

Dnominal [pulgadas]	Espesor (BWG 12)	Dinterno [m, BWG12]	N° tubos	Af [m <sup>2</sup> ]	u [m/s]	L [m]	ΔP [Pa]	ΔP [bar]	Atransf [m <sup>2</sup> ]	hi	hio	U [W]	Q calc [kW]
2	0,109	0,04562	1000	1,634	0,967	17,0	155143,954	1,6	2713,8	685,7	615,8	275,4	10986,7
2		0,04562	1100	1,797	0,879	15,5	116676,389	1,2	2713,8	641,5	576,0	267,2	10657,8
2		0,04562	1200	1,960	0,805	14,2	89958,6765	0,9	2713,8	603,6	542,0	259,6	10356,2
2		0,04562	1300	2,124	0,743	13,1	70824,2661	0,7	2713,8	570,7	512,5	252,6	10078,0
2		0,04562	1400	2,287	0,690	12,1	56761,3819	0,6	2713,8	541,8	486,6	246,2	9820,2
2		0,04562	1500	2,451	0,644	11,3	46194,2375	0,5	2713,8	516,3	463,6	240,2	9580,4
2		0,04562	1600	2,614	0,604	10,6	38100,0662	0,4	2713,8	493,5	443,1	234,5	9356,4
2		0,04562	1700	2,777	0,569	10,0	31795,2759	0,3	2713,8	473,0	424,7	229,3	9146,6
2		0,04562	1800	2,941	0,537	9,4	26811,13	0,3	2713,8	454,4	408,1	224,3	8949,3
2		0,04562	1900	3,104	0,509	8,9	22818,8992	0,2	2713,8	437,5	392,9	219,7	8763,5
2		0,04562	2000	3,267	0,483	8,5	19583,3936	0,2	2713,8	422,1	379,1	215,3	8588,0
2		0,04562	2100	3,431	0,460	8,1	16933,3191	0,2	2713,8	407,9	366,3	211,1	8421,8
2		0,04562	2200	3,594	0,439	7,7	14741,9034	0,1	2713,8	394,9	354,6	207,2	8264,2
2		0,04562	2300	3,757	0,420	7,4	12913,9564	0,1	2713,8	382,8	343,7	203,4	8114,3
2		0,04562	2400	3,921	0,403	7,1	11377,0563	0,1	2713,8	371,5	333,6	199,8	7971,7
2		0,04562	2500	4,084	0,387	6,8	10075,4398	0,1	2713,8	361,1	324,2	196,4	7835,7
2		0,04562	2540	4,150	0,381	6,7	9610,60956	0,1	2713,8	357,1	320,7	195,1	7783,0
2		0,04562	2640	4,313	0,366	6,4	8567,61885	0,1	2713,8	347,6	312,1	191,9	7655,4
2		0,04562	2740	4,476	0,353	6,2	7670,78232	0,1	2713,8	338,6	304,1	188,8	7533,2

Se verifica entonces un diseño 2540 tubos de 2'' BWG12 de 6,7 m de largo.

### Determinación del diámetro del mazo de tubos y de coraza

Para conocer el valor del diámetro del lecho, se recurre a la ecuación 12.3b de Coulson & Richardson's Chemical Engineering.

$$D_{mazo} = D_o * \left( \frac{N^{\circ} tubos}{K_1} \right)^{\frac{1}{n_1}}$$

Table 12.4. Constants for use in equation 12.3

Triangular pitch, $p_t = 1.25d_o$					
No. passes	1	2	4	6	8
$K_1$	0.319	0.249	0.175	0.0743	0.0365
$n_1$	2.142	2.207	2.285	2.499	2.675
Square pitch, $p_t = 1.25d_o$					
No. passes	1	2	4	6	8
$K_1$	0.215	0.156	0.158	0.0402	0.0331
$n_1$	2.207	2.291	2.263	2.617	2.643

Donde para un único paso por la carcasa en arreglo triangular,  $K_1$  tiene un valor de 0,319 y  $n_1$  de 2,142. Por tanto, sustituyendo ahora en la ecuación se obtiene el valor del diámetro de la carcasa.

$$D_{mazo} = 2 \text{ in} * \frac{25,4 \text{ mm}}{\text{in}} * \left( \frac{2540}{0,319} \right)^{\frac{1}{2,142}} = 3365,7 \text{ mm}$$

Según Kern, es recomendable dejar al menos 10mm entre el mazo y la carcasa. Sumando esta distancia en ambos lados se obtiene que se deben sumar al menos 20mm al diámetro para obtener los diámetros internos de coraza.

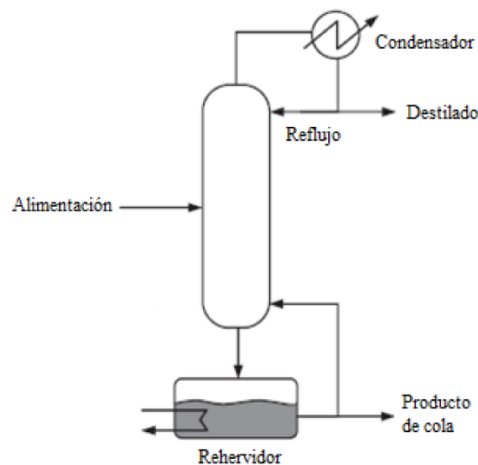
$$D_{i \text{ coraza}} = 3,390 \text{ m}$$

### DISEÑO DE T-502

#### INTRODUCCIÓN

El actual equipo es una torre de destilación fraccionada. Su objetivo es separar una mezcla de monoetilenglicol – dietilenglicol (con trazas de agua), la cual se alimenta de forma continua y controlada. Una vez que la mezcla entra en la columna se produce la separación continua de los componentes, la fracción ligera de monoetilenglicol – agua sale por la parte superior de la columna y la fracción pesada deja la columna por el fondo.

En este tipo de destilación, la composición de los productos a ser separados permanece constante en cada sección de la columna, motivo por el cual se utiliza la corriente de reflujo, que es una recirculación del líquido extraído desde el tope. Aprovechando la evaporación y la condensación sucesiva en la extracción, se obtienen los productos destilados con características definidas previamente en el diseño del equipo.



**Figura 1:** Torre T-502

#### Relación de reflujo

La destilación con reflujo se puede considerar como un proceso donde se llevan a cabo una serie de vaporizaciones instantáneas, de modo que los productos líquidos y gaseosos de cada etapa de equilibrio se desplacen en contracorriente. El líquido de una etapa se mueve hacia el fondo de la columna, y el vapor hacia la parte superior de ella.

Al aumentar la cantidad de reflujo, una mayor cantidad de líquido que contiene el componente más volátil recircula hacia la columna. De esta manera la separación es mayor y el número de etapas necesarias es menor para el mismo grado de separación.

En el caso de reflujo total se requiere un número mínimo de etapas donde no hay producción de destilado. Si la cantidad de reflujo disminuye se llegará a una condición límite que equivale a un valor de reflujo mínimo y un infinito número de etapas necesarias. La mayoría de las columnas se diseñan para operar entre 1,2 y



## FINAL INTEGRACIÓN V

1,5 veces la relación de reflujo mínimo porque a estos valores los costos de operación son menores. Es importante tener en cuenta que, si se aumenta la cantidad de reflujo, mayor será la carga necesaria en el rehervidor y, por lo tanto, aumenta el gasto energético y así los costos.

### Contacto entre fases

La columna, en su interior, contienen distintas estructuras que cumplen la función de promover el contacto entre las fases y el desarrollo de la superficie interfacial donde se producirá la transferencia. Estos dispositivos pueden ser platos o rellenos, la elección depende de las características de la columna y de las propiedades de los compuestos a separar, pero ambas deben incrementar diversos aspectos del rendimiento del proceso. Para que esto suceda, es esencial que cumplan distintas características como:

#### **a) Maximizar la eficiencia:**

- Maximizar el área específica (área por unidad de volumen), aumentando el área de contacto entre la fase gas y la fase líquida y así favorecer el intercambio de masa y por lo tanto la eficiencia del proceso.
- Promover una distribución uniforme de la corriente de líquido y gas sobre la superficie del dispositivo y a lo largo de la sección transversal de la columna
- Reducir al mínimo la retención de líquido y formación de suciedad ya que esto disminuye la eficiencia del proceso.
- Tener una baja resistencia al flujo de gas y una mayor bañabilidad de la corriente de líquido para reducir la caída de presión.

#### **b) Maximizar las características:**

- Maximizar espacios vacíos por unidad de volumen. Esto minimiza la resistencia al flujo de vapor y de ese modo aumenta la capacidad.
- Reducir al mínimo la fricción para disminuir los costos de operación.
- Lograr una resistencia uniforme para el flujo de vapor y de líquido a lo largo de la columna.
- Facilitar la extracción del vapor desde el flujo de líquido.

#### **c) Otros objetivos:**

- Maximizar la resistencia a la deformación mecánica y/o rotura, especialmente lo que se refiere a la deformación.
- Minimizar los costos.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### DISEÑO

Corriente de alimentación: F-502

Se alimenta una corriente líquida de **11158 kg/h** a **180 °C** y **1,05 bar**, cuya composición másica es **97,30% MEG** y **2,70% DEG**.

Especificación de destilado: F-504

El MEG obtenido por la corriente de destilado (**1 bar**) debe tener una pureza del **99%** (m/m).

Especificación de fondo: F-507

El DEG se debe obtener por la corriente de fondo (**1 bar**) en una pureza del **99%** (m/m).

Determinación de componentes claves

Ordenando los componentes por punto de ebullición creciente:

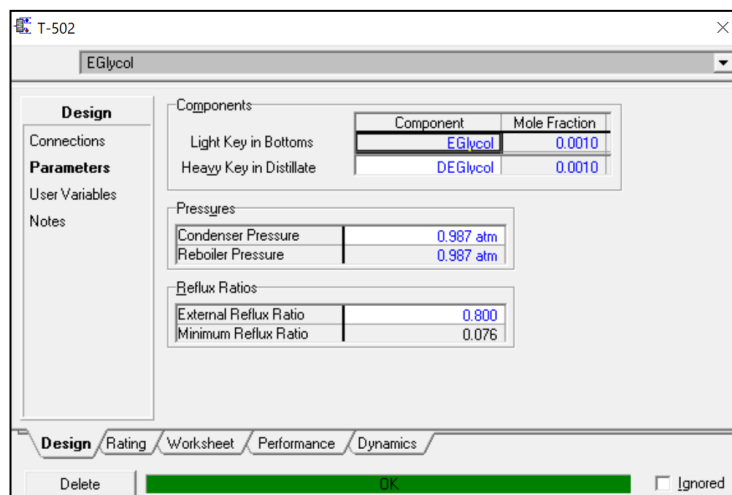
- MEG (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>): T = 197 °C
- DEG (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>): T = 245 °C

El MEG es el componente clave liviano en el fondo de la columna y el DEG es el componente clave pesado en el destilado.:

Simulación con Hysys

Se ingresan los valores anteriores en la función **short cut distillation**, como se presenta en la figura 2, y se obtienen los siguientes parámetros:

- Número mínimo de platos, **N<sub>min</sub> = 7**
- Plato recomendado para la alimentación, **N = 2**
- Relación de reflujo mínima, **R<sub>min</sub> = 0,076**



**Figura 2:** Parámetros ingresados en *short cut distillation* para la simulación.

## FINAL INTEGRACIÓN V

A continuación, en la figura 3, se presentan los parámetros arrojados por la simulación.

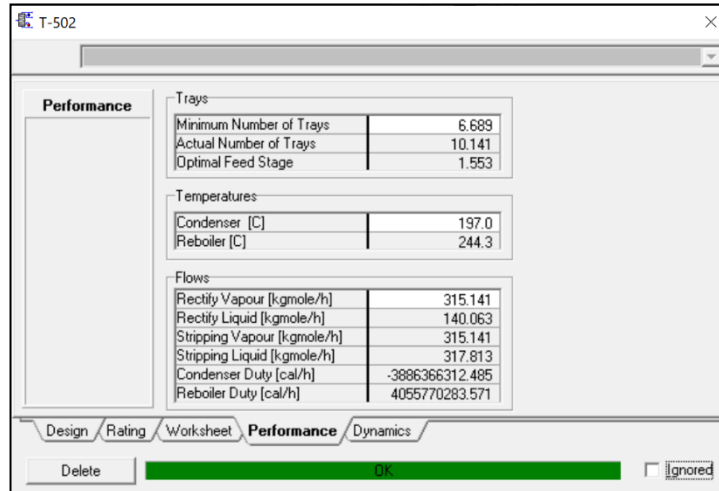


Figura 3: Parámetros obtenidos mediante la simulación por *short cut distillation*.

Teniendo en cuenta la siguiente relación entre las relaciones de reflujo mínima y operativa:

$$1,2.R_{min} \leq R_{op} \leq 1,5.R_{min}$$

Se vuelcan los valores obtenidos de 10 platos teóricos y una relación de reflujo operativa de 0,114 (un 50% mayor que  $R_{min}$ ) en la función **distillation column**.

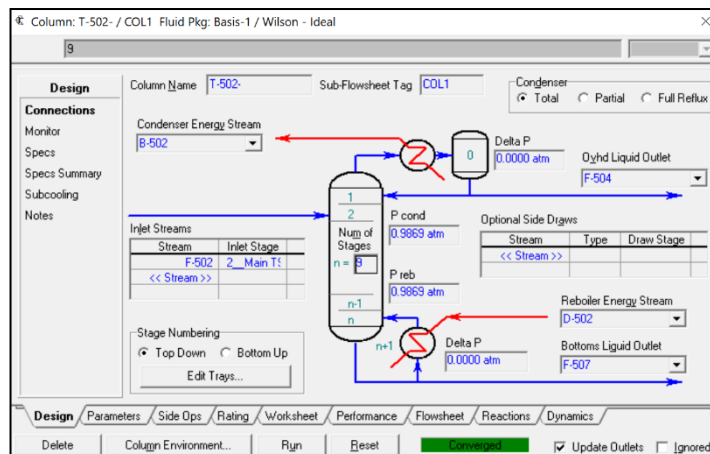
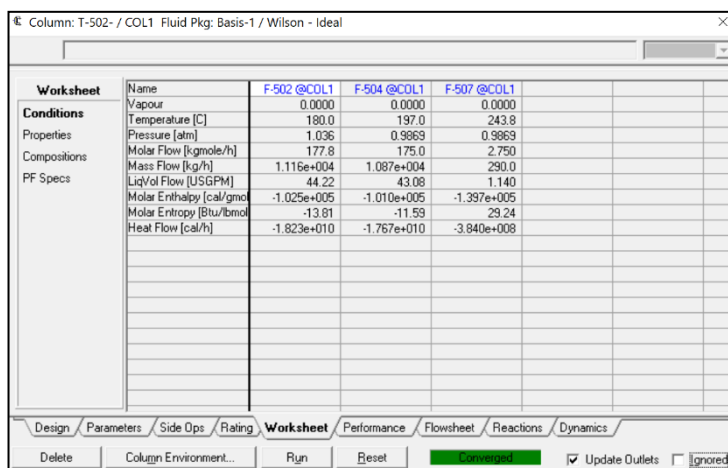


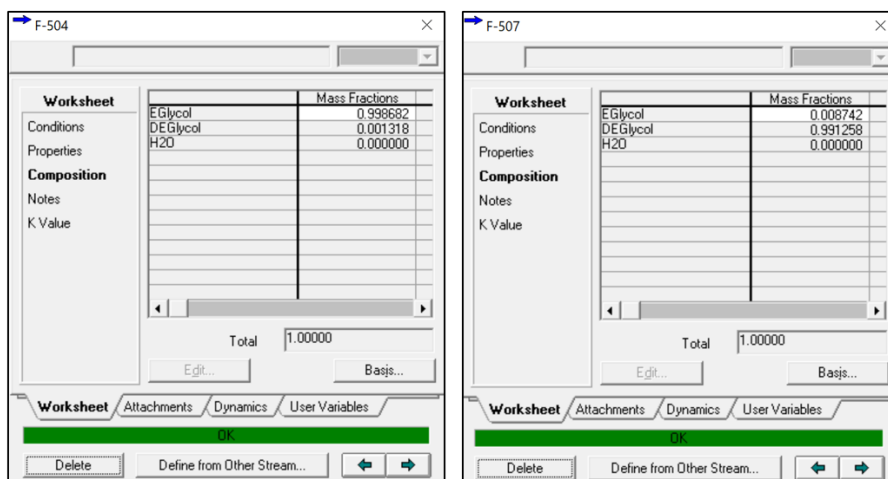
Figura 4: Parámetros cargados en *distillation column*.

Las imágenes posteriores ilustran los valores arrojados por el simulador para una torre con 10 platos teóricos y una relación de reflujo de 0,114.



Worksheet	Name	F-502 @COL1	F-504 @COL1	F-507 @COL1
Conditions	Vapour	0.0000	0.0000	0.0000
Properties	Temperature [C]	180.0	197.0	243.8
Properties	Pressure [atm]	1.036	0.9869	0.9869
Compositions	Molar Flow [kgmole/h]	177.8	175.0	2.750
PF Specs	Mass Flow [kg/h]	1.116e+004	1.087e+004	290.0
	Liq/Vol Flow [USGPM]	44.22	43.08	1.140
	Molar Enthalpy [cal/gmol]	-1.025e+005	-1.010e+005	-1.397e+005
	Molar Entropy [Btu/lbmol]	-13.81	-11.59	23.24
	Heat Flow [cal/h]	-1.823e+010	-1.767e+010	-3.840e+008

Figura 5: Condiciones obtenidas mediante la simulación por *distillation column*.



Stream	Component	Mass Fraction
F-504	EGlycol	0.998682
	DEGlycol	0.001318
	H2O	0.000000
F-507	EGlycol	0.008742
	DEGlycol	0.991258
	H2O	0.000000

Figura 6: Composiciones obtenidas mediante la simulación por *distillation column*.

Se repite la simulación anterior dejando libre la relación de reflujo y variando el número de platos teóricos.

Platos teóricos	Plato de alimentación	Relación de reflujo	Revoiler	Ahorro de energía		Condensador	%(m/m)	
N	Nf	R	Qr (Cal/h)	$\Delta Qr$	%Qr	Qc (Cal/h)	MEG (F-504)	DEG (F-507)
10	2	0,3400	3,06E+14	-	-	2,89E+14	99,90%	99,00%
11	2	0,3160	3,01E+14	5,11E+12	1,67%	2,84E+14	99,90%	99,50%
12	2	0,1450	2,64E+14	3,70E+13	12,29%	2,47E+14	99,90%	99,70%
13	2	0,1360	2,62E+14	1,93E+12	0,73%	2,45E+14	99,90%	99,85%
14	2	0,1000	2,54E+14	7,66E+12	2,92%	2,38E+14	99,90%	99,93%
15	2	0,0941	2,53E+14	1,33E+12	0,52%	2,36E+14	99,90%	99,96%

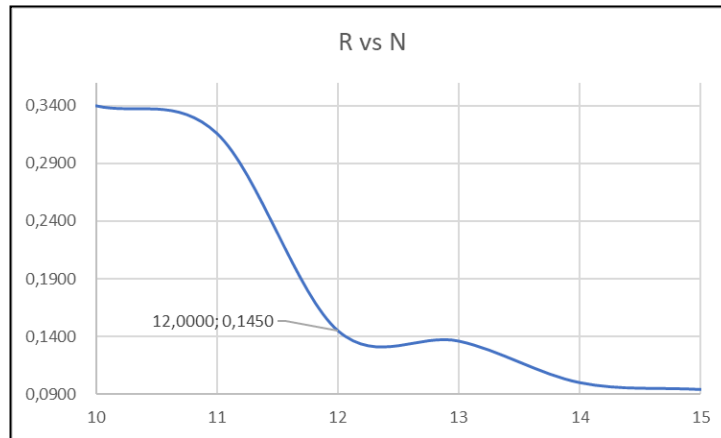
Tabla 1: Simulaciones consecutivas en función del número de platos teóricos.

Como se observará en la figura 7, la relación entre el número de etapas teóricas y la relación de reflujo es inversa. La relación óptima se podría considerar en 12 platos teóricos. Esto nos da una idea de que cuanto menor sean ambas variables, menor será el costo del equipo.

## FINAL INTEGRACIÓN V

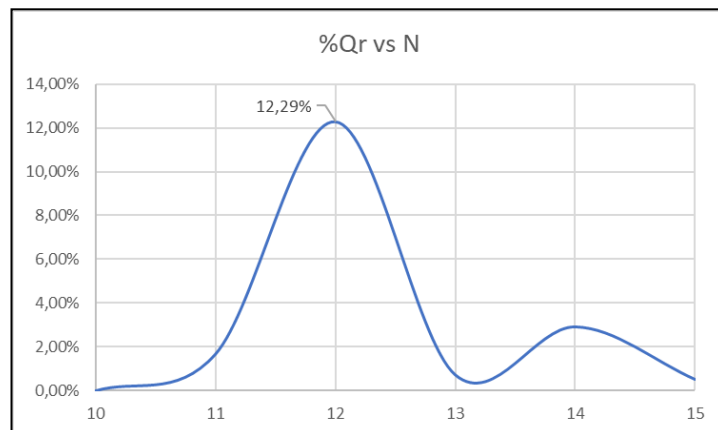
Lo anterior se cumple debido a lo siguiente:

- Cuando menor sea el número de platos teóricos, menos será el costo de diseño.
- Cuando menor sea la relación de reflujo, menor será la energía consumida por el rehervidor en la evaporación.



**Figura 7:** Relación de reflujo en función del número de platos teóricos.

Entonces, nos queda por comparar el costo de agregar un plato con respecto al ahorro energético que provocaría en el consumo energético en el rehervidor.

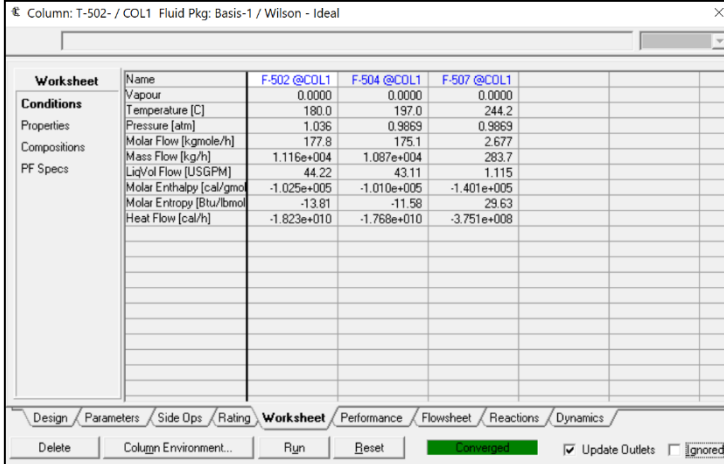


**Figura 8:** Número de platos óptimo desde el punto de vista energético.

El criterio utilizado es buscar en que parte del análisis el incremento en un plato provoca una disminución significativa de la energía consumida.

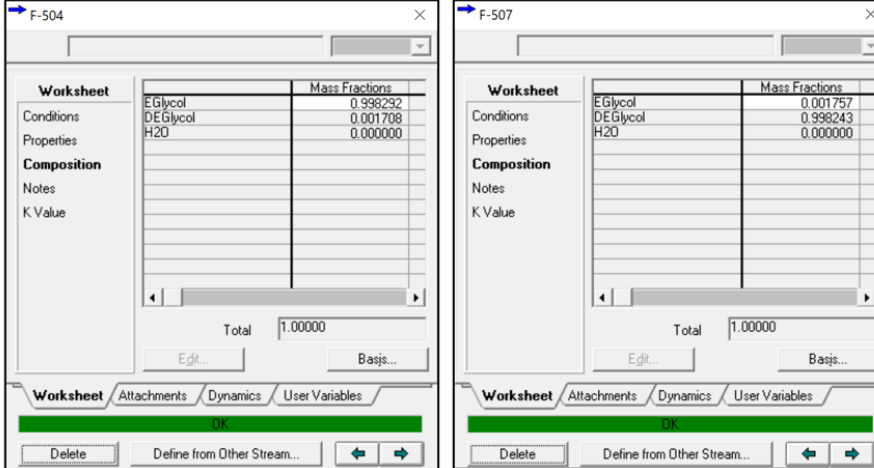
En la tabla 1 y figura 7 se puede observar que el número de platos óptimo sigue siendo 12, ya que los siguientes incrementos de N no representan un ahorro energético significativo con respecto al consumo del rehervidor.

A continuación, se ilustra en las figuras 9 y 10 los valores arrojados por la simulación definitiva.



Worksheet	Name	F-502 @COL1	F-504 @COL1	F-507 @COL1
Conditions	Vapour	0.0000	0.0000	0.0000
Conditions	Temperature [C]	180.0	197.0	244.2
Properties	Pressure [atm]	1.036	0.9869	0.9869
Compositions	Molar Flow [kgmole/h]	177.8	175.1	2.677
Compositions	Mass Flow [kg/h]	1.116e+004	1.087e+004	283.7
PF Specs	Liq/Vol Flow [USGPM]	44.22	43.11	1.115
PF Specs	Molar Enthalpy [cal/gmol]	-1.025e+005	-1.010e+005	-1.401e+005
PF Specs	Molar Entropy [Btu/lbmol]	-13.81	-11.98	29.63
PF Specs	Heat Flow [cal/h]	-1.823e+010	-1.768e+010	-3.751e+008

Figura 9: Condiciones obtenidas mediante la simulación por *distillation column* para 12 platos teóricos.



Worksheet	Mass Fractions
EGlycol	0.998292
DE Glycol	0.001708
H2O	0.000000
Total	1.00000

Figura 10: Composiciones obtenidas mediante la simulación por *distillation column*.

### Selección del tipo de torre

El proceso de destilación se lleva a cabo en diversos equipos. En una primera instancia, es conveniente realizar la comparación entre una *torre de platos* y una *torre de relleno*.

Generalmente las torres de relleno se utilizan para el contacto gas-líquido en los procesos de absorción. En ocasiones limitadas se utilizan para la destilación, esto puede ser cuando el fluido posee características indeseables o por requisitos especiales de diseño.

Las torres de relleno se ven favorecidas en las siguientes condiciones:

- Diámetros menores a 60 cm, debido a que los rellenos son más económicos que los platos.
- Fluidos corrosivos (como ácidos), pueden ser procesados mediante rellenos de cerámica u otro material resistente.
- Líquidos con tendencia a generar espuma, los rellenos permiten mantener un grado de agitación relativamente bajo.
- Destilaciones al vacío, los rellenos aportan una eficiencia y caída de presión apropiada.

## FINAL INTEGRACIÓN V

Debido a que nuestro proceso no contempla las condiciones mencionadas para una torre de relleno, **se opta por utilizar una torre de platos.**

Desde el punto de vista de la eficacia, dicho equipo presenta las siguientes ventajas frente a una torre de relleno:

- Mayor flexibilidad cuando el equipo se aleja de las condiciones óptimas de funcionamiento.
- Menor dificultad para mantener los flujos constantes a grandes diámetros de columna.

### Selección del tipo de platos

Los requisitos principales de un plato son:

- Proporcionar un contacto íntimo entre las corrientes del líquido y el vapor.
- Procesar cantidades adecuadas y estables de cada fluido sin generar arrastre o inundación excesivos.
- Presentar, dentro de lo razonable, simplicidad para su instalación y mantenimiento.

Los tipos de platos más utilizados son:

- Platos de campana de barboteo: las campanas individuales se instalan sobre conductos de subida y tienen unas ranuras rectangulares alrededor de sus paredes laterales. Estas campanas se mantienen en su posición gracias a alguna forma de soporte, y las áreas del conducto de subida y del espacio anular existentes alrededor de dicha campana deben ser aproximadamente iguales. En los platos pequeños, el reflujo pasa al plato inferior por dos o tres rebosaderos circulares, y en los grandes a través de rebosaderos segmentarios.
- Platos perforados: su construcción es mucho más sencilla, requiriendo la perforación de pequeños agujeros en la bandeja. El líquido fluye, como en los platos de flujo cruzado, a través del plato y hacia abajo a través del rebosadero de bajada segmentario.
- Platos de válvula: pueden considerarse como intermedios entre los platos de campana de barboteo y los perforados. La construcción es semejante a la de las campanas, pero no hay conductos de subida ni ranuras. Es importante observar que con estas bandejas la amplitud de la abertura varía con el flujo de vapor, por lo que las mismas pueden utilizarse para una amplia gama de flujos. Debido a su flexibilidad y precio, tienden a sustituir a los platos de campana de barboteo.

Estos tipos de platos presentan como característica común el tener conductos de bajada separados para el paso del líquido desde cada plato al inferior.

A continuación, se comparan características de cada tipo de plato para su selección:

- Las diferencias observadas en pérdida de carga son generalmente despreciables. Asimismo, el menor valor lo presenta el plato perforado para torres a presiones atmosféricas o mayores. Por lo cual, son muy utilizados en destilaciones al vacío.
- Los platos de válvula generan una baja y constante pérdida de carga para variadas condiciones de operación.

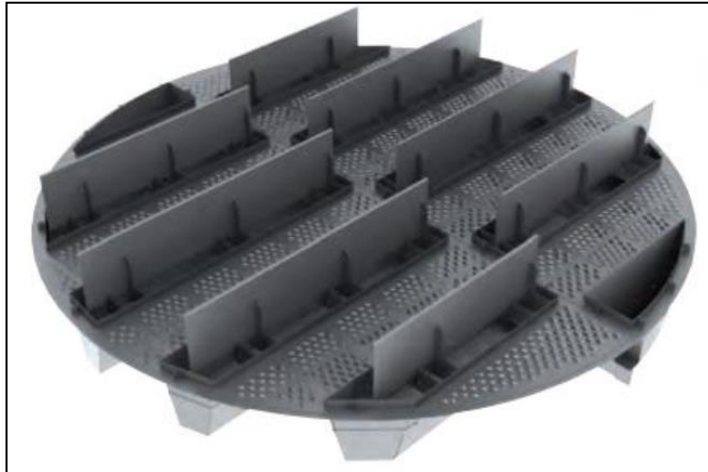
## FINAL INTEGRACIÓN V

- El plato de campana presenta el mayor costo, mientras que el plato perforado es el más económico.
- Los platos de válvula funcionan con la misma capacidad y eficacia que los platos perforados.
- Los platos de válvula permiten operar a pequeñas fracciones de capacidad para la cual fueron diseñados.

Por las consideraciones anteriores, **se opta por equipar a la torre con platos perforados**. Los cuales, poseen un menor costo, pueden ser utilizados en una amplia variedad de condiciones de operación y presentan la menor pérdida de carga.

### Tipo de plato perforado

Se ha elegido el plato perforado modelo *HIFI Plus*, que permite una distribución del flujo líquido y ordena el flujo de vapor, por lo que puede trabajar eficientemente en columnas de diámetro grande y evita los gradientes del líquido.



**Figura 11:** Plato perforado HIFI Plus.



## FINAL INTEGRACIÓN V

### DISEÑO HIDRÁULICO

Una vez que se ha seleccionado el tipo de torre y platos a utilizar, nos basamos en la herramienta “Tray Sizing” de Hysys para obtener los siguientes parámetros de diseño:

Section Results	
<input checked="" type="radio"/> Trayed	<input type="radio"/> Packed
Export Pressures	
View Warnings...	
Tray Results	
Section	Section_1
Internals	Sieve
Section Diameter [m]	1.372
Max Flooding [%]	72.05
X-Sectional Area [m2]	1.478
Section Height [m]	6.706
Section DeltaP [atm]	5.410e-002
Number of Flow Paths	1
Flow Length [mm]	1054
Flow Width [mm]	1221
Max DC Backup [%]	23.07
Max Weir Load [USGPM/ft]	34.22
Max DP/Tray [atm]	0.005
Tray Spacing [mm]	609.6
Total Weir Length [mm]	877.6
Weir Height [mm]	50.80
Active Area [m2]	1.287
DC Clearance [mm]	38.10
DC Area [m2]	9.527e-002
Side Weir Length [m]	0.8776
Hole Area [m2]	0.1642
Estimated # of Holes/Valves	9215

Figura 12: Parámetros de diseño de platos perforados arrojados por Hysys.

- Diámetro interno,  $D = 1,372$  m
- Caída de presión por plato,  $\Delta P_i = 0,005$  atm
- Caída de presión total,  $\Delta P = 11 \cdot \Delta P_i = 0,055$  atm
- Espaciamiento entre platos: 61 cm

En base al libro de texto *Treybal 2ª edición – tabla 6.1* obtenemos las siguientes condiciones y dimensiones recomendadas para las torres de platos.

#### Espaciamiento de los platos

Al tener un diámetro (1,372 m) de torre entre 1 y 3 metros, el espaciamiento recomendado entre platos es de 60 cm. Lo cual concuerda perfectamente con el valor estimado en la simulación con Hysys y permite el acceso para mantenimiento.

I. Espaciamiento de los platos			
Diámetro de la torre, $T$		Espaciamiento de la torre, $t$	
m	ft	m	in
1 menos	4 menos	0.15	6 mínimo
1-3	4-10	0.50	20
3-4	10-12	0.60	24
4-8	12-24	0.75	30
		0.90	36

Tabla 3: Espaciamiento de los platos recomendado según el diámetro de la torre.

#### Flujo líquido recomendado

En la tabla 5 se calcula el caudal volumétrico medio entre las corrientes líquidas de la torre, sin considerar los extremos (platos 1 y 12) por su bajo valor (buscando un valor de caudal conservador). El “flujo” obtenido al dividir dicho caudal por el diámetro de la torre es de  $3,695 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m.s.}$

## FINAL INTEGRACIÓN V

Como el valor es menor al máximo recomendado de  $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{s}$  (tabla 4), llegamos a la conclusión que es admisible la operación hasta este punto.

2. Flujo del líquido

a. No superior a  $0,015 \text{ m}^3/(\text{m} \text{ diam}) \cdot \text{s}$  ( $0,165 \text{ ft}^3/\text{ft} \cdot \text{s}$ ) para platos de flujo transversal de un solo paso

b. No superior a  $0,032 \text{ m}^3/\text{longitud de derramadero}$  ( $0,35 \text{ ft}^3/\text{ft} \cdot \text{s}$ ) para otros.

**Tabla 4:** Flujo líquido recomendado

Líquido		
Etapa	Volume flow	
1	1,410	m3/h
2	12,19	m3/h
3	12,69	m3/h
4	14,24	m3/h
5	15,98	m3/h
6	17,20	m3/h
7	17,92	m3/h
8	18,3	m3/h
9	18,49	m3/h
10	18,59	m3/h
11	18,64	m3/h
12(Reboiler)	0,2532	m3/h
Average volume flow	18,25	m3/h
	0,005069	m3/s
Caudal/diámetro	0,003695	m3/m.s
Caudal/diámetro recomendado (máximo)	0,015000	m3/m.s

**Tabla 5:** Flujo de líquido

### Caída de presión por plato

A partir de la tabla 6 y considerando en carácter conservativo que nuestra torre trabaja a 1 atmósfera de presión, la caída de presión por plato se estimará entre 500 y 800 Pa (**0,00493 y 0,00790 atm**). Cuyos valores son congruentes con el valor estimados con el simulador.

5: Caída de presión normal por plato

Presión total	Caída de presión
35 mmHg abs	3 mm Hg o menos
1 std atm	500–800 N/m <sup>2</sup> (0.07–0.12 lb <sub>f</sub> /in <sup>2</sup> )
$2 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	1000 N/m <sup>2</sup>
300 lb <sub>f</sub> /in <sup>2</sup>	0.15 lb <sub>f</sub> /in <sup>2</sup>

**Tabla 6:** Caída de presión por plato

### Diseño de platos perforados

Uno de los aspectos importantes del diseño de platos para el contacto líquido-vapor es la determinación de las características hidráulicas, debido a la influencia en su desempeño global y en los costos de operación.

La evaluación de la hidráulica del plato comprende aspectos como caídas de presión del gas y del líquido, regímenes y limitaciones hidráulicas de operación y de velocidades a través de los diferentes dispositivos. En todos los casos se debe evitar la inundación y la acumulación de líquido.

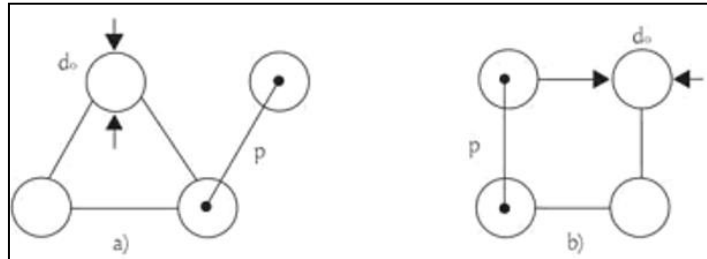
Además de las anteriores, se debe tener en cuenta las especificaciones mecánicas de los elementos de contacto. Las variables importantes, comunes a los elementos de contacto tradicionales, son: diámetro de orificio, paso y arreglo geométrico.

## FINAL INTEGRACIÓN V

En la figura 13 se ilustra un esquema de los tipos de arreglo de los orificios en el área activa de un plato.

- a) Arreglo e triángulo.
- b) Arreglo en cuadrado.

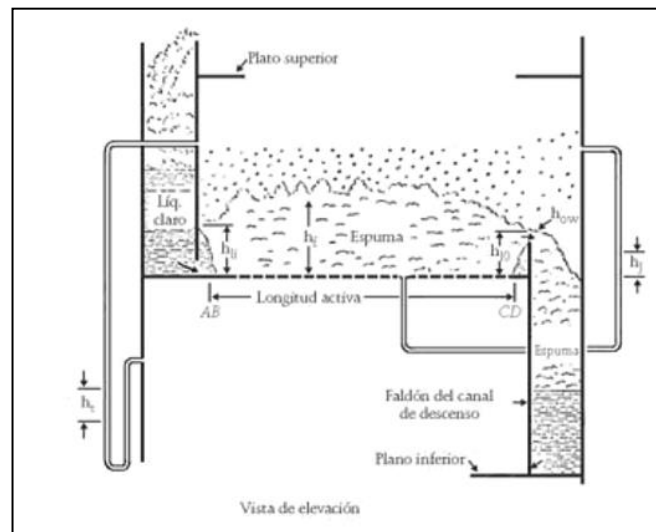
Nomenclatura: “ $d_o$ ” es el diámetro del orificio y “ $p$ ” es la distancia entre orificios.



**Figura 13:** Arreglo geométricos de los orificios en platos perforados.

Por último, las propiedades de la sustancia y las variables de operación permiten la caracterización hidráulica del plato, a través de parámetros físicos que se muestran en la siguiente figura.

Nomenclatura: “ $h_i$ ” es la altura máxima de la espuma, “ $h_{ow}$ ” es el área de derramadero de salida, “ $h_y$ ” es el área de derramadero de entrada y “ $h_f$ ” es el área del elevador.



**Figura 14:** Principales parámetros hidráulicos del plato.

### Características de los orificios y el área activa

Se utilizan diámetros de orificios entre 3 a 12 mm, en nuestro caso optamos por 4,5 mm por ser el más frecuente. Como material se utiliza acero al carbono, ya que no se requiere necesariamente la resistencia a la corrosión. El espesor de la hoja es medio diámetro por lo que los parámetros de diseño son:

Diámetro de orificio,  $d_o = 4,5 \text{ mm}$

Material: acero SA-285 C

Espesor de plato:  $e_o = 2,25 \text{ mm}$

## FINAL INTEGRACIÓN V

Los orificios se colocarán bajo el arreglo de triángulo. En los vértices las distancias entre los centros varían de 2,5 a 5 diámetros del orificio. Para una distancia de 16,5 mm:

$$\frac{A_0}{A_a} = 0.907 \left( \frac{d_0}{p} \right)^2$$

Donde  $A_0$  es el área del orificio y  $A_a$  es el área activa.

$$\frac{A_0}{A_a} = 0.907 \left( \frac{4,5}{16,5} \right)^2$$

$$\frac{A_0}{A_a} = 0,0675$$

### **Profundidad del líquido.**

Generalmente, las profundidades del líquido no deben ser menores de 50 mm, para asegurar una buena formación de espuma y se han utilizado profundidades de hasta 150 mm. Por lo que nos basamos en 100 mm que es lo más común.

### DISEÑO MECÁNICO

El siguiente desarrollo se basa en el texto **manual de recipientes a presión** de Megyesy Eugene.

**Presión de operación:** es la presión que se requiere en el proceso del que forma parte el equipo (al cual trabaja normalmente).

**Presión de diseño:** es la presión que se emplea para el diseño del equipo. Se recomienda un factor de seguridad de 30 lb/in<sup>2</sup> o del 10%, lo que sea mayor.

**Cabezal:** debido al amplio rango de presiones y bajo costo se utilizarán los cabezales torisféricos. Estos cabezales pueden ser de tipo Klopper o Korbogen.

Generalmente se utilizan los cabezales del tipo Klopper si se cumplen las siguientes condiciones:

- La presión de diseño es menor a 7 kg/cm<sup>2</sup>.
- La temperatura de diseño es menor a 350 °C.
- Al ser un equipo vertical, su relación altura/diámetro no debe ser mayor a 10.

Como las condiciones a las que está sometido nuestro equipo cumplen las anteriormente mencionadas, utilizaremos los cabezales torisféricos del tipo Klopper.

**Material:** se opta por el acero SA-285 C por tratarse de uno de los aceros más usados en los propósitos generales de construcción de recipientes a presión que no requieren altos espesores y, a la vez, uno de los más económicos apropiados para dicha aplicación.

## FINAL INTEGRACIÓN V

**Temperatura de diseño:** se considera como la máxima temperatura a la cual está sometido el equipo más un factor de seguridad de 50 °C (20% de la máxima temperatura). La máxima temperatura es de 244,2 °C y la encontramos en el rehervidor.

$$T = 244,2 \text{ °C} + 50 \text{ °C} = \mathbf{294,2 \text{ °C}}$$

### Cálculos de espesor y presión de diseño

Las variables involucradas son:

- P: presión de diseño en lb/in<sup>2</sup>
- S: esfuerzo del material en lb/in<sup>2</sup> (tabla 8)
- E: eficiencia de la junta (tabla 9)
- R: radio interno en in.
- D: diámetro interno en in.
- t: espesor de pared en in.

El esfuerzo del material seleccionado se extrae de la tabla 8 teniendo en cuenta la temperatura de diseño en °F:

$$T(\text{°F}) = 1,8 \cdot (264,2) + 32 = 561,56 \text{ °F}$$

El rango cae bajo el primer intervalo de temperatura (20 a 650 °F), por lo que el esfuerzo es de **13 800 lb/in<sup>2</sup>**.

La eficiencia de la junta se extrae de la tabla 9. Se opta por la junta de tipo 2, la cual es recomendada para uniones circunferenciales.

Considerando una examinación por zonas, obtenemos una eficiencia del **80%**.

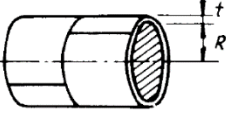
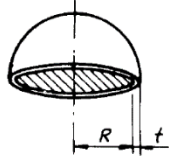
El diámetro obtenido en la simulación es de 1,372 m. Expresando dicho valor en pulgadas obtenemos:

$$D = 1,372 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ in}}{0,0254 \text{ m}} = 54,02 \text{ in}$$

$$R = \frac{D}{2} = \frac{54,02 \text{ in}}{2} = 27,01 \text{ in}$$

El diámetro y radio valen **54,02 in** y **27,01 in** respectivamente.

## FINAL INTEGRACIÓN V

CASCO CILINDRICO (COSTURA LONGIT.)		
	$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$	$P = \frac{SE t}{R + 0.6t}$
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generalmente rige el esfuerzo en la costura longitudinal. Ver página anterior.</li> <li>2. Cuando el espesor de pared exceda de la mitad del radio interior o P exceda de 0.385 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice del Código, 1-2.</li> </ol>	
ESFERA Y CABEZA HEMISFERICO		
	$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SE t}{R + 0.2t}$
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para las cabezas sin brida recta, úsese la eficiencia de la junta de la cabeza al casco si es menor que la eficiencia de las costuras de la cabeza.</li> <li>2. Cuando el espesor de pared exceda de 0.356 R, o P exceda de 0.665 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice 1-3 de las normas.</li> </ol>	

**Tabla 7:** Ecuaciones para calcular espesor y presión de diseño.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES: ACERO AL CARBONO Y DE BAJO CONTENIDO DE ELEMENTOS DE ALEACION Valores máximos de esfuerzo permitido a tensión 1000 lb/pulg <sup>2</sup> *												
Especificación		Para temperatura del metal no mayor de, grados F										
Número	Grado	- 20 a 650	700	750	800	850	900	950	1050	1100	1150	1200
SA-283	C	12.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SA-285	C	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	-	-	-	-	-
SA-515	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-515	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-515	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-515	70	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	-	-	-

**Tabla 8:** Esfuerzos en función de la temperatura y el material.

## FINAL INTEGRACIÓN V





TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS				
TIPOS NORMA UW-12	EFICIENCIA DE LA JUNTA, E Cuando la junta es:			
	a. Radiogra- fiada total- mente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada	
1 	Juntas a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.	1.00	0.85	0.70
2  En juntas circunferenciales únicamente	Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar	0.90	0.80	0.65
3 	Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo	—	—	0.60
4 	Junta a traslape de doble filete completo	—	—	0.55

Tabla 9: Eficiencia de juntas.

### Presión de diseño

$$P = P_{op} + P_s$$

Donde  $P_{op}$  es la presión operativa y  $P_s$  es el factor de seguridad.

$$P_{op} = 1 \text{ bar} \cdot \frac{14,5 \text{ lb/in}^2}{1 \text{ bar}} = 14,5 \text{ lb/in}^2$$

$$P_s = 30,0 \text{ lb/in}^2$$

$$P = 14,5 \text{ lb/in}^2 + 30,0 \text{ lb/in}^2 = 44,5 \text{ lb/in}^2$$

La presión de diseño es de **44,5 lb/in<sup>2</sup>**.

### Factor por corrosión

Para poder enfrentar la posibilidad de corrosión, se añade un factor por corrosión. Este factor es un espesor adicional que compensa la corrosión que van sufriendo los equipos con las sustancias a medida que pasa el tiempo. Este valor habitualmente oscila entre 1 y 6 mm durante la vida útil de los equipos de aproximadamente 10 años. En nuestro caso adoptamos un factor de 5,08 mm (0,2 in).

### Espesores

Las variables de diseño calculadas son:

$$S = 13\,800 \text{ lb/in}^2 \quad E = 0,80 \quad D = 54,02 \text{ in} \quad R = 27,01 \text{ in} \quad P = 44,5 \text{ lb/in}^2$$

## FINAL INTEGRACIÓN V

- Casco

$$t = \frac{P.R}{S.E - 0,6.P} + C = \frac{44,5 \frac{lb}{in^2} \cdot 27,01 in}{13\ 800 \frac{lb}{in^2} \cdot 0,80 - 0,6 \cdot 44,5 lb/in^2} + 0,2 in$$

$$= 0,3091 in$$

En la tabla 10 podemos encontrar placas de acero de espesor 5/16 in (0,3125 in).

- Cabezal

$$t = \frac{P.R}{2.S.E - 0,2.P} + C = \frac{44,5 \frac{lb}{in^2} \cdot 27,01 in}{2.13\ 800 \frac{lb}{in^2} \cdot 0,80 - 0,2 \cdot 44,5 lb/in^2} + 0,2 in$$

$$= 0,2545 in$$

En la tabla 10 podemos encontrar placas de acero de espesor 5/16 in (0,3125 in).

Espesor de pared en in							
1/16	3/32	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2
9/16	5/8	11/16	3/4	13/16	7/8	15/16	1
1 1/16	1 1/8	1 3/16	1 1/4	1 5/16	1 3/8	1 7/16	1 1/2 y mayores

Tabla 10: Espesores de aceros comerciales.

El espesor de placa utilizado para el diseño de casco y cabezales es de:

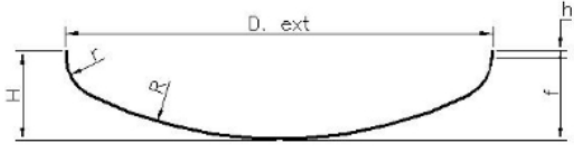
$$5/16 in = 0,3125 in = 7,9375 mm$$

### Dimensiones de diseño para los cabezales

Utilizamos el calculador dimensional de HORFA SA para obtener dimensiones de diseño.



## FINAL INTEGRACIÓN V

Calculadora de fondos KLOPPER	
Diametro exterior (mm)	1379.9375
Espesor (mm)	7.9375
	
fondo Toriesferico Tipo KLOPPER	
Diametro disco (mm)	1583
R (mm)	1379.9375
r (mm)	137.99375
h (mm) >=	27.78125
f (mm)	263
H (mm)	299
V (sin h) (litros)	253.8
Peso (h minima) (kg)	125
<input type="button" value="Calcular"/>	
<small>HORFASA no se responsabiliza de la precision de estas medidas.</small>	

**Figura 16:** Calculadora dimensional de cabezales Kloppler.

### Esfuerzo

La placa SA 285 C soporta una tensión máxima de 55 000 lb/in<sup>2</sup> (tabla 11). Si dicha tensión no es superada por las componentes axiales y tangenciales de la presión interna, podremos concluir que la estimación del espesor es correcta.

$$\sigma_a = \frac{P \cdot D}{4 \cdot t \cdot E} = \frac{44,5 \frac{lb}{in^2} \cdot 1372 \text{ mm}}{4 \cdot 7,9375 \text{ mm} \cdot 0,80} = 2404 \text{ lb/in}^2$$

$$\sigma_l = \frac{P \cdot D}{2 \cdot t \cdot E} = \frac{44,5 \frac{lb}{in^2} \cdot 1372 \text{ mm}}{2 \cdot 7,9375 \text{ mm} \cdot 0,80} = 4807 \text{ lb/in}^2$$

Como las componentes axial y longitudinal de la tensión aplicada a la placa es mucho menor que el valor que soporta, podemos concluir que se estima el espesor correctamente.

## FINAL INTEGRACIÓN V

QW/QB-422 FERROUS/NONFERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS Grouping of Base Metals for Qualification										
Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Ferrous				Nonferrous		
				Welding		Brazing		P. No.	S. No.	
				P. No.	Group No.	S. No.	Group No.			
SA-36	...	K02600	58 (400)	1	1	...	...	101	...	C-Mn-Si
SA-53	Type F	...	48 (330)	1	1	...	...	101	...	C
SA-53	Type S, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	...	...	101	...	C
SA-53	Type E, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	...	...	101	...	C
SA-53	Type E, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	...	...	101	...	C-Mn
SA-53	Type S, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	...	...	101	...	C-Mn
SA-105	...	K03504	70 (485)	1	2	...	...	101	...	C-Si
SA-106	A	K02501	48 (330)	1	1	...	...	101	...	C-Si
SA-106	B	K03006	60 (415)	1	1	...	...	101	...	C-Mn-Si
SA-106	C	K03501	70 (485)	1	2	...	...	101	...	C-Mn-Si
A 100	1015 CW	G10150	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C
A 100	1018 CW	G10180	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C
A 100	1020 CW	G10200	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C
SA-134	SA285 Gr. A	...	45 (310)	1	1	...	...	101	...	C
SA-134	SA285 Gr. B	...	50 (345)	1	1	...	...	101	...	C
SA-134	SA285 Gr. C	K02401	55 (380)	1	1	...	...	101	...	C
SA-134	SA285 Gr. D	K02702	60 (415)	1	1	...	...	101	...	C
SA-134	SA285 Gr. A	K01700	45 (310)	1	1	...	...	101	...	C
SA-134	SA285 Gr. B	K02800	50 (345)	1	1	...	...	101	...	C
SA-134	SA285 Gr. C	K02801	55 (380)	1	1	...	...	101	...	C
SA-135	A	...	48 (330)	1	1	...	...	101	...	C
SA-135	B	...	60 (415)	1	1	...	...	101	...	C
A 139	A	...	48 (330)	...	...	1	1	...	101	C
A 139	B	K03003	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C
A 139	C	K03004	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C
A 139	D	K03010	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C
A 139	E	K03012	66 (455)	...	...	1	1	...	101	C
A 140	90-10	...	90 (620)	...	...	4	3	...	103	...
A 167	Type 301	S30100	75 (515)	...	...	8	1	...	102	17Cr-7Ni
A 167	Type 302	S30200	75 (515)	...	...	8	1	...	102	18Cr-8Ni
A 167	Type 302B	S30215	75 (515)	...	...	8	1	...	102	18Cr-8Ni-2Si
A 167	Type 304	S30400	75 (515)	...	...	8	1	...	102	18Cr-8Ni
A 167	Type 304L	S30403	70 (485)	...	...	8	1	...	102	18Cr-8Ni

Tabla 11: Especificaciones de tensión para diferentes materiales.

### Altura de la torre

La altura de la torre la calculamos como la suma de:

- La longitud del cilindro
- Las alturas de ambos cabezales

Para obtener la longitud del cilindro debemos considerar el número de platos, su espesor y distanciamiento.

$$L_c = 11. (2,25 \text{ mm} + 600 \text{ mm}) = 6624,75 \text{ mm}$$

La longitud del cilindro es de **6,625 m**.

En el caso de los cabezales, ya tenemos su altura estimada, por lo que resta agregar el espesor de la placa utilizada.

$$h_c = 2. (299 \text{ mm} + 7,9375 \text{ mm}) = 612,875 \text{ mm}$$

La longitud de ambos cabezales es de **0,613 m**.

La altura de la torre es:

$$H = 6,625 \text{ m} + 0,613 \text{ m} = 7,238 \text{ m}$$

### Masa de la torre

El peso de la torre se calculará como la suma de los siguientes pesos individuales:

- Peso del cilindro
- Peso de los cabezales
- Peso de los platos



### Volumen del cilindro

$$h = 6,625 \text{ m}$$

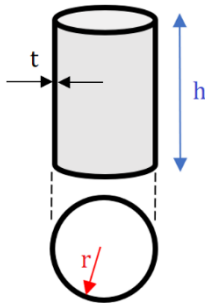
$$r = 0,686 \text{ m}$$

$$t = 7,9375 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$V_c = \pi \cdot [(r + t)^2 - r^2] \cdot h$$

$$V_c = \pi \cdot [(0,686 + 7,9375 \cdot 10^{-3})^2 - 0,686^2] \cdot 6,625$$

$$V_c = \mathbf{0,228 \text{ m}^3}$$



### Volumen de los cabezales

$$D = 2 \cdot R = 1,372 \text{ m}$$

$$t = 7,9375 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$V_K = 0,10 \cdot [D^3 - (D - 2t)^3]$$

$$V_K = 0,10 \cdot [1,372^3 - (1,372 - 2 \cdot 7,9375 \cdot 10^{-3})^3]$$

$$V_K = \mathbf{8,86 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

### Volumen del cilindro y los cabezales

$$V = V_c + 2 \cdot V_k = 0,228 \text{ m}^3 + 2 \cdot 8,86 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V = \mathbf{0,246 \text{ m}^3}$$

### Masa del cilindro y los cabezales

$$M = \rho \cdot V = 7840 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,246 \text{ m}^3$$

$$M = \mathbf{1929 \text{ kg}}$$

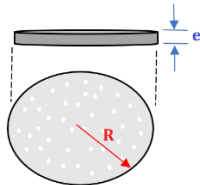
## FINAL INTEGRACIÓN V

### Volumen y masa de los platos perforados

$$\begin{aligned}
 N &= 11 \\
 e &= 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\
 R &= D/2 = 0,686 \text{ m} \\
 n &= 838 \\
 r &= d/2 = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_p &= \pi \cdot (R^2 - n \cdot r^2) \cdot e \\
 V_p &= \pi \cdot [0,686^2 - 838 \cdot (2,25 \cdot 10^{-3})^2] \cdot 2,25 \cdot 10^{-3} = \mathbf{3,30 \cdot 10^{-3} m^3}
 \end{aligned}$$

$$M_p = N \cdot \rho \cdot V_p = 11 \cdot 7840 \text{ kg/m}^3 \cdot 3,30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = \mathbf{285 \text{ kg}}$$



### Masa total de la torre vacía

$$M_v = M + M_p = 1929 \text{ kg} + 285 \text{ kg} = \mathbf{2214 \text{ kg}}$$

### Prueba hidráulica

A priori se calcula el volumen de la torre (incluyendo ambos cabezales).

$$\begin{aligned}
 V_t &= \pi \cdot L_c \cdot D^2 + 2 \cdot 0,1 \cdot D^3 \\
 V_t &= \pi \cdot 6,625 \text{ m} \cdot (1,372 \text{ m})^2 + 2 \cdot 0,1 \cdot (1,372 \text{ m})^3 \\
 V_t &= \mathbf{39,70 \text{ m}^3}
 \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta que el 100% del volumen de la torre contiene agua a 20°C:

$$\rho_l = \mathbf{998 \text{ kg/m}^3}$$

$$\begin{aligned}
 M_f &= V_t \cdot \rho_l \\
 M_f &= 39,7 \text{ m}^3 \cdot 998 \text{ kg/m}^3 \\
 M_f &= \mathbf{39\ 621 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

### Masa de la torre en funcionamiento

$$\begin{aligned}
 M_T &= M_v + M_f = 2218 \text{ kg} + 39621 \text{ kg} \\
 M_T &= \mathbf{41\ 839 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Diseño de torre alta

#### Carga por viento

El cálculo de la carga por viento se basa en la norma A.581-1982 de ANSI.

La velocidad del viento mínima básica para determinar la presión se tomará de los datos de la ciudad de Bahía Blanca.

La presión de diseño del viento se calcula de la siguiente manera:

$$P_V = q_s \cdot C_e \cdot C_q$$

Dónde:

$P_V$  es la presión de diseño del viento (lb/ft<sup>2</sup>).

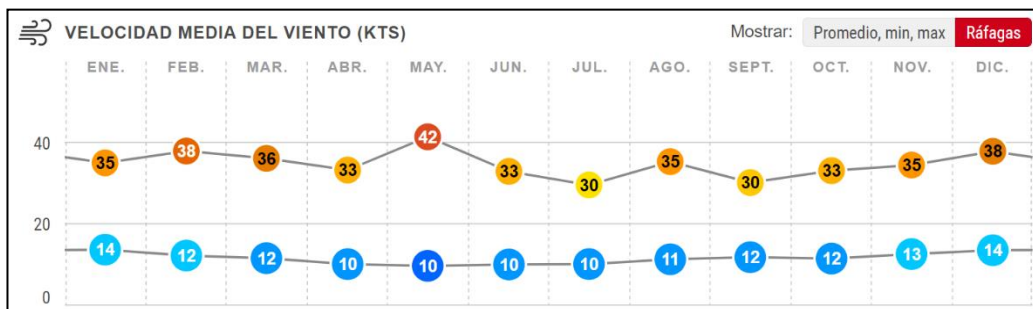
$q_s$  es la presión de estancamiento del viento a la altura estándar tal como fue tabulada (lb/ft<sup>2</sup>).

$C_e$  es el factor por ráfagas.

$C_q$  es el coeficiente de presión.

#### Presión de estancamiento

Para obtener la presión de estancamiento, consideramos el máximo valor registrado de ráfaga de 48,3 mph (42 nudos).



es.windfinder.com

Con lo cual, el valor de  $q_s$  tabulado para dicha condición es de 13 lb/ft<sup>2</sup>.

Velocidad básica del viento, mph	70	80	90	100	110	120	130
Presión $q_s$ , lb/pie <sup>2</sup>	13	17	21	26	31	37	44

#### Coeficiente de presión

El coeficiente de presión, para nuestra torre redonda es  $C_q = 0,9$  debido a la conexión que presenta con el rehervidor y el condensador.

$C_q$ = Coeficiente de presión (factor de forma):	
Torres cuadradas o rectangulares.....	1.4
Torres hexagonales u octagonales.....	1.1
Torres redondas o elípticas.....	0.8
(Si hay cualquier equipo conectado a la torre, se recomienda incrementar $C_q$ hasta 0.9 para recipientes cilíndricos.)	

#### Factor por ráfagas

Debido al tamaño de nuestra planta industrial, la misma encuadra dentro de la categoría C.

## FINAL INTEGRACIÓN V

Por lo cual, para una altura de 23,74 ft (7,238 m) obtenemos un factor por ráfagas  $C_e = 1,3$ .

Altura sobre el piso, pies	Coeficiente $C_e$	
	Exposición C	Exposición B
0- 20	1.2	0.7
20- 40	1.3	0.8
40- 60	1.5	1.0
60-100	1.6	1.1
100-150	1.8	1.3
150-200	1.9	1.4
200-300	2.1	1.6
300-400	2.2	1.8

### Presión de diseño por viento

$$P_V = q_s \cdot C_e \cdot C_q = 13 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} \cdot 1,3 \cdot 0,9$$

$$P_V = 15,21 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} = 74,26 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

### Espesor del faldón

El faldón es un cilindro soldado al fondo del recipiente, cuya función es brindar soporte a este último. De esta manera, la carga se reparte uniformemente a lo largo del perímetro de la circunferencia de soldadura, evitando concentraciones de esfuerzos en la envoltura y disminuyendo la presión transmitida al suelo.

Para evitar momentos debidos al peso del recipiente se debe realizar el faldón de forma que su diámetro medio coincida con el diámetro medio de la cubierta.

Para el cálculo del tamaño de la soldadura, es necesario conocer la eficacia de dicha soldadura. Estos valores vienen reflejados en la "Norma UW 12" que a su vez consta en el Código ASME.

### Esfuerzo del faldón

$$E_F = P_V \cdot D_f \cdot H$$

Dónde:

$E_F$  es el esfuerzo del faldón.

$P_V$  es la presión de diseño por viento ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ).

$D_f$  es el diámetro del faldón (diámetro externo de la torre) (m).

$H$ = Altura total de la torre (m)

$$E_F = P_V \cdot D_f \cdot H = 74,26 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \cdot (1,388 \text{ m}) \cdot 7,238 \text{ m}$$

$$E_F = 746,0 \text{ kgf}$$

### Momento soportado por el faldón

$$M_F = E_F \cdot H_F$$



Donde:

$M_F$  es el momento soportado por el faldón.

$E_F$  es el esfuerzo del faldón

$H_F = H/2$  es la altura del faldón

$$M_F = E_F \cdot H_F = 746,0 \text{ kg}_f \cdot \frac{7,238 \text{ m}}{2}$$

$$M_F = 2700 \text{ kg}_f \cdot \text{m}$$

Espesor del faldón por carga de viento

$$t_v = \frac{120 \cdot M_F}{D^2 \cdot E \cdot S \cdot \pi}$$

Dónde S es el esfuerzo y E es la eficiencia de la junta del faldón.

$E = 0,6$

$$S = 13\,800 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} = 9,70 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}_f}{\text{m}^2}$$

$$t_v = \frac{120 \cdot 2700 \text{ kg}_f \cdot \text{m}}{(1,372 \text{ m})^2 \cdot 0,6 \cdot 9,70 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}_f}{\text{m}^2} \cdot \pi}$$

$$t_v = 9,41 \text{ mm}$$

Espesor por peso de la torre

El peso de la torre da origen a un esfuerzo de compresión debido a que no presenta excentricidad y la fuerza resultante coincide con el eje del recipiente.

Por lo general la compresión debida al peso es insignificante y no es de carácter controlador.

$$t_{ph} = \frac{M_t}{c \cdot S}$$

Donde  $t_{ph}$  es el espesor del faldón necesaria,  $M_t$  es la masa de la torre para prueba hidráulica en libras y c es la circunferencia del faldón en pulgadas.

$$t_{ph} = \frac{92238 \text{ lb}}{171,7 \text{ in} \cdot 13800 \text{ lb/in}^2}$$

$$t_{ph} = 0,03893 \text{ in} = 0,9888 \text{ mm}$$

$$t_{ph} = 1,00 \text{ mm}$$

Espesor del faldón

Como era de esperar, el espesor debido al peso es mucho menor que el espesor por la carga de viento.



$$t_v \gg t_{ph}$$

$$9,41 \text{ mm} \gg 1,00 \text{ mm}$$

Con lo cual, podemos concluir que el espesor del faldón necesario es de 9,41 mm.

$$t_F = 9,41 \text{ mm}$$

### Tuberías

Se calculan los diámetros de tuberías necesarios para la alimentación y salidas de los productos.

Para las corrientes de conducción líquidas se opta por una velocidad de 2 m/s, mientras que para los flujos de vapor se considera una velocidad de 15 m/s.

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot V}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$$

Alimentación: mezcla de glicoles.

$$Q_A = 10,04 \text{ m}^3/\text{h} = 2,789 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_A = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_A}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,789 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 2 \text{ m/s}}} = 0,04214 \text{ m}$$

$$D_A = 1,66 \text{ in}$$

Se selecciona un diámetro (nominal) comercial de 2 in.

Tope: salida de vapor a condensar.

$$Q_V = 11,21 \text{ m}^3/\text{h} = 3,114 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_V = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_V}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,114 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 15 \text{ m/s}}} = 0,01626 \text{ m}$$

$$D_V = 0,64 \text{ in}$$

Se selecciona un diámetro (nominal) comercial de 3/4 in.

Tope: ingreso de la corriente líquida de reflujo

$$Q_R = 1,63 \text{ m}^3/\text{h} = 4,528 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_R = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_R}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,528 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 2 \text{ m/s}}} = 0,01698 \text{ m}$$

$$D_R = 0,67 \text{ in}$$

Se selecciona un diámetro (nominal) comercial de 3/4 in.

Fondo: salida del líquido al rehervidor

$$Q_L = 18,64 \text{ m}^3/\text{h} = 5,178 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_L = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_L}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,178 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 2 \text{ m/s}}} = 0,05741 \text{ m}$$





$$D_L = 2,26 \text{ in}$$

Se selecciona un diámetro (nominal) comercial de 2 1/2 in.

Fondo: entrada de vapor desde rehervidor

$$Q_S = 18,38 \text{ m}^3/\text{h} = 5,106 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_S = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_S}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,106 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 15 \text{ m/s}}} = 0,02082 \text{ m}$$

$$D_S = 0,82 \text{ in}$$

Se selecciona un diámetro (nominal) comercial de 1 in.

### Bocas de hombre

Para tareas de inspección y mantenimiento se dispone de tres bocas de hombre ubicadas por encima del plato de alimentación, a mitad columna y sobre el último plato.

El diámetro será de 22 pulgadas (56 cm).

## FINAL INTEGRACIÓN V

### CAÑERÍAS E INSTRUMENTACIÓN

#### Introducción al P&ID

#### **Simbología para el sistema de control**

En la labor de control están las variables que se desean mantener en un valor deseado. Dichas variables entran y salen del mismo proceso, por ejemplo: caudales, temperaturas, niveles, composiciones, etc. Para cada una de estas variables se establecerá un valor deseado llamado punto de ajuste o punto de referencia. Las perturbaciones son también entradas al proceso, pero sobre las que no se pueden actuar y tienden a llevar a las variables controladas fuera de sus condiciones deseadas. Será entonces necesario contar con algún sistema de control para ajustar las variables manipuladas a manera de mantener las variables controladas en su valor deseado a pesar de las perturbaciones. También puede ser necesario modificar los valores deseados requiriéndose entonces modificar las variables manipuladas para llevar las variables controladas a sus nuevos valores.

En los diagramas, cada instrumento estará representado por una etiqueta o identificación y por un símbolo. La etiqueta es un conjunto de letras y números que indican cuál es la variable medida o controlada y cuales, son las funciones del instrumento. La simbología empleada en el diagrama permite ubicar el instrumento, determinar el tipo de señales empleadas y otras características de los mismos.

#### Instrumentación

La instrumentación es el conjunto de ciencias y tecnologías mediante las cuales se miden cantidades de físicas o químicas con el objeto de obtener información para su archivo, evaluación o actuación sobre los Sistemas de Control Automático.

Sistemas de medición: Conjunto de elementos que forman un instrumento, capaz de convertir una variable física en una señal.

Sensor: Es un dispositivo que, a partir de la energía del medio en el que se mide, proporciona una señal de salida que es función de la magnitud que se pretende medir.

Amortiguador: Dispositivo que ha sido diseñado para la absorción de energías producidas a partir de impactos o golpes o bien, para que aquellas oscilaciones provocadas por algún movimiento periódico disminuyan.

Señal: Es aquella muestra física que puede ser medida ya sea variable o constante en el tiempo.

Indicadores: Poseen una escala para expresar la equivalencia de los datos al operario, pueden ser manómetros, tensiómetros, entre otros.

Transmisor: Equipo que emite una señal, código o mensaje a través de un medio que está conectando al sensor mediante conductores eléctricos.

## FINAL INTEGRACIÓN V

**Controladores:** Instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta operación calcula un error, para luego actuar con el fin de corregir dicho error.

**Error:** Es la diferencia entre la salida real y la salida ideal. Se puede expresar en forma porcentual.

**Transductores:** Reciben una señal de entrada en función de una o más cantidades físicas y la convierten modificándola a una señal de salida.

**Rango:** Intervalo comprendido entre el valor mínimo y el valor máximo que el instrumento puede medir, transmitir o indicar.

**Linealidad:** Es la característica que define que tanto se acerca la curva de calibración del instrumento a una línea recta.

**Precisión:** Capacidad de un instrumento de entregar el mismo valor para la magnitud medida al realizar varias mediciones y en unas mismas condiciones.

**Exactitud:** Capacidad de un instrumento de medición de dar indicaciones que se aproximan al valor verdadero de la magnitud medida.

### Simbología

La simbología es un proceso abstracto en el cual las características salientes de los dispositivos o funciones son representadas de forma simple por figuras geométricas como círculos, rombos, triángulos y otros para escribir caracteres como letras y números identificando la ubicación y el tipo de instrumento a ser utilizado. La indicación de los símbolos de los instrumento o funciones ha sido aplicada en las típicas formas.

### Identificación de instrumentos

- La primera letra mayúscula se utiliza para indicar la variable que está siendo medida por el instrumento.
- Las letras mayúsculas sucesivas indican la función del instrumento.
- La ubicación del instrumento queda determinada por tres números.
- El lazo se identifica con un número adicional.

Instrumentación	
Primera letra	Significado
F	Flujo o caudal
H	Manual
L	Nivel
P	Presión
S	Velocidad
	Frecuencia
T	Temperatura
Z	Posición

Instrumentación	
Letras sucesivas	Significado
A	Alarma
C	Controlador
E	Sensor
G	Mirilla o vidrio
H	Alto
I	Indicador
L	Bajo
R	Registrador
S	Interruptor
T	Transmisor
V	Válvula

## FINAL INTEGRACIÓN V

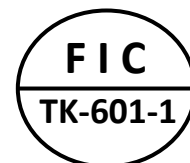
### Variables de control

Variables de control	
Nomenclatura	Variables
A	Análisis
B	Combustión / Quemador
C	Conductividad
D	Densidad
E	Voltaje
FQ	Flujo
F	Caudal
G	Caudal
H	Humedad
I	Intensidad
J	Potencia
K	Tiempo
L	Nivel
M	Nivel
N	Nivel

Variables de control	
Nomenclatura	Variables
O	Humedad
P	Presión
PD	Presión diferencial
Q	Cantidad
R	Radiación
S	Velocidad / Frecuencia
T	Temperatura
TD	Temperatura diferencial
U	Multivariable
V	Vibración / Análisis mecánico
W	Peso / Fuerza
WD	Peso / Fuerza diferencial
Y	Estado o presencia
Z	Posición
ZD	Posición diferencial

Para el instrumento ejemplificado, podemos obtener la siguiente información:

- Se trata de un Controlador e Indicador de Flujo
- El equipo es un Tanque, cuyo número es 601 y el número de lazo es 1

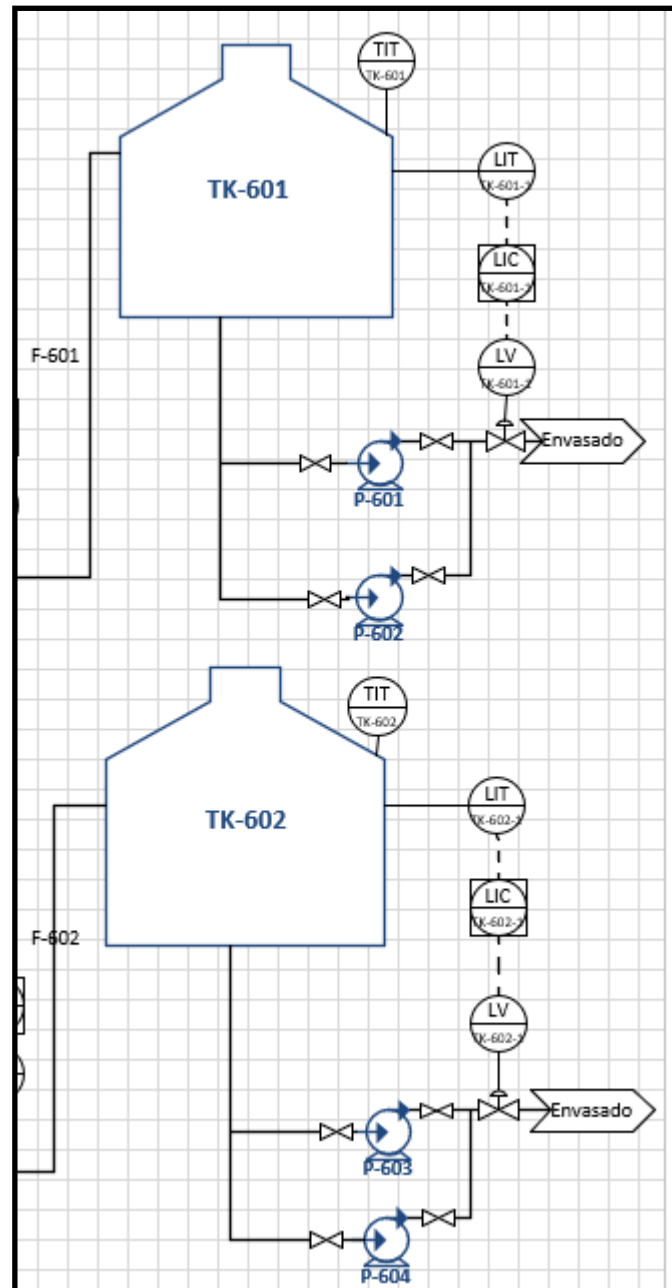


Para más detalle del diagrama P&ID, ver anexo III.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Detalle de la instrumentación

#### Tanques de producto terminado

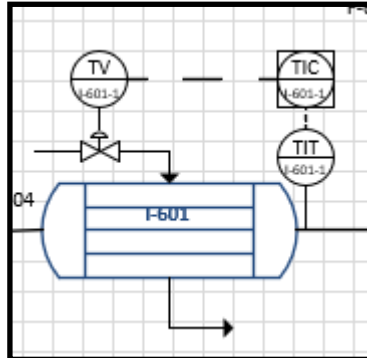


Los tanques son de presión atmosférica. Tienen un control de nivel que funciona de la siguiente manera:

Un sensor de nivel se encuentra instalado en el tanque. El mismo se encuentra asociado a un controlador el cual abre y cierra una reguladora para permitir mayor o menor pasaje de caudal según sea requerido.

## FINAL INTEGRACIÓN V

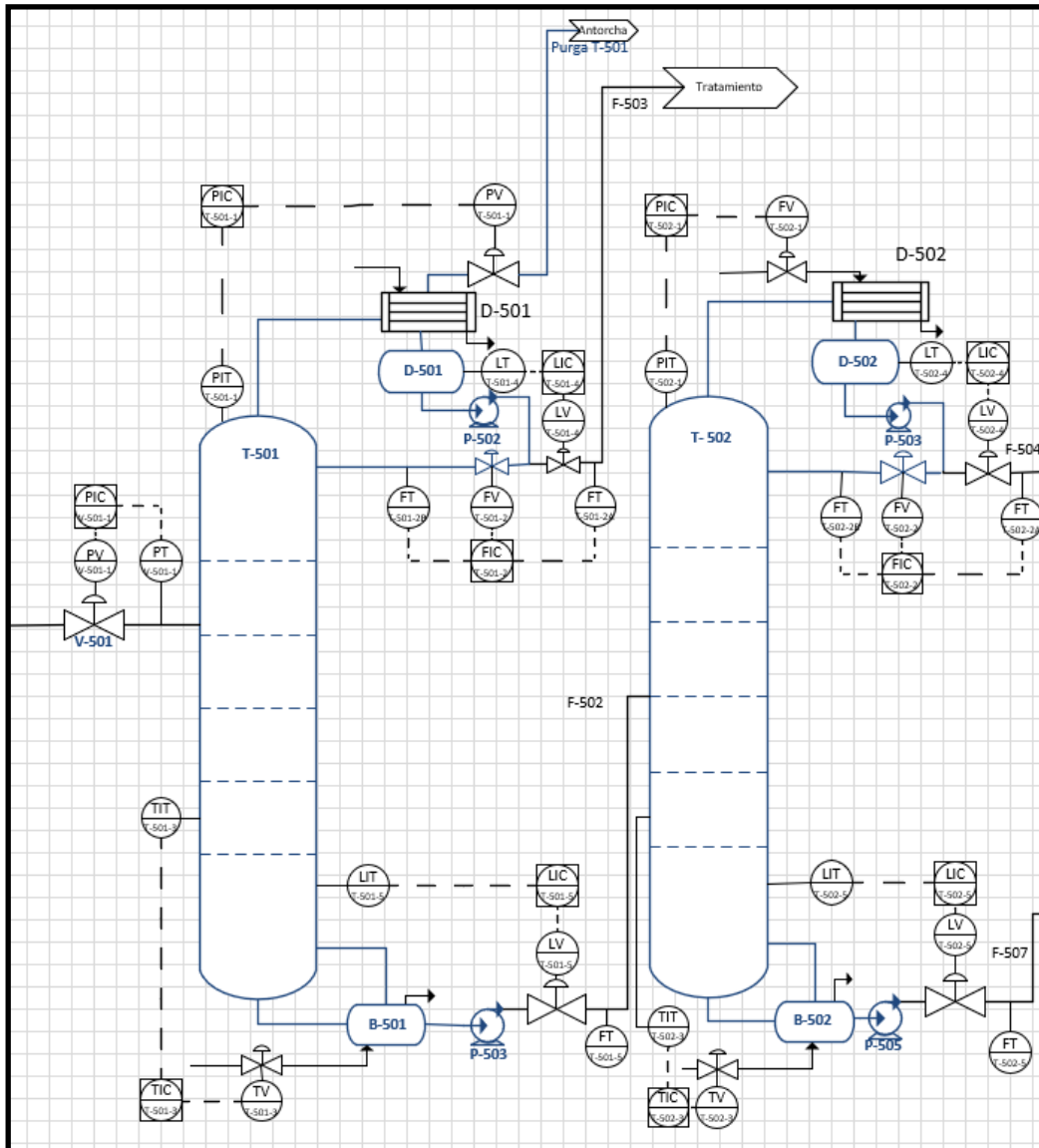
### Intercambiadores de calor



Los intercambiadores de calor tienen un transmisor de temperatura en la línea de salida del fluido de proceso. Estos están asociados a un controlador que actúa sobre la reguladora que permite mayor o menor pasaje del fluido calefactor/refrigerante.



### Torres de destilación



- Control de la relación de reflujo: se coloca un caudalímetro en la línea que retorna con líquido al tope de la torre y otro a la salida del destilado. Ambas señales son analizadas por un controlador que actúa una reguladora en la línea de retorno de líquido a la torre según el set point de relación de reflujo. Ambas torres tienen el mismo control.
- Control de nivel del acumulador del condensador: se coloca un sensor de nivel en el acumulador, asociado a un controlador que actúa sobre una reguladora en la línea de salida de destilado líquido. Ambas torres tienen el mismo control.
- Control de presión de la torre: la torre que tiene un condensador parcial, controla la presión a través de una reguladora en la línea de purga gaseosa (vapor + incondensables). La torre que tiene condensador total, controla la presión a través de una reguladora en el fluido de intercambio calórico. Los aumentos de presión son regulados con un aumento del condensado.

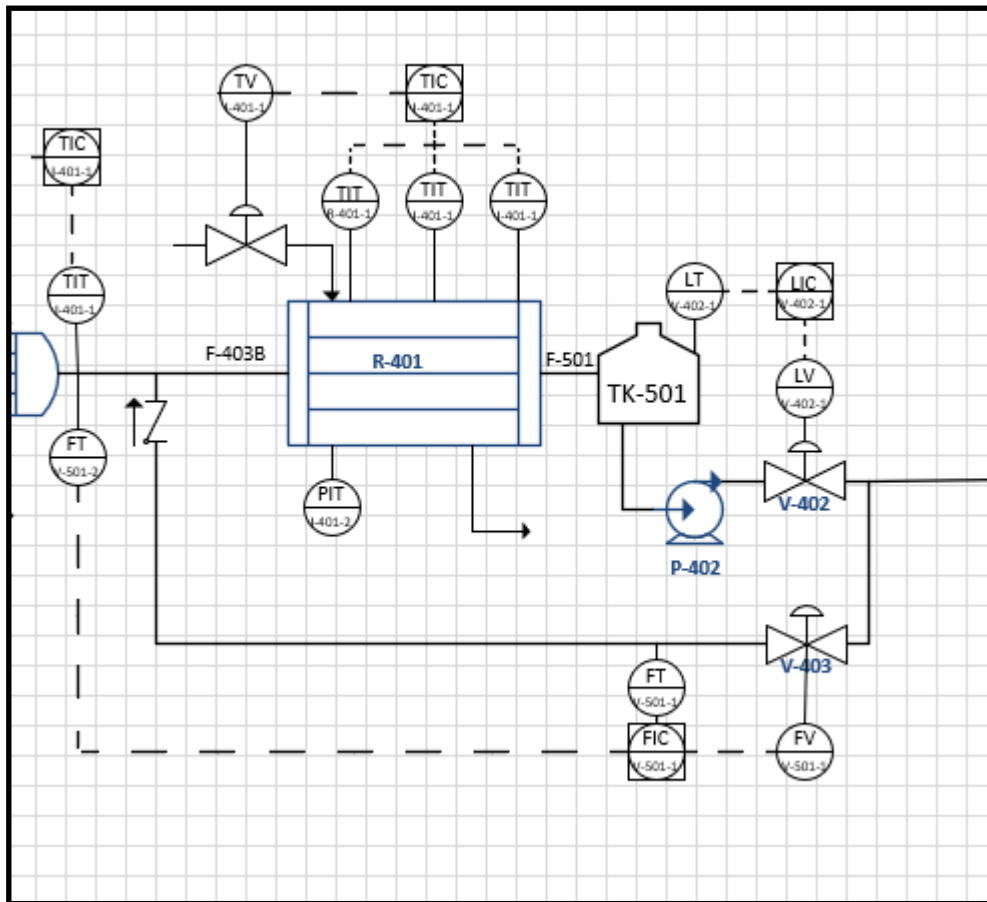


- Control de nivel del fondo de la torre: El nivel del fondo se controla a través de un sensor colocado en el fondo, asociado a un controlador que maneja una reguladora a la salida del residuo de la torre. Ambas torres tienen el mismo control.
- Control de temperatura de la torre: La temperatura de la torre se controla a través de un controlador que actúa sobre una reguladora que permite mayor o menor pasaje del fluido térmico sobre el hervidor. Ambas torres tienen el mismo control.
- Descompresión a la entrada de la primer torre: la línea de salida del reactor de etilenglicol dispone una presión de 32bar, mientras que las torres operan a presión atmosférica. Para descomprimir esta corriente, se dispone de un transmisor de presión antes del ingreso a la torre, cuya señal es captada por un controlador que actúa sobre una válvula reguladora que se encuentra aguas arriba.





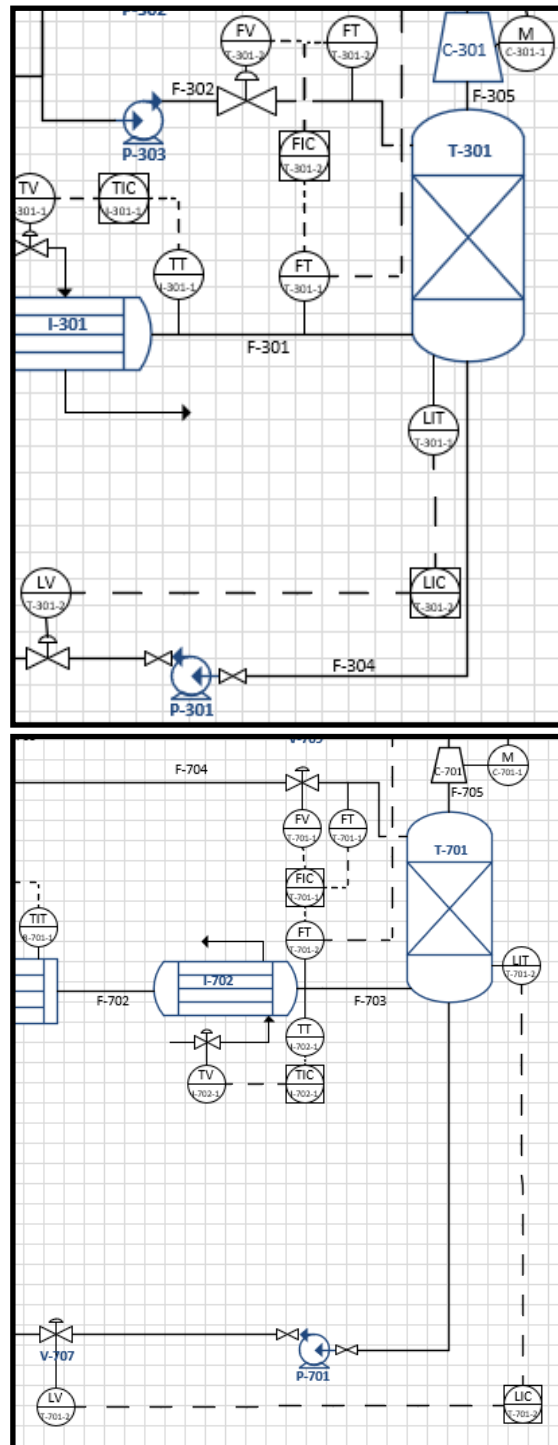
### Reactor de etilenglicol



- Control de nivel del tanque pulmón previo a la bomba de recirculación: se coloca un sensor de nivel en el tanque, asociado a través de un controlador a una reguladora posterior a la bomba y previo a la bifurcación entre el reciclo y la corriente que va hacia la torre.
- Control de la relación de reciclo: se coloca un caudalímetro en la línea que ingresa al sistema antes de juntarse con el caudal de reciclo y otro en la línea de reciclo. Ambos caudalímetros envían la señal a un controlador que actúa sobre una reguladora que se encuentra en la línea del reciclo permitiendo mayor o menor pasaje de caudal sobre esa línea. Se coloca una válvula de retención sobre la línea del reciclo para impedir que por cualquier motivo, la alimentación fresca ingrese a esa línea.
- Control de temperatura: La temperatura medida en el reactor es analizada por un controlador que actúa sobre una reguladora en la línea de entrada de fluido térmico, permitiendo mayor o menor pasaje de fluido para el intercambio calórico.



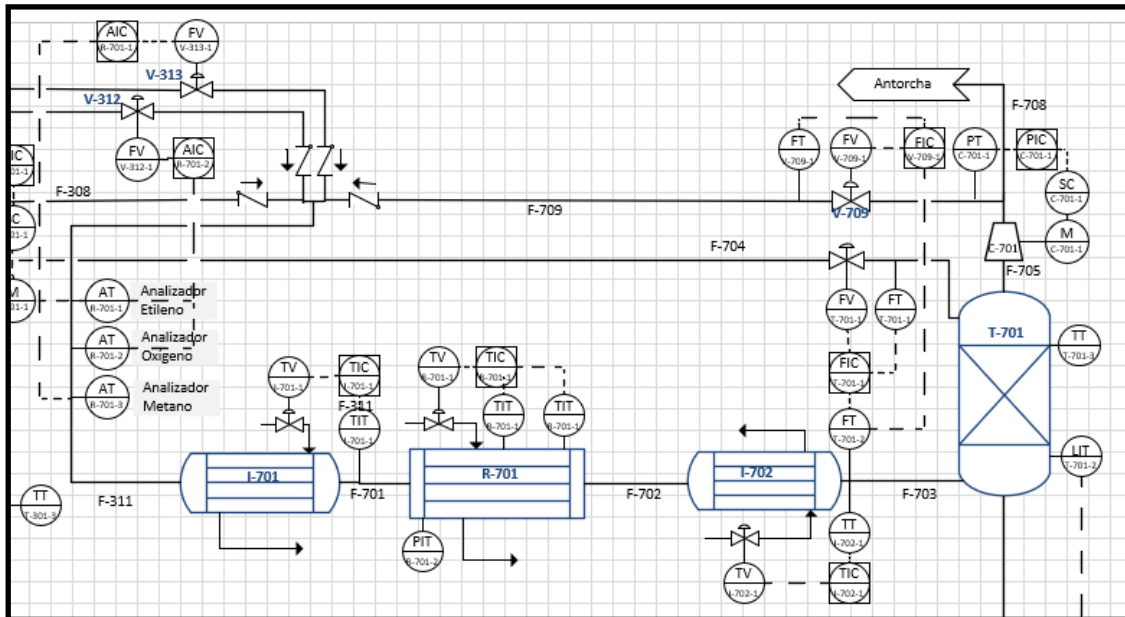
### Torres de absorción



- Control de nivel de la torre: El nivel se controla a través de un sensor de nivel, asociado a un controlador que maneja una reguladora a la salida de la torre. Ambas torres tienen el mismo control.
- Control de la relación de líquido/gas: Se instala un caudalímetro a la entrada gaseosa de la torre y otro en la entrada de agua. Ambas señales van a un controlador que actúa sobre una reguladora ubicada en la línea de agua que ingresa a la torre. Ambas torres tienen el mismo control.

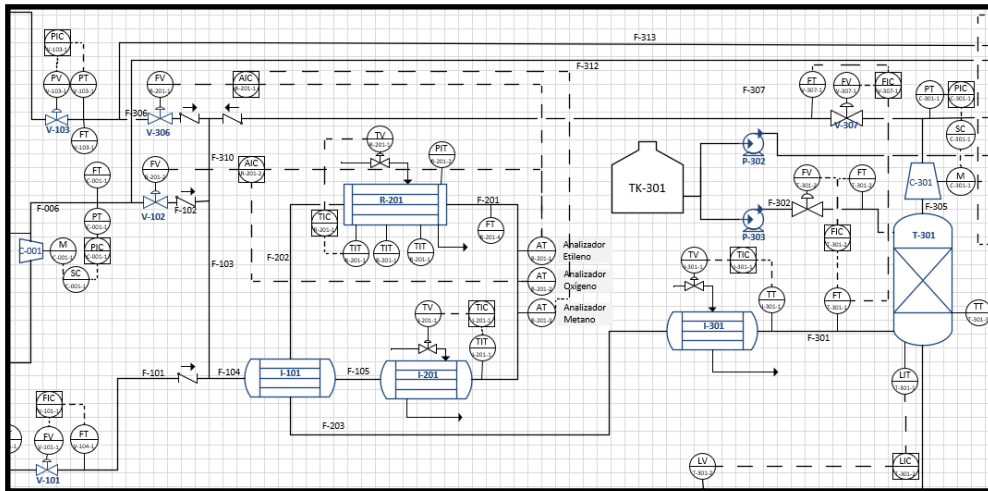


### Línea del reactor de purga de óxido de etileno



- Control de temperatura: La temperatura medida en el reactor es analizada por un controlador que actúa sobre una reguladora en la línea de entrada de fluido térmico, permitiendo mayor o menor pasaje de fluido para el intercambio calórico. El mismo control aplica para los intercambiadores de calor.
- Control de presión: Un transmisor de presión en la línea de reciclo envía la señal a un controlador que a través de un variador de velocidad actúa sobre el motor del compresor a la salida de la torre de absorción.
- Control de la relación de reciclo: Un caudalímetro situado en la línea del reciclo y otro ubicado en la línea del reactor envían señal a un controlador que actúa sobre una reguladora en la línea del reciclo, permitiendo que este aumente o reduzca su caudal. Lo que no se recicla, va a la línea de la antorcha. Se coloca una válvula de retención en la línea del reciclo para evitar que haya un ingreso de otra corriente por esa línea.
- Control de la relación de materias primas: Se instalan 3 sensores sobre la línea del reactor para la detección de etileno, oxígeno y metano. Los AT (analyzer transmisor) de etileno y oxígeno, envían señal a un controlador que actúa sobre una válvula reguladora en la línea de oxígeno al reactor de purga. A su vez, hay otro controlador que toma la señal de la concentración de etileno y de metano, que luego actúa sobre una válvula reguladora en la línea de metano hacia el reactor de purga.

### Ingreso de materias primas y línea del reactor principal de óxido de etileno



- Control de temperatura: Este control es análogo al del reactor de purga. La temperatura medida en el reactor es analizada por un controlador que actúa sobre una reguladora en la línea de entrada de fluido térmico, permitiendo mayor o menor pasaje de fluido para el intercambio calórico. El mismo control aplica para los intercambiadores de calor.
- Control de presión en el reciclo: Un transmisor de presión en la línea de reciclo envía la señal a un controlador que a través de un variador de velocidad actúa sobre el motor del compresor a la salida de la torre de absorción.
- Control de presión de oxígeno: Se instala un transmisor de presión en la línea de oxígeno cuya señal es analizada por un controlador que actúa sobre un variador de velocidad asociado al motor del compresor de la línea de oxígeno.
- Control de presión de gas natural: Se instala un transmisor de presión en la línea de gas, cuya señal es analizada por un controlador que actúa aguas arriba sobre una válvula reguladora.
- Control de presión de etileno: se asume que el etileno que ingresa al proceso suministrado por el proveedor (fábrica alemana) ya se encuentra controlado como condición pactada de suministro.
- Control de caudal de etileno: Se coloca un caudalímetro en la línea de etileno asociado a través de un controlador a una válvula reguladora que se encuentra aguas arriba del mismo.
- Control de la relación de reciclo: Este control es análogo al del reactor de purga. Un caudalímetro situado en la línea del reciclo y otro ubicado en la línea del reactor envían señal a un controlador que actúa sobre una reguladora en la línea del reciclo, permitiendo que este aumente o reduzca su caudal. Lo que no se recicla, va a la línea del reactor de purga. Se coloca una válvula de retención en la línea del reciclo para evitar que haya retroceso por esa línea.
- Control de la relación de materias primas: Este control es análogo al del reactor de purga. Se instalan 3 sensores sobre la línea del reactor para la detección de etileno, oxígeno y metano. Los AT (analyzer transmisor) de etileno y oxígeno, envían señal a un controlador que actúa sobre una válvula reguladora en la línea de oxígeno al reactor principal. A su vez, hay otro controlador que toma la señal de la concentración de etileno y de metano, que luego actúa sobre una válvula reguladora en la línea de metano hacia el reactor principal.

## FINAL INTEGRACIÓN V

---

### LAYOUT

---

#### Introducción

En ciertos casos, parece muy sencillo disponer los equipos industriales sobre una superficie, después de haber realizado varias distribuciones sin realizar un estudio riguroso de la situación hasta conseguir un resultado satisfactorio. No obstante, esta solución llevará asociada generalmente una pérdida de tiempo, molestias al personal o incluso la inutilización de las instalaciones.

Por otra parte, puede conducir a serias equivocaciones en la utilización del espacio disponible o a redistribuciones costosas o a destrucciones de edificios, muros y estructuras de importancia que podrían ser todavía aprovechables.

Esta situación puede evitarse en gran medida dedicando un poco de tiempo a preparar la instalación, lo cual nos permite, a su vez, integrar las sucesivas modificaciones en un conjunto lógico, y llevar a cabo los procesos a partir de una serie de disposiciones progresivas de las instalaciones.

Además, el planteamiento es rentable desde otro punto de vista: es más fácil desplazar modelos sobre un papel o en un programa de diseño gráfico asistido por ordenador que desplazar maquinas e instalaciones en la realidad.

#### Características de aplicación

- ✓ Cumplir la legislación vigente.
- ✓ Minimizar los costos de manipulación de materiales.
- ✓ Utilizar el espacio eficientemente.
- ✓ Utilizar la mano de obra eficientemente.
- ✓ Eliminar los cuellos de botella.
- ✓ Facilitar la comunicación y la interacción entre los propios trabajadores con los supervisores.
- ✓ Proporcionar un control visual de las operaciones o actividades.
- ✓ Eliminar los movimientos inútiles o redundantes.
- ✓ Facilitar la entrada, salida y ubicación de los materiales, productos o personas.
- ✓ Tener en cuenta las medidas de seguridad, prevención de la salud y el medio ambiente.
- ✓ Promover las actividades de mantenimiento necesarias.
- ✓ Proporcionar la flexibilidad necesaria para adaptarse a las condiciones cambiantes.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Criterios a contemplar para la planta

- ✓ Topografía del terreno.
- ✓ La subdivisión de las áreas rectangulares de procesos, tendrán como medidas máximas: 90 x 180 metros.
- ✓ Las calderas, hornos y bombas de agua deberán estar alejadas de las zonas de producción.
- ✓ Los tanques de almacenamientos se clasificarán en función de su inflamabilidad.
- ✓ Línea de incendio y reserva de agua.
- ✓ Con respecto a la circulación de camiones, se debe tener en cuenta el ancho de las calles, curvas y glorietas para las diferentes maniobras de carga y descarga.
- ✓ Depósitos y almacenes.
- ✓ Planta de Tratamiento de efluentes.
- ✓ Facilidades para el montaje.

### Criterios a contemplar para los equipos

- ✓ Los equipos deben estar dimensionalizados, dibujados a escala e individualizados por su respectiva codificación.
- ✓ Lugares adecuados para el almacenaje de materia prima, producto en proceso y producto terminado.
- ✓ Espacio entre equipos y pasillos entre equipos.
- ✓ Manipulación y transporte de materiales.
- ✓ Equipos en elevación.
- ✓ Espacio para montaje, desmontaje y mantenimiento.
- ✓ Distanciamiento en función de la *resolución 1296/2008* de la *Secretaría de Energía*.
- ✓ La separación entre 2 torres de enfriamiento debe ser de 15 metros.
- ✓ La separación entre salas de control y unidades de proceso de riesgo moderado debe ser de 30 metros.
- ✓ El ancho máximo de los pasillos será:
  - Principales: 4,50 metros
  - Normales: 3,60 metros
  - Auxiliares: 2,40 metros

### Método simplificado de Richard Muther

El Método **S.L.P.** (*Systematic Layout Planning*) fue desarrollado por Richard Muther que, basándose en las distintas técnicas empleadas por los Ingenieros Industriales, consiguió sistematizar los proyectos de distribución.

Esta técnica puede aplicarse a oficinas, laboratorios, áreas de servicio, operaciones manufactureras o almacenes, siendo aplicable en caso de readaptaciones en edificios ya existentes, en nuevos edificios o en nuestro caso, en un nuevo emplazamiento de planta industrial

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Listado de principales áreas

1. Recepción de personal
2. Egreso de vehículos
3. Estacionamiento de personal
4. Estacionamiento para camiones
5. Estacionamiento gerencial
6. Recursos humanos
7. Administración y gerencia
8. Servicio médico
9. Comedor
10. Laboratorio
11. Vestuarios
12. Sala de control
13. Servicios auxiliares
14. Pañol
15. Mantenimiento
16. Tratamiento de efluentes
17. Brigada
18. Almacén de materias primas
19. Almacén del producto
20. Producción
21. Piletón de agua

### Relaciones entre Actividades

El Recorrido de los Productos no es un factor que determina el emplazamiento del proceso de operaciones. Simplemente indica sobre un gráfico la secuencia de operaciones, determinando cuáles son los departamentos que necesitan estar próximos.

Pero el recorrido de los materiales sólo es uno de los factores causales; hay muchos otros que pueden actuar en sentido inverso y provocar adaptaciones. Es decir, la influencia de algunos factores puede tener tanta importancia como el recorrido de los materiales y ambos aspectos deben aunarse lo mejor posible.

La escala de valores para la proximidad de las actividades queda indicada por las letras mencionadas en el siguiente cuadro.

Letras	Escala de valores
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente necesaria
I	Importante
O	Ordinaria
U	Sin importancia
X	No deseable



### Frecuencia de cada relación

A continuación, se detallan las frecuencias de cada valor de proximidad entre las actividades de la planta.

	Recepción de personal	Estacionamiento para el personal	Estacionamiento para camiones	Recursos humanos	Comedor	Servicio médico	Vestuarios	Pañol	Laboratorio	Mantenimiento	Tratamiento de efluentes	Brigada	Almacén de materias primas	Almacén del producto	Producción y sala de control	Servicios auxiliares	Administración y gerencia	Egreso de vehículos	Estacionamiento gerencial	Piletón de agua
Recepción de personal	A	O	E	I	E	I	U	O	U	U	U	O	X	X	I	O	I	O	U	U
Estacionamiento para el personal		O	E	O	E	E	U	O	U	U	U	U	X	X	I	U	E	U	U	U
Estacionamiento para camiones			O	U	I	O	U	U	U	U	O	U	A	A	I	U	O	O	U	O
Recursos humanos				I	A	E	U	O	O	U	O	X	X	O	X	I	I	E	U	
Comedor					I	I	O	I	I	X	I	X	X	I	X	A	O	E	I	
Servicio médico						E	O	E	O	X	U	X	X	E	X	I	O	I	U	
Vestuarios							O	E	I	X	U	X	X	E	X	O	O	O	U	
Pañol								E	A	O	O	I	I	A	O	U	U	U	O	
Laboratorio									I	I	I	E	E	A	O	I	U	U	O	
Mantenimiento										E	O	O	O	A	E	U	U	U	O	
Tratamiento de efluentes											O	U	U	E	A	X	U	X	A	
Brigada													A	A	A	O	O	O	A	
Almacén de materias primas														E	A	E	X	I	X	E
Almacén del producto															A	E	X	I	X	E
Producción y sala de control																A	I	O	I	A
Servicios auxiliares																	X	U	X	A
Administración y gerencia																		O	A	O
Egreso de vehículos																			I	O
Estacionamiento gerencial																				O
Piletón de agua																				

Letras	Escala de valores	Frecuencia
A	Absolutamente necesaria	16
E	Especialmente necesaria	20
I	Importante	19
O	Ordinaria	26
U	Sin importancia	20
X	No deseable	19



## FINAL INTEGRACIÓN V

### Análisis del comportamiento del viento

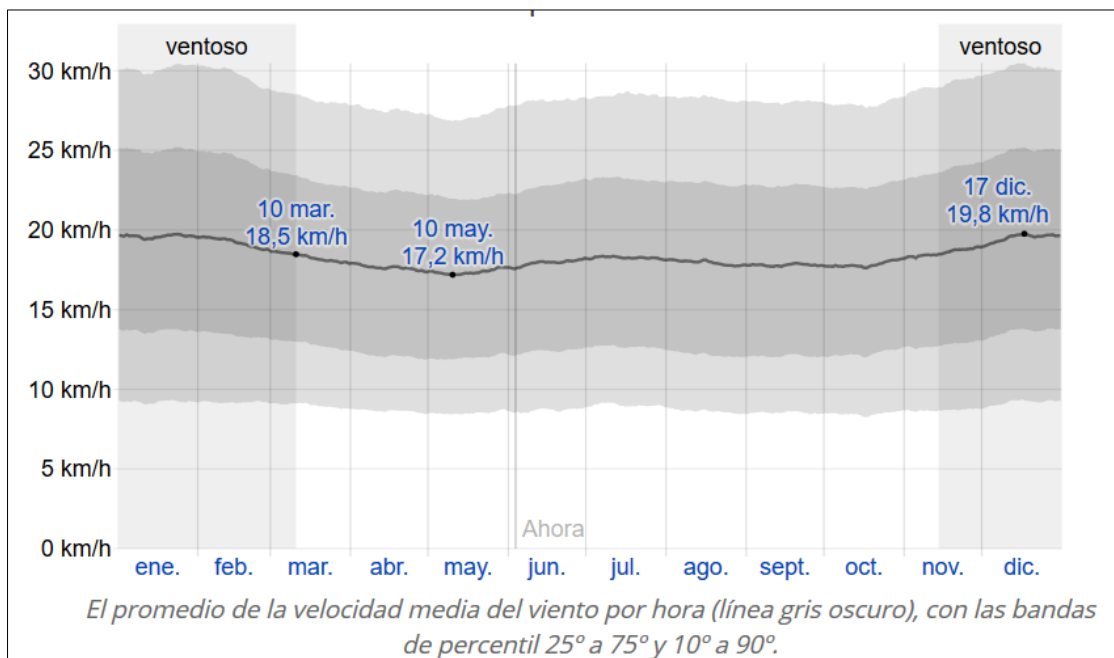
Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a *10 metros* sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

#### Velocidad promedio del viento

La velocidad promedio del viento por hora en Bahía Blanca tiene variaciones estacionales *leves* en el transcurso del año.

La parte *más ventosa* del año dura *3,9 meses*, del *14 de noviembre* al *10 de marzo*, con velocidades promedio del viento de más de *18,5 kilómetros por hora*. El día *más ventoso* del año es el *17 de diciembre*, con una velocidad promedio del viento de *19,8 kilómetros por hora*.

El tiempo *más calmado* del año dura *8,1 meses*, del *10 de marzo* al *14 de noviembre*. El día *más calmado* del año es el *10 de mayo*, con una velocidad promedio del viento de *17,2 kilómetros por hora*.



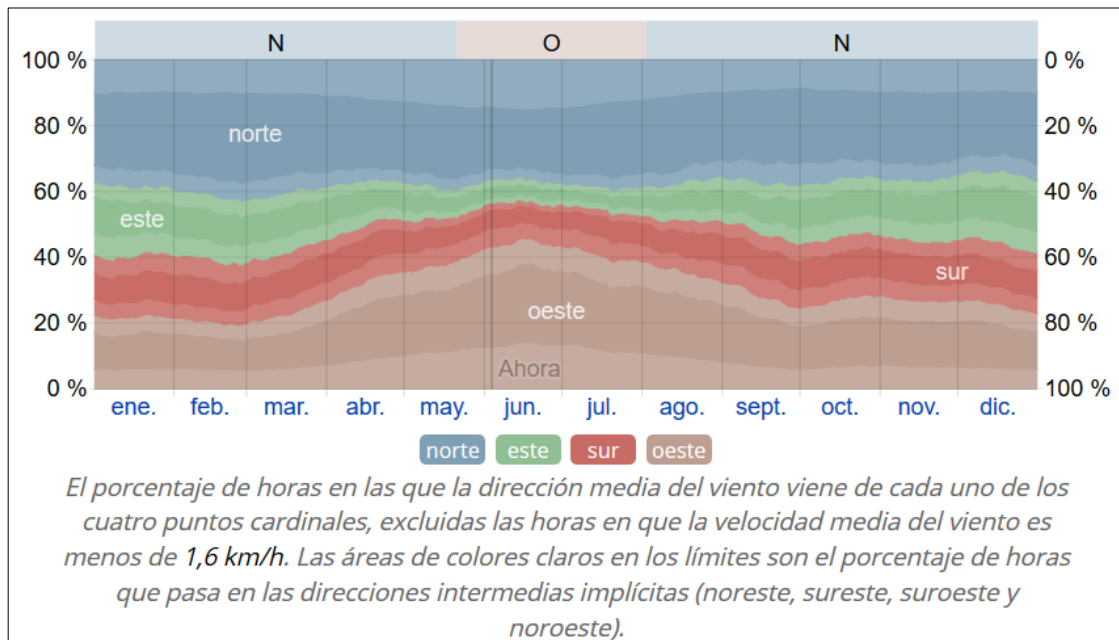
#### Dirección predominante del viento

La dirección predominante promedio por hora del viento en Bahía Blanca varía durante el año.

El viento con más frecuencia viene del **oeste** durante **2,4 meses**, del *21 de mayo* al *2 de agosto*, con un porcentaje máximo del **46 %** en *18 de junio*. El viento con más frecuencia viene del **norte** durante **9,6 meses**, del *2 de agosto* al *21 de mayo*, con un



porcentaje  
máximo del 37 % en 1 de enero.



### Áreas involucradas

1. Recepción de personal
2. Balanzas
3. Estacionamiento de personal
4. Antorcha
5. Estacionamiento gerencial
6. Recursos humanos
7. Administración y gerencia
8. Servicio médico
9. Comedor
10. Laboratorio
11. Vestuarios
12. Sala de control
13. Servicios auxiliares
14. Pañol
15. Mantenimiento
16. Tratamiento de efluente
17. Brigada
18. Almacén de materias primas
19. Almacén de productos
20. Producción
21. Piletón de agua

(\*) Los sanitarios se consideran como parte de cada área.

(#) Las cabinas de gas natural y etileno, así como la recepción de oxígeno líquido se encuentran en el almacén de materias primas.

### Resolución 1296/2008

*Debido a que nuestra planta trabaja con componentes inflamables adoptamos la aplicación de la siguiente resolución emitida por la Secretaría de Energía.*

Se establecen las condiciones mínimas que deben cumplir las Plantas de Elaboración, Almacenamiento y Mezcla de Biocombustibles con relación a la seguridad en caso de incendio.

#### **Artículo 3:** Clasificación del establecimiento

Debido a que la producción diaria de MEG supera los 60 m<sup>3</sup>, nuestra planta se clasifica bajo la Categoría III.

#### **Artículo 52:** Clasificación de las zonas

La peligrosidad de las zonas sigue el orden decreciente que se establece a continuación:

Zona 1: Zona de operación, almacenamiento de inflamables y plataforma de descarga de líquidos inflamables.

Zona 2: Zona de tanques de almacenamiento de biocombustibles y plataforma de carga de líquidos combustibles.

Zona 3: Instalaciones auxiliares.

#### **Artículo 55:** Almacenamiento en Zona I

Los tanques de almacenamiento de líquidos inflamables se instalarán en:

- Espacio a cielo abierto.
- Bajo techo, sin paredes laterales, mediando una distancia de separación de 3 (tres) metros entre la altura máxima del tanque y el techo.

### Artículo 63: Distanciamiento

En función de la categorización de nuestra planta, se establecen los siguientes distanciamientos a fin de obtener una adecuada distribución dentro de las instalaciones:

Distancias	
Entre equipos	Diámetro no inferior a 2 m
Entre la zona de operación y la zona de almacenamiento de inflamable	15 m
Entre la zona de operación y la zona de almacenamiento de combustib	10 m
Entre la zona de operación y la pileta de recuperación	15 m
Entre la zona de operación y los cargaderos	10 m
Entre tanques en el mismo endicamiento	1/6 de la suma de diámetros, no inferior a 1,5 m
Entre tanques enterrados	No inferior a 1 m
Entre la zona de operación/almacenamiento y lugares con fuego	15 m
Entre la pared del tanque y la pared del endicamiento que lo contiene	No inferior a 1,5 m
Entre la zona de almacenamiento y la pileta de recuperación	1 diámetro del tanque mayor, no inferior a 15 m
Entre la zona de almacenamiento y el cargadero	7,5 m
Al límite de la propiedad	1 diámetro del tanque mayor, no inferior a 15 m
A vías férreas	1,5 diámetro del tanque mayor, no inferior a 20 m
A casas en habitación	2 diámetros del tanque mayor, no inferior a 15 m
A bosques	100 m
Entre la zona de operación y la sala de bombas contra incendio	No inferior a 15 m
Entre la zona de almacenamiento y la sala de bombas contra incendio	No inferior a 15 m

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Dimensiones de equipos

Los desarrollos para obtener cada uno de los dimensionamientos se encuentran en las unidades “diseño de equipos” y “diseño completo de equipos”.

Equipo	Tanque TK-001	Equipo	Tanque TK-401
Disposición	Vertical	Disposición	Vertical
Diámetro	7,1 m	Diámetro	6 m
Alto	5 m	Alto	9,8 m

Equipo	Intercambiador I-101	Equipo	Intercambiador I-401
Disposición	Horizontal	Disposición	Horizontal
Diámetro	0,84 m	Diámetro	0,56 m
Largo	10 m	Largo	10 m

Equipo	Intercambiador I-201	Equipo	Reactor R-401
Disposición	Horizontal	Disposición	Vertical
Diámetro	0,69 m	Diámetro	2,5 m
Largo	5 m	Largo	10 m

Equipo	Reactor R-201	Equipo	Tanque TK-501
Disposición	Vertical	Disposición	Vertical
Diámetro	3,39 m	Diámetro	13,5 m
Largo	12 m	Alto	9,8 m

Equipo	Intercambiador I-301	Equipo	Torre de destilación T-501
Disposición	Horizontal	Disposición	Vertical
Diámetro	0,86 m	Diámetro	7,468 m
Largo	10 m	Alto	10,5 m

Equipo	Torre de absorción T-301	Equipo	Torre de destilación T-502
Disposición	Vertical	Disposición	Vertical
Diámetro	1,78 m	Diámetro	1,388 m
		Alto	7,238 m

Equipo	Intercambiador I-701	Equipo	Intercambiador I-601
Disposición	Horizontal	Disposición	Horizontal
Diámetro	0,81 m	Diámetro	0,43 m
Largo	1,5 m	Largo	5 m

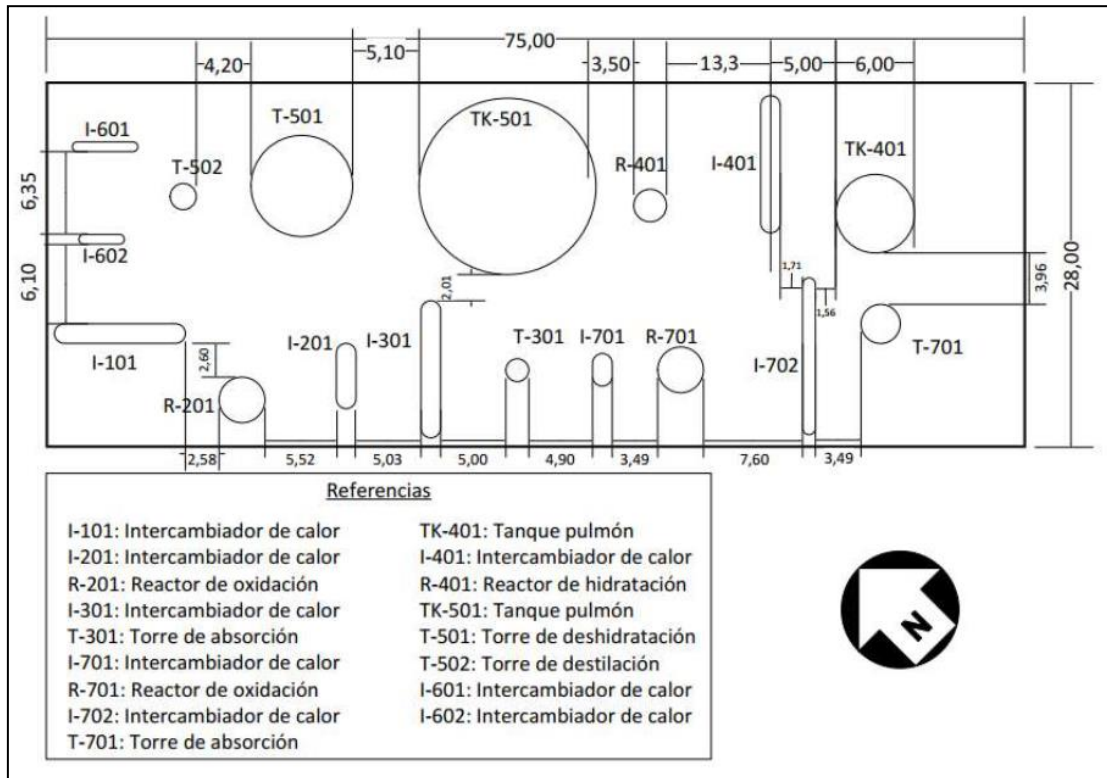
Equipo	Reactor R-701	Equipo	Intercambiador I-602
Disposición	Vertical	Disposición	Horizontal
Diámetro	3,39 m	Diámetro	0,31 m
Largo	6,7 m	Largo	2,5 m

Equipo	Intercambiador I-702	Equipo	Tanque TK-601
Disposición	Horizontal	Disposición	Vertical
Diámetro	0,48 m	Diámetro	6 m
Largo	12 m	Alto	10 m

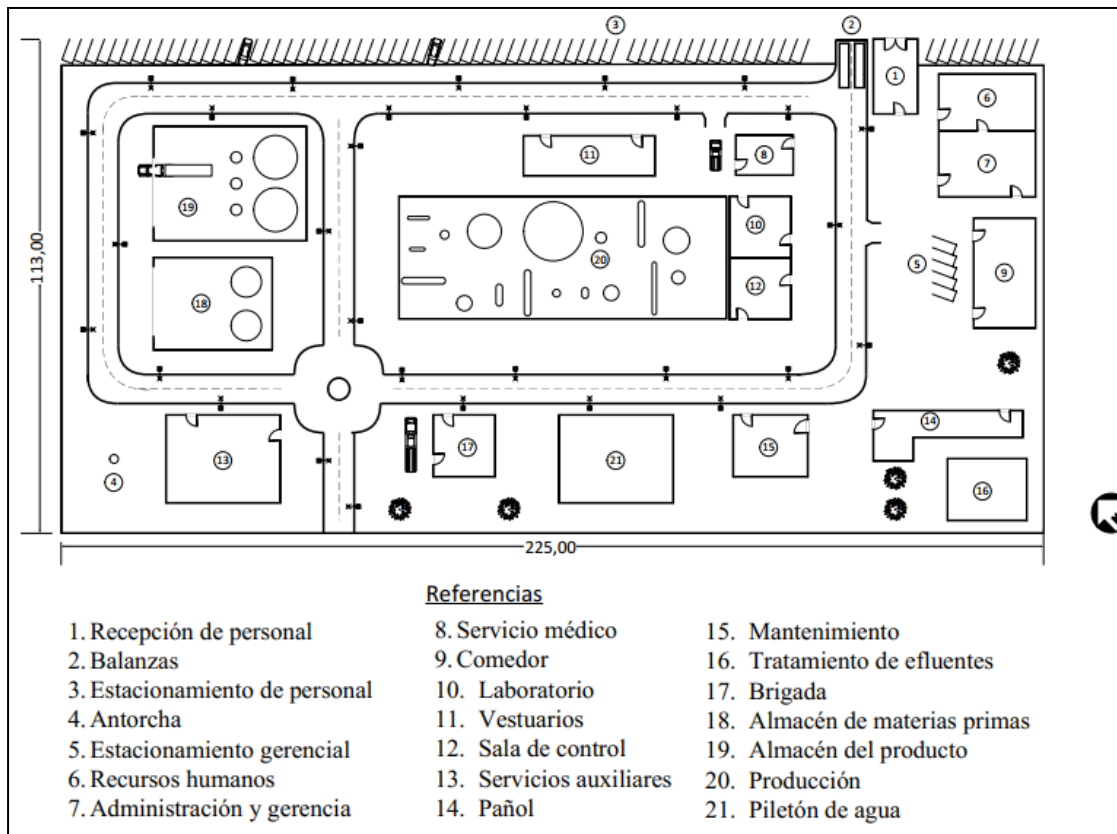
Equipo	Torre de absorción T-701	Equipo	Tanque TK-602
Disposición	Vertical	Disposición	Vertical
Diámetro	3,08 m	Diámetro	1,8 m
		Alto	3 m



### Layout de proceso



### Layout de planta



---

### DIAGRAMA ISOMÉTRICO

---

#### Introducción

Los isométricos son diagramas de cañerías en los cuales se representan en el espacio la dirección y sentido de c/u de ellas, normalmente se grafican en un plano con una inclinación de  $30^\circ$  y en el que se dibujan a escala cada uno de los accesorios que posee la línea, como válvulas, tomas para instrumentos, toma muestras, y analizadores en línea, reducciones o ampliaciones de la línea. En los isométricos se realiza a escala todo el trayecto de la línea de equipo a equipo y si esta línea está soterrada (bajo tierra) o es aérea debe realizarse con el nivel correspondiente el trayecto por adentro de la trinchera o el parral.

En los isométricos se colocan todos los puntos de soldadura o ubicación de bridas, puntualizándose para cada una la serie, el schedule y el tipo de junta que debe llevar.

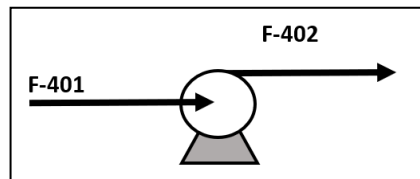
## FINAL INTEGRACIÓN V

### Desarrollo

El diagrama isométrico a desarrollar contemplará la cañería desde el tanque TK-401 hasta la entrada al tanque TK-501, incluyendo la bomba P-401.

### Selección de la bomba P-401

Las bombas son máquinas en las cuales se produce una transformación de la energía mecánica en energía hidráulica (velocidad y presión) comunicada al fluido que circula por ellas.



Para el servicio se seleccionó una bomba centrífuga, la cual cede energía al fluido mediante la variación del momento cinético producido en el impulsor o rodete.

### Datos para el servicio

La bomba P-401 toma desde el tanque pulmón TK-401 la solución acuosa de óxido de etileno a 36,5 °C y 2500 kPa, con el objetivo de elevar su presión a 3200 kPa. El caudal volumétrico es 192 m<sup>3</sup>/h, la densidad media 996 kg/m<sup>3</sup> y la viscosidad media 7,10 · 10<sup>-4</sup> kg/m.s.

### Selección del tipo de tubería

Se opta por seleccionar un diámetro nominal de 8 in – schedule 40. El mismo ofrece los siguientes valores:

Diámetro externo,  $D_e = 219,08 \text{ mm}$

Espesor,  $e = 8,18 \text{ mm}$

Diámetro interno,  $D_i = 202,78 \text{ mm}$

Se verifica la velocidad de circulación del fluido, teniendo en cuenta que el rango recomendado es 1,2 a 2,4 m/s:

El caudal volumétrico se puede expresar en función de la velocidad y el área de flujo. Donde el área de flujo es el área circular comprendida por el diámetro interno del tubo.

$$Q = V \cdot A = V \cdot \pi \cdot \frac{D_i^2}{4}$$

$$0,0533 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = V \cdot \pi \cdot \frac{(0,20278 \text{ m})^2}{4} \rightarrow V = 1,65 \text{ m/s}$$

Despejando la velocidad de la ecuación anterior se puede observar que el valor obtenido se encuentra dentro del rango recomendado.



### Selección de la válvula

Las válvulas son dispositivos mecánicos cuya función es la de controlar los fluidos en un sistema de tuberías mediante apertura, cierre u obstrucción parcial del área de flujo. Las válvulas manuales serán exclusas. Para regulación de caudal, se pondrá una válvula reguladora.

### Balance de energía: tramo de succión

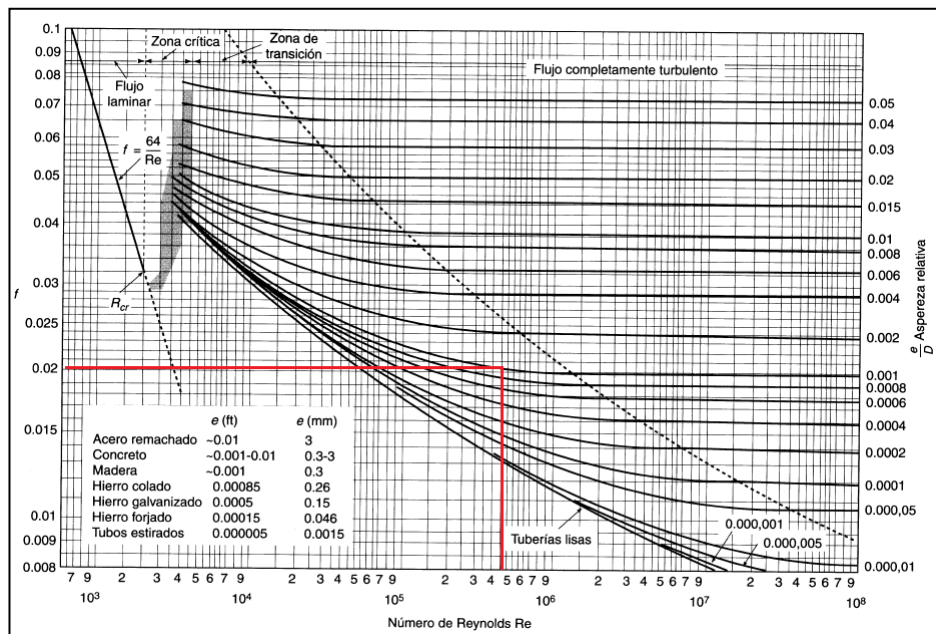
Este tramo es una tubería horizontal de acero inoxidable ( $\epsilon = 0,2 \text{ mm}$ ) y se extiende desde la salida del tanque TK-401 hasta la succión de la bomba.

La pérdida de carga en este tramo se considera despreciable, lo cual se verifica a continuación. Para los cálculos se anulan las cargas de elevación (disposición horizontal) y la carga de velocidad (sección constante).

$$\text{Pérdida de carga: } hl_0 = \frac{v^2}{2g} \left[ \left( \frac{L}{D} \right) f_D + \sum k_D \right]$$

$$hl_0 = \frac{(1,65 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} \left[ \left( \frac{1 \text{ m}}{0,20278 \text{ m}} \right) 0,02 + 0,50 + 0,2 + 0,5 \right]$$

$$hl_0 = 0,194 \text{ m}$$



Presión de succión en la bomba:  $P_1 = P_0 - p \cdot g \cdot hl_0$

$$P_1 = 2,50 \cdot 10^6 \text{ Pa} - 996 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,138 \text{ m}$$

$$P_1 = 2,50 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Como se esperaba, la pérdida de carga es despreciable frente a la presión de salida del tanque TK-401.



### Balance de energía: tramo de descarga

Dividiremos el balance en tres tramos. Los cuales, serán de acero inoxidable ( $\epsilon = 0,2$  mm) y de sección constante (se anula la carga de velocidad).

La pérdida de carga total será la suma de las pérdidas de carga en cada tramo más la pérdida de carga en la coraza del intercambiador de calor ( $\Delta P_I = 437$  Pa).

$$hl = hl_0 + hl_1 + \frac{\Delta P_I}{\rho \cdot g} + hl_2$$

El primero, es una tubería de 5 m que se extiende desde la descarga de la bomba hasta la entrada al intercambiador I-401.

$$\text{Pérdida de carga: } hl_1 = \frac{v^2}{2 \cdot g} \left[ \left( \frac{L}{D} \right) f_D + \sum k_D \right]$$

$$hl_1 = \frac{\left( 1,65 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} \left[ \left( \frac{5 \text{ m}}{0,20278 \text{ m}} \right) 0,02 + 3 \cdot 0,2 + 0,26 + 0,1 + 1 \right]$$

$$hl_1 = 1,37 \text{ m}$$

El segundo, es una tubería inicialmente vertical con instrumentos que asciende desde la salida del intercambiador e ingresa por la parte superior del reactor R-401.

$$\text{Pérdida de carga: } hl_2 = \frac{v^2}{2 \cdot g} \left[ \left( \frac{L}{D} \right) f_D + \sum k_D \right] + \text{carga Instrumentos}$$

$$hl_2 = \frac{\left( 1,65 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} \left[ \left( \frac{26,58 \text{ m}}{0,20278 \text{ m}} \right) 0,02 + 2 \cdot 0,26 + 0,2 + 1 \right] + 3 \text{ m} + 1 \text{ m}$$

$$hl_2 = 4,74 \text{ m}$$

Por lo anterior, la pérdida de carga en el tramo de descarga es:

$$hl = 1,37 \text{ m} + 4,74 \text{ m} + \frac{437 \text{ Pa}}{996 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}$$

$$hl = 6,11 \text{ m}$$

Balace de energía mecánica: altura desarrollada por la bomba

$$\Delta h = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_2 V_2^2 - \alpha_1 V_1^2}{2 \cdot g} + (Z_2 - Z_1) + h_l$$

Donde:

$\Delta h$  es la altura desarrollada por la bomba

$\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}$  es la carga de presión

$\frac{\alpha_2 V_2^2 - \alpha_1 V_1^2}{2 \cdot g}$  es la carga de velocidad

$\alpha_1$  y  $\alpha_2$  son los factores de corrección de la energía cinética

Para régimen turbulento ( $Re > 10^4$ )  $\alpha = 1$  y para régimen laminar ( $Re < 2100$ )  $\alpha = 2$ .

$(Z_2 - Z_1)$  es la carga de elevación

$h_l = \frac{V^2}{2 \cdot g} \left[ \left( \frac{L}{D} \right) f_D + \sum k_D \right]$  es la pérdida de carga

Donde:

L es la longitud de la tubería

D es el diámetro de la tubería

$f_D$  es el factor de fricción de Darcy

$k_D$  es el coeficiente de pérdida de carga para accesorios

$$\Delta h = \frac{3,2 \cdot 10^6 Pa - 2,5 \cdot 10^6 Pa}{996 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 m/s^2} + (9,5 m - 1,5 m) + 6,027 m$$

$$\Delta h = 85,8 m$$

### Potencia requerida

Cuando la energía entregada por la bomba al fluido es expresada en unidades de potencia, el parámetro es conocido como Potencia hidráulica ( $P_h$ ) de la bomba.

$$P_h = \Delta h * \rho * g * Q / 1000$$

Donde Q = Caudal manejado por la bomba [m<sup>3</sup>/s]

Por lo tanto, para nuestro servicio:

$$P_h = 44,68 kW$$

$$P_h = 61,2 HP$$



Tomando en consideración que hay pérdidas de energía en el interior de la bomba por efecto de la fricción y la turbulencia, en la práctica se requiere más potencia para impulsar la bomba que la que efectivamente se le transmite al fluido. Por esta razón, la potencia que recibe la bomba, es conocida como Potencia al freno (BHP).

$$\eta = \frac{P_h}{P_{BPH}} * 100\%$$

Donde  $\eta$  es el rendimiento de la bomba.

Balance de energía: altura neta positiva de aspiración (ANPA)

Si nuestra bomba opera con una aspiración excesiva, la presión a la entrada puede disminuir hasta llegar a alcanzar la presión de vapor del agua. Se desprenderían entonces burbujas de vapor que, cuando la presión se recupera, explotarían violentamente ocasionando graves daños en los mecanismos de la bomba.

La zona de la bomba con menor presión es la sección de entrada, la boca de aspiración, justo antes de los álabes del impulsor o rodete. Una vez que el fluido llega a los álabes empieza a aumentar su presión a medida que recorre el impulsor hasta el difusor de salida. Es por ello que la erosión producida por la cavitación se localiza justo en el inicio de los álabes, cuando se empieza a recuperar la presión y las burbujas de vapor explotan.

El ANPA trata la diferencia entre la presión del líquido en el eje del impulsor y la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, o dicho de otra forma, se refiere a *la presión absoluta mínima que debe haber a la entrada de la bomba para evitar fenómenos de cavitación*, y representa una de las características más importantes para una bomba.

### ANPA de la bomba o requerido

El valor de ANPA requerido solamente depende de las características de nuestra bomba y no de las características de la instalación. Es variable para cada bomba, siempre es positivo y cambia según el caudal y el número de revoluciones del motor. Los valores y las curvas son suministrados por el fabricante. El valor de ANPA requerido informa sobre la capacidad de aspiración de una bomba en un punto determinado de su curva característica de funcionamiento: *cuanto menor es el valor de ANPA requerido tanto mayor es su capacidad de aspiración*.

$$ANPA_{requerido} = \frac{P_1 - P_v}{\rho \cdot g} + Z_1 - Z_0 + h l_0$$

$$ANPA_{requerido} = \frac{2,6 \cdot 10^6 \text{ Pa} - 6,24 \cdot 10^3 \text{ Pa}}{996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + (0 \text{ m} - 6,77 \text{ m}) + 0,0831 \text{ m}$$

$$ANPA_{requerido} = 258,8 \text{ m}$$

### ANPA de la instalación o disponible

## FINAL INTEGRACIÓN V

El valor de ANPA disponible depende de las características de nuestra instalación y equivale a la *reserva total de presión por encima de la presión de vapor del fluido* y que se encuentra disponible en la zona de la brida de aspiración de la bomba. Debemos de calcularlo. Este valor resume en un sólo concepto todas las características de la instalación que influyen en la altura de aspiración de una bomba.

Para que nuestra bomba funcione sin cavitación, se debe cumplir:

$$ANPA_{disponible} \geq ANPA_{requerido} + 0,5 m$$

Donde 0,5 m es un factor de seguridad.

$$ANPA_{disponible} \geq 258,8 m + 0,5 m$$

$$ANPA_{disponible} \geq 259,3 m$$

### Modelo de bomba seleccionado

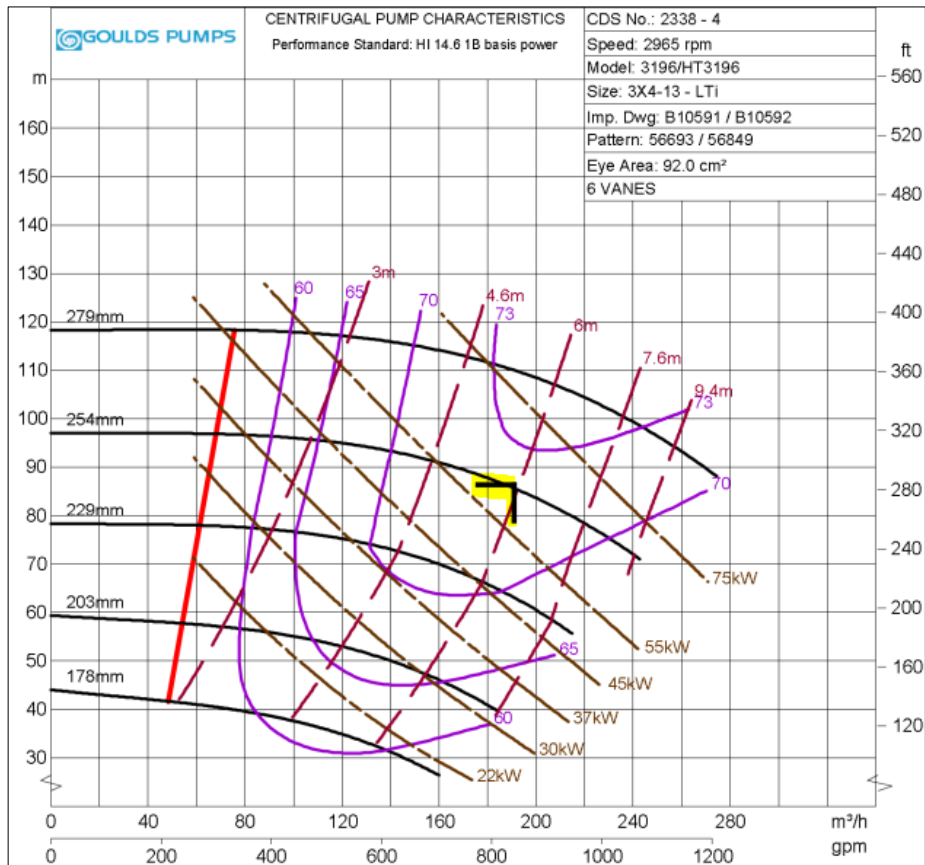
Por lo anterior, se selecciona una bomba que soporte la presión del proceso (más un margen de seguridad) y que pueda proveer la capacidad y la carga necesaria. Se selecciona la bomba 3196 del proveedor Goulds Pumps.



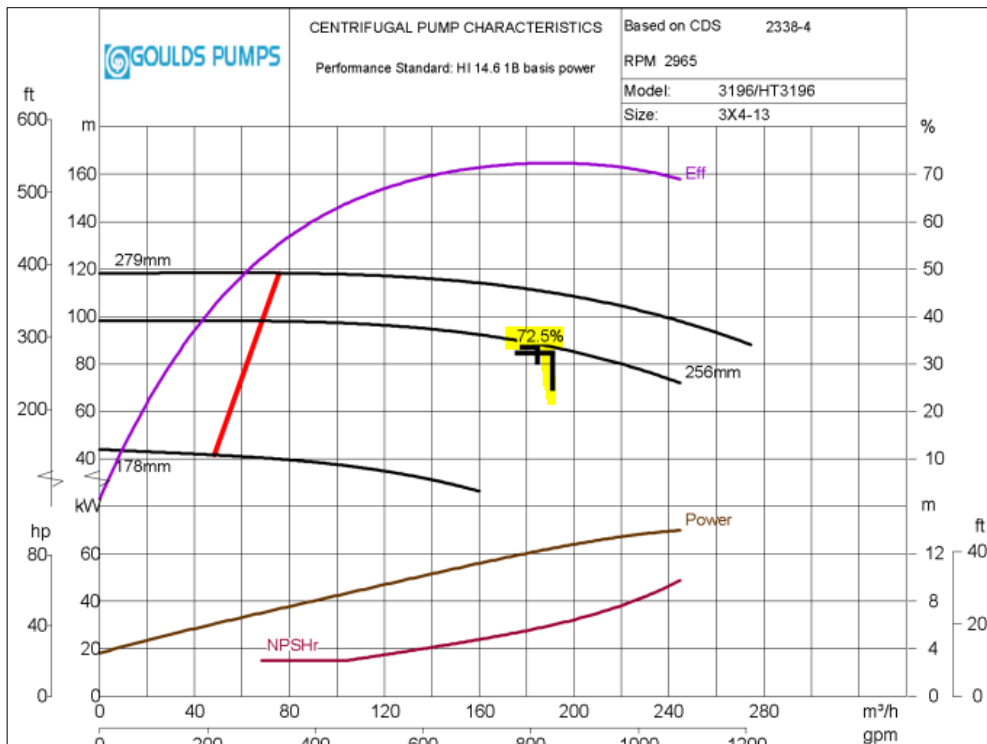
Operating Conditions		Pump Performance	
Liquid:	ETILEN GLICOL	Published Efficiency:	72.5 %
Temp.:	37.0 deg C	Rated Pump Efficiency:	72.5 %
S.G./Misc.:	1.000/1.000 cp	Rated Total Power:	62.58 kW
Flow:	192.00 m³/h	Non-Overloading Power:	69.88 kW
TDH:	85.70 m	Imp. Dia. First 1 Stg(s):	256 mm
NPSHa:		NPSHr:	6.07 m
Solid size:		Shut off Head:	98.36 m
		Suction Specific Speed:	11,011 m³/h,m
		Min. Hydraulic Flow:	68.22 m³/h
		Min. Thermal Flow:	N/A

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Curva de la bomba y punto operativo



### Punto de máxima eficiencia (BEP) y ANPA (o NSPH)





Como se puede observar en los gráficos el modelo de bomba seleccionado, 3196 LTi 3x4-13, proporciona una eficiencia hidráulica de **72,5%** en el punto operativo y se encuentra en un **97%** del BEP, o mejor performance de eficiencia. La altura necesaria en la succión es de apenas 6m por lo que nuestro sistema está sobrado para instalarla y la potencia de la bomba será **84,4HP**.

### Balance de energía: tramo final

Llamaremos tramo final, a la tubería de acero inoxidable ( $\varepsilon = 0,2$  mm) y de sección constante (se anula la carga de velocidad) que conecta la salida del reactor de hidratación R-401 y el tanque pulmón TK-501.

En este tramo el fluido circula por diferencia de presión entre ambos equipos, por lo que no tenemos trabajo aportado por bomba.

$$\text{Pérdida de carga: } hl_3 = \frac{v^2}{2 \cdot g} \left[ \left( \frac{L_3}{D} \right) f_D + k_D \right]$$

$$hl_3 = \frac{\left( 1,65 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} \left[ \left( \frac{20,13 \text{ m}}{0,20278 \text{ m}} \right) 0,02 + 4 \cdot 0,26 + 0,2 + 0,5 + 1 \right]$$

$$hl_3 = \mathbf{0,656 \text{ m}}$$

$$\text{Presión en tanque pulmón: } P_3 = P_2 - p \cdot g \cdot hl_0$$

$$P_3 = 3,20 \cdot 10^6 \text{ Pa} - 996 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,0610 \text{ m}$$

$$P_3 = \mathbf{3 \ 199 \ kPa}$$





### Memoria de cálculos

Datos del servicio			
Variable		Valor	Unidad
Caudal volumétrico	Q	0,0533	m <sup>3</sup> /s
Presión de succión	P1	2500000	Pa
Presión de descarga	P2	3200000	Pa
Viscosidad	u	0,00071	kg/m.s
Densidad	p	996	kg/m <sup>3</sup>

Tramo de succión			
Variable		Valor	Unidad
Altura de líquido TK-401	h	6,77	m
Presión manométrica TK-401	Pm	66148,05	Pa
Presión atmosférica	P <sub>atm</sub>	101325	Pa
Presión TK-401	P <sub>0</sub>	2500000	Pa
	P <sub>0</sub>	24,67	atm
Diámetro interno tubería	Di	0,20278	m
Área de flujo	A	0,0323	m <sup>2</sup>
Velocidad	V	1,6504	m/s
Longitud tramo 0	L <sub>0</sub>	2	m
Salida TK-401	kD	0,5	
Válvula manual	kD	0,2	
Filtro "Y"	kD	0,5	
Número de Reynolds	Re	4,7E+05	
Rugosidad absoluta	ε	2,00E-04	m
Rugosidad relativa	ε/Di	1E-03	
Factor de Darcy	fD	0,02	
Pérdida de carga	h <sub>l0</sub>	0,1940	m
Presión succión bomba	P1	2498105	Pa
	P1	24,65	atm

Tramo 1 de descarga			
Variable		Valor	Unidad
Pérdida de carga	h <sub>l1</sub>	1,37	m
Válvula reguladora	kD	5,800	
Válvula manual	kD	0,2	
Codo 90°	kD	0,26	
Entrada I-401	kD	1	
Retención	kD	1,7	
Longitud tramo 1	L1	5	m

Tramo 2 de descarga			
Variable		Valor	Unidad
Pérdida de carga	h <sub>l2</sub>	4,743	m
Salida I-401	kD	0,5	
Válvula manual	kD	0,2	
Caudalímetro		3,070385518	m
Transmisor de temperatura		1	m
Codo 90°	kD	0,26	
Entrada R-401	kD	1	
Longitud tramo 2	L2	26,58	m

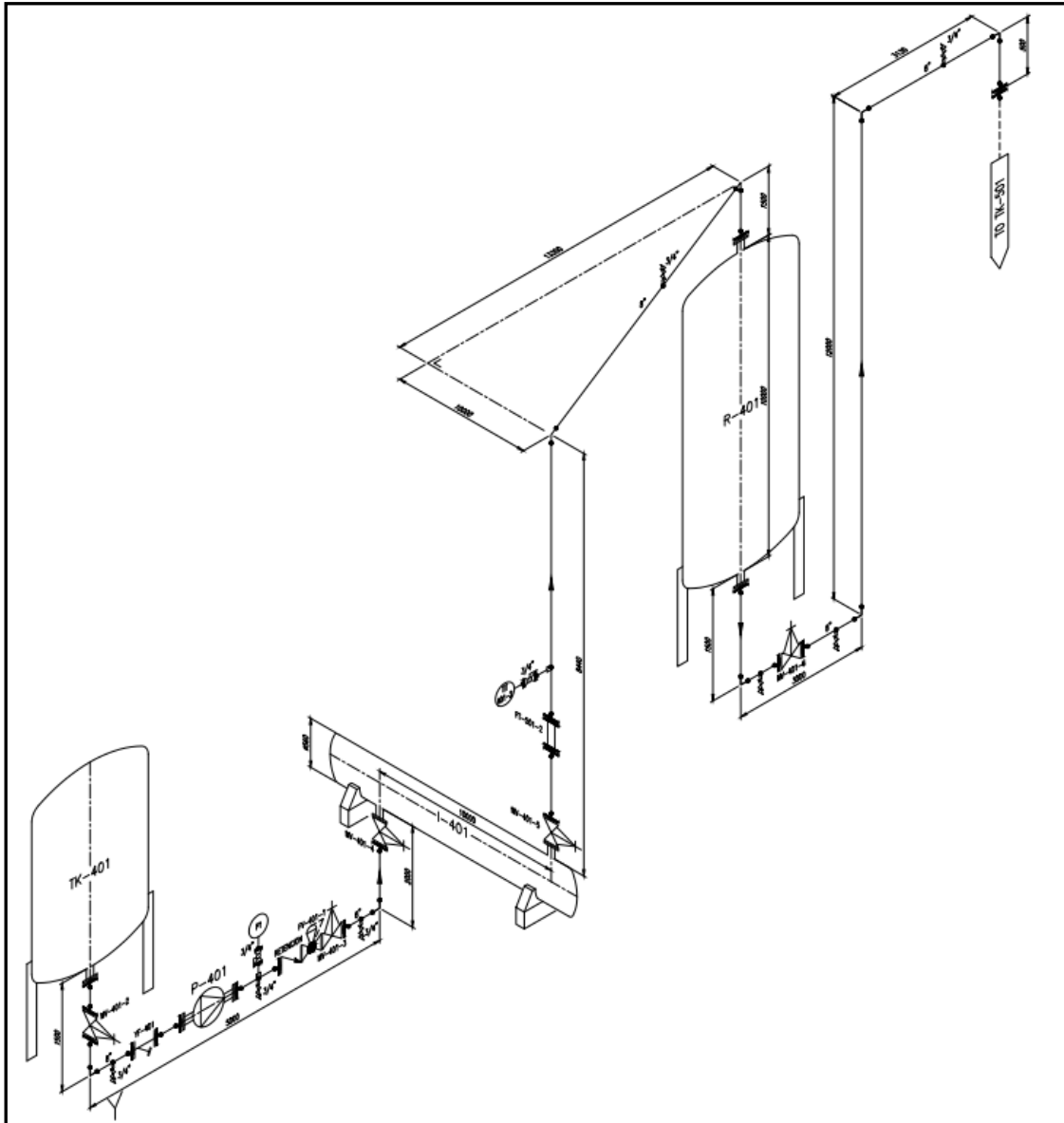
Tramo final			
Variable		Valor	Unidad
Pérdida de carga	h <sub>l3</sub>	0,656	m
Salida R-401	kD	0,5	
Codo 90°	kD	0,26	
Válvula manual	kD	0,2	
Entrada TK-501	kD	1	
Longitud tramo final	L3	20,13	m

Balance de Energía Mecánica			
Variable		Valor	Unidad
Caudal volumétrico	Q	0,0533	m <sup>3</sup> /s
Presión a la salida del TK-401	P1	2500000	Pa
Presión de descarga al TK-501	P2	3200000	Pa
Viscosidad	u	0,00071	kg/m.s
Densidad	p	996	kg/m <sup>3</sup>
Carga por diferencia de altura		8	m
Carga por diferencia de velocidad		0	m
Carga por diferencia de presión		71,64232874	m
Pérdida de carga de equipos		0,044725282	m
Pérdida de carga cañerías en descarga	h <sub>L</sub>	6,1104	m
Altura necesaria de la bomba	H	85,7975	m
Trabajo de la bomba	W	838306,4612	J
Potencia de la bomba		44681,7344	W
Potencia de la bomba		44,6817	kW
Potencia de la bomba		61,2000	HP





### Diagrama isométrico



*Para más detalle sobre el diagrama isométrico, ver el anexo IV.*

### INSTALACIONES DE SERVICIOS AUXILIARES

El objetivo del presente capítulo es detallar los servicios auxiliares que intervienen en el proceso productivo.

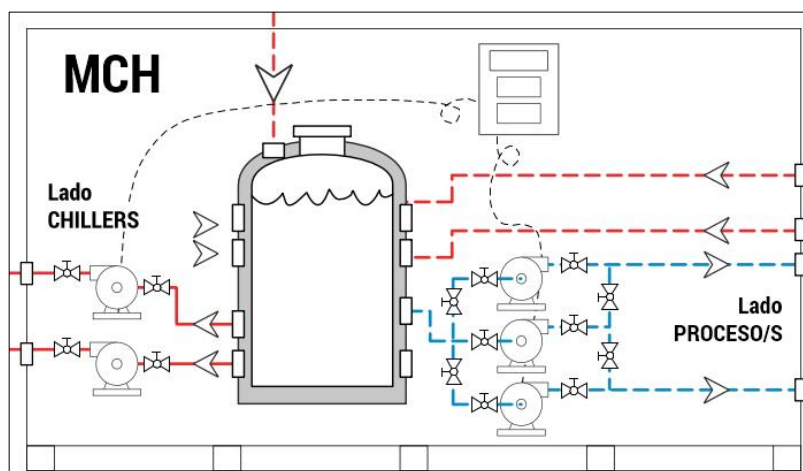
#### Servicios de refrigeración

El fluido utilizado para enfriamiento es parte de un circuito cerrado, donde se utiliza agua glicolada la cual es refrigerada a  $-5^{\circ}\text{C}$ . El circuito consiste en una bomba que transporta el fluido desde un tanque de almacenamiento hacia un chiller que refrigera el fluido y lo vuelve a depositar sobre el mismo tanque. Se dispondrá de dos chillers idénticos en paralelo para, en caso que uno de los equipos falle, el otro pueda suplirlo. En caso de un mayor requerimiento, ambos chillers podrán funcionar en simultáneo. Utilizarán como gas refrigerante algún gas permitido, normalmente utilizado para estos servicios como R-134a o R-404a.



*Equipo refrigerador*

Los circuitos de refrigeración de los intercambiadores tomarán agua glicolada refrigerada desde la parte inferior del tanque, que luego de pasar por los intercambiadores de calor depositarán el fluido caliente en la parte superior del tanque.



*Esquema del circuito*

## FINAL INTEGRACIÓN V

El agua glicolada es una mezcla de agua y etilenglicol. El glicol funciona como anticongelante que se adiciona al agua para que esta baje su punto de congelación. El punto de congelación dependerá de la proporción.



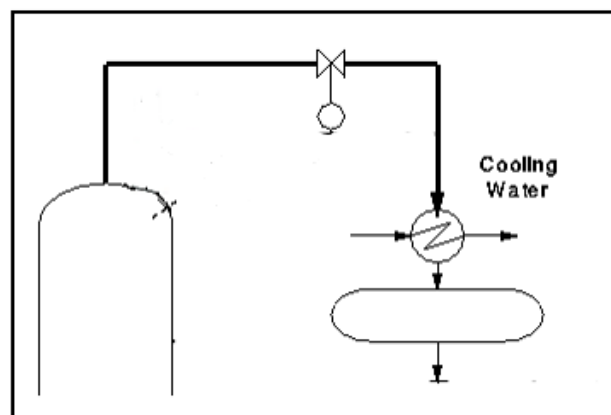
*Gráfico temperatura vs proporción de glicol*

Dependiendo la temperatura deseada es la proporción de mezcla de glicol en agua. En nuestro caso un 25% de glicol brindará protección suficiente para mantener el sistema lejos del punto de congelación. No se adiciona demás para evitar el uso excesivo e innecesario de glicol así también como para evitar el aumento excesivo de la viscosidad del fluido.

### Servicios de disipación de calor en los reactores

Para disipar el calor generado por la reacción en los reactores de óxido de etileno, se utilizará como ya se mencionó en el detalle del diseño del reactor R-201, una corriente de agua saturada a alta presión (36,7bar) de manera tal que disipe el calor de reacción mediante evaporación a temperatura constante, y así mantener la isoterminia del proceso.

Dicha agua saldrá en forma de vapor, que luego se recondenará para volver a introducirla al circuito de refrigeración de los reactores.



*Esquema de recondensación del fluido de refrigeración*

## FINAL INTEGRACIÓN V

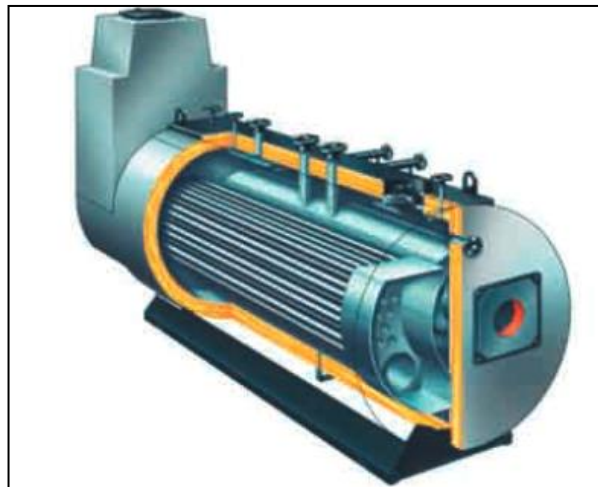
El vapor se condensará con la corriente de agua entrante para aprovechar el calor, y luego el agua terminará de ponerse a temperatura adecuada con un calentador posterior.

Adicionalmente, estos equipos tendrán un sistema de purga detallado en el capítulo correspondiente al diseño del reactor.

### Servicios de calentamiento

Se utiliza el calor latente del vapor de agua para la calefacción de los evaporadores y calentadores. Éste se obtiene a través de una caldera generadora de vapor a presión.

Se seleccionará una caldera pirotubular. Pirotubular o humotubular es aquella caldera en las que los gases de la combustión circulan por el interior de los tubos y el líquido se encuentra en un recipiente atravesado por dichos tubos. Por su diseño, tienen un gran volumen de agua. Dicho volumen les permite adaptarse mejor a las variaciones de la instalación que las calderas acuotubulares. El vapor producido por las misma suele tener un título de vapor cercano al 1, es decir, que el contenido de agua por unidad de masa es bajo (3%), no siendo necesario instalar equipos auxiliares complementarios. Las exigencias de la calidad del agua de alimentación son menores a las requeridas por las calderas acuotubulares.



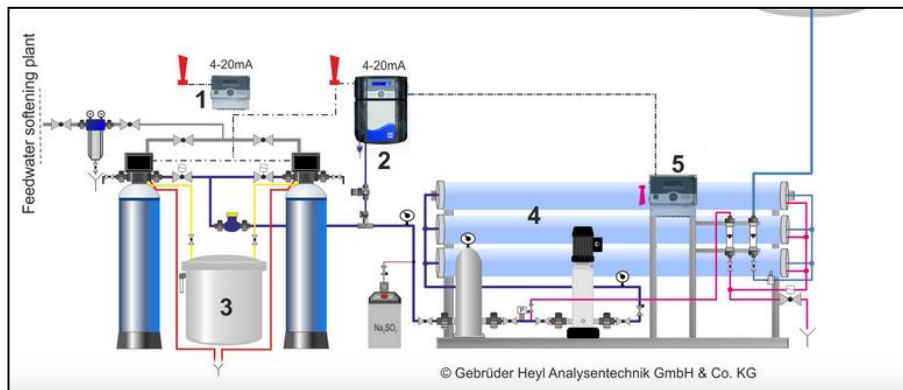
*Caldera pirotubular de vapor*

### Tratamiento de agua de alimentación

El agua de alimentación a la caldera tendrá el mismo tratamiento que la que se utilizará para enfriar a temperatura constante la reacción mediante evaporación en la coraza de los reactores de OE.

Como se mencionó anteriormente, se tercerizará el tratamiento a una empresa especializada de tratamiento de aguas que se encargue de proveer lo que comúnmente se denomina “agua demi” más el tratamiento químico correspondiente, detallado en el capítulo del diseño del reactor de óxido de etileno R-201.

## FINAL INTEGRACIÓN V



*Esquema de planta de ablandamiento de agua por osmosis inversa*

### Aire comprimido

Para asegurar el suministro de aire a presión se instalarán compresores. El aire será necesario para el correcto funcionamiento de válvulas, instrumentos, bombas, y otros equipos.

Se optará por la instalación de compresores a tornillo, que brindan algunas ventajas como

- Flujo de aire constante, lo que permite que su rendimiento sea mayor.
- Gran capacidad, lo que hace permite conectar varias herramientas y equipos a este tipo de compresor.
- Regulación de la presión en el tiempo durante el mismo trabajo, ya que permite planificar el trabajo lo que hace que la velocidad pueda variar según tu necesidad.



*Equipo compresor a tornillo*

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Energía eléctrica

El servicio de energía eléctrica será comprado al parque industrial, el cual dispone de una subestación eléctrica.

Teniendo en cuenta la complejidad y peligrosidad de la planta, y considerando que es un proceso continuo complejo, se considerará instalar generadores independientes, con el único objetivo de operar en caso que la red eléctrica externa falle.



*Equipo generador eléctrico*

---

### *PUESTA EN MARCHA*

---

#### Introducción

La puesta en marcha es el proceso de arranque, regulación y equilibrado de los equipos y sistemas de forma planificada, y el momento de verificar que las fases anteriores de diseño y montaje se han ejecutado de manera correcta. Se trata de un proceso crítico que determinará si el diseño de la planta ha sido el adecuado. Un correcto proceso de puesta en marcha debe detectar y solucionar errores cometidos en las fases de montaje.

Para una correcta puesta en marcha, es necesario que se realice con pautas bien estructuradas. El proceso se dividirá en tres etapas:

- 1) Comprobación del correcto funcionamiento de todos los equipos e instrumentos.
- 2) Habilitación de los servicios auxiliares de la planta. Este punto es fundamental para que los equipos funcionen correctamente.
- 3) Realización de la puesta en marcha propiamente dicha, donde se realiza un protocolo específico para cada equipo.

Existen tres momentos en los cuales se desarrollan puestas en marchas.

- ✚ Al inicio de la producción desde cero.
- ✚ Luego de una parada planificada (generalmente por razones de mantenimiento).
- ✚ Luego de una parada de emergencia.

Tanto la puesta en marcha desde cero como luego de una parada planificada tienen una situación similar. En cambio el arranque luego de una parada de emergencia es una situación más compleja ya que se realizará en función de la razón del fallo pudiendo ocurrir debido a uno o múltiples factores. Por lo tanto, en este apartado solo nos basaremos en la puesta en marcha inicial.

#### Acciones previas a la puesta en marcha.

Antes de la puesta en marcha es necesario realizar una serie de tareas previas para verificar que todo está preparado y organizado de manera tal de minimizar los problemas que puedan surgir.

##### **1) Organización:**

- ✓ Organización del personal y de los turnos.
- ✓ Disponibilidad de los proveedores.
- ✓ Stock de materiales.
- ✓ Comprobación de equipos, instrumentos y accesorios correspondientes a la documentación.



## FINAL INTEGRACIÓN V

- ✓ Comprobación y actualización de los protocolos utilizados.

### 2) Inspección:

- ✓ Inspección visual del interior de los equipos y tanques.
- ✓ Inspección visual y comprobación del correcto etiquetado de las tuberías y de todos los accesorios.
- ✓ Comprobación de la configuración de la instrumentación y elementos de software.
- ✓ Inspección visual y comprobación de la conexión y la señal del cableado.
- ✓ Inspección visual de los aislantes.
- ✓ Inspección visual y comprobación del correcto uso de las estructuras de los diferentes equipos y líneas del proceso.
- ✓ Comprobación del nivel del sistema contra incendios y del número de extintores necesarios en la planta.
- ✓ Comprobación de la correcta señalización de riesgos en la planta.
- ✓ Comprobación de las medidas anticorrosivas de cada equipo y línea del proceso.
- ✓ Comprobación, en las zonas donde se requieran, de los materiales de protección de los trabajadores.
- ✓ Comprobación del estado general de la planta.

### 3) Pruebas:

- ✓ Pruebas de presión en equipos y tuberías.
- ✓ Pruebas de estanqueidad en los equipos.
- ✓ Pruebas de paso y continuidad del fluido por las tuberías.
- ✓ Comprobación del funcionamiento y de la rotación de los motores eléctricos.
- ✓ Revisión de fugas y comprobación del funcionamiento de la estación de bombeo del sistema contraincendios.
- ✓ Pruebas de la instrumentación y el control.
- ✓ Prueba del sistema eléctrico de la planta.

### 4) Mantenimiento:

- ✓ Calibración de la instrumentación necesaria.
- ✓ Sustitución de equipos, accesorios e instrumentos que lo requieran.
- ✓ Limpieza de los equipos.
- ✓ Disposición del taller con todas las herramientas disponibles.



### Equipos de proceso

#### **Limpieza y soplado de equipos**

En primer lugar, se efectuará un soplado de las cañerías mediante vapor, aire comprimido o agua. Para esto se desconectarán las terminales y se soplarán con alguno de los fluidos indicados. Esto tiene por objeto eliminar el polvo y partículas metálicas o de soldadura que puedan haber quedado en el interior durante el periodo de construcción.

Enseguida se desarman las carcasas de las bombas para proceder a su limpieza interior y lo mismo se procede con equipos similares.

#### **Pruebas hidráulicas y de presión**

Las pruebas hidráulicas consisten en la introducción de una mezcla de agua y pigmento o gas (según corresponda) por todo el circuito de tuberías de la planta, de esta manera se consigue localizar con facilidad la presencia de fugas, poros y errores en las soldaduras de tuberías, uniones, válvulas, bombas y accesorios.

Las pruebas hidráulicas también permiten comprobar que los equipos que tienen que soportar peso no sufren vibraciones o deformaciones mecánicas durante la operación.

El propósito de estas pruebas es recoger datos relacionados con el análisis mecánico de parámetros que puedan ser potencialmente peligrosos para el sistema, como la vibración o las deformaciones durante las pruebas efectuadas. Estas pruebas solamente se llevan a cabo después de la construcción de la planta para comprobar que todas las unidades del proceso y áreas implicadas funcionen adecuadamente.

Es importante que una vez terminadas las mismas se purgue cada línea totalmente y se seque el circuito del proceso con aire, ya que podrían producirse problemas de contaminación o incompatibilidades en el proceso de puesta en marcha con los fluidos del proceso.

Finalmente, las pruebas de presión son similares a las hidráulicas, aunque consisten en el paso de un gas seco, en este caso aire, para comprobar que los equipos del proceso cumplen estrictamente las condiciones de presión máxima generadas y garantizan la seguridad y condición mecánica estipulada en el diseño.

En el caso de los equipos que trabajarán a presión, estos se llenarán de agua y con una bomba hidráulica de mano se aumenta la presión hasta los límites de prueba. Se deja durante varias horas y se observa la disminución de la misma. Si esta pérdida es menor a 2 psi por hora, el equipo es aceptado, en caso contrario hay que investigar la causa de estas pérdidas.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### **Puesta a punto de bombas y compresores**

Para realizar las pruebas correspondientes y poner en marcha las bombas centrífugas, será necesario que el eje interno de la bomba esté totalmente inundado. Esto se consigue abriendo completamente la válvula de compuerta de aspiración, aflojando la tuerca de purga de aire y esperar a que tanto la tubería de aspiración como el cuerpo de la bomba estén totalmente llenos con el fluido a bombear para, a continuación, cerrar nuevamente la rosca de purga de la bomba.

En caso de una aspiración negativa se emplearán métodos alternativos de cebado, como llenar la tubería y la bomba con una fuente de alimentación externa del fluido conectada al orificio de cebado y aflojando el tapón de purga.

En cuanto a los equipos de compresión se requiere abrir la válvula de purgados que incorporan en el depósito que presentan y abrir el regulador de gas de salida. Seguidamente el compresor desprenderá aire por la salida y por la válvula de purgados: hay que mantenerlo en funcionamiento unos minutos para que las impurezas que pueda haber salgan durante este procedimiento. A continuación, se tiene que realizar la conexión con su respectiva salida de aire y esperar hasta que el depósito de aire esté totalmente cargado y verificar que se detiene al llegar a la presión máxima.

### **Calibración de los instrumentos de control**

Esta operación se efectúa en forma paralela a las otras pruebas, aprovechando que el equipo está en funcionamiento y tiene por objeto efectuar los ajustes correspondientes a fin de que controlen la operación de acuerdo a lo especificado.

Cómo en las pruebas se pueden variar los diferentes parámetros sin afectar al proceso, se puede verificar el funcionamiento en diversos rangos y sometiéndolos a una comparación con instrumentos patrones, lo que permite una regulación muy precisa y fina.

### **Puesta en marcha de servicios auxiliares.**

Los primeros sistemas que se pondrán en marcha son los servicios auxiliares ya que todo el proceso productivo depende de ellos. Se establece a continuación el orden secuencial de puesta en marcha de los servicios y equipos auxiliares.

- 1) **Sistema eléctrico:** se debe habilitar el suministro eléctrico de la planta, encender los cuadros eléctricos de la planta de producción y luego, comprobar que cada sector reciba un correcto suministro eléctrico.
- 2) **Aire comprimido:** se deben poner en marcha todos los compresores de aire y comprobar que el aire llegue a las válvulas y no hay pérdida de presión elevada.

## FINAL INTEGRACIÓN V

- 3) **Agua de red de incendio:** se debe comprobar el correcto funcionamiento del sistema contra incendios de la planta y la capacidad de llegar a todos los puntos de suministro.
- 4) **Agua de red:** se debe abrir la entrada del agua de red a la planta, llenar los tanques pulmón y comprobar que no haya fugas.
- 5) **Gas natural:** se debe abrir la válvula de entrada de gas natural y comprobar el correcto suministro de gas natural en la caldera y en la corriente F003.
- 6) **Agua de proceso:** se deben poner en marcha todos los equipos de tratamiento de agua cruda para producir el tipo de agua requerida en el proceso y el agua desmineralizada para la caldera.
- 7) **Calderas:** se debe poner en marcha la caldera comprobando que no haya fugas hasta llegar a la temperatura y presión necesarias del estado estacionario.
- 8) **Torres de enfriamiento:** se debe poner en marcha las torres de enfriamiento comprobando el correcto funcionamiento de los ventiladores.

### Puesta en marcha del proceso productivo.

Una vez realizada la puesta en marcha de los servicios de planta, se procederá a poner en marcha el resto de los equipos. Se realizará siguiendo el siguiente orden.

- ❖ Purga del aire de las cañerías y equipos que trabajan con gases

Se abre la válvula V-103 para realizar barrido de las cañerías con metano y así desplazar el residual de aire. De esta manera tendremos presión hasta las válvulas V-306 y V-313. Posteriormente se abrirá la válvula V-306 hasta desplazar el aire a la zona del reactor de purga. Luego abrirá la válvula V-313. Se purgará todo a la antorcha.

- ❖ Puesta en marcha de las torres de absorción

En simultáneo con la apertura de la válvula de metano V-103, se pondrán en marcha las bombas P-302 y P-303 para alimentar con agua las torres de absorción T-301 y T-701, forzando la apertura de las válvulas FV T-301-2 y FV T-701-1 al 100%. El objetivo es generar un sello hidráulico para evitar que el metano vaya a la zona del reactor de etilenglicol y torres de destilación. Una vez que las torres tengan nivel, el ingreso de agua fresca cesará y se recirculará la misma agua que se encuentra en las torres. Esto ayudará más adelante a disminuir la cantidad de producto fuera de especificación durante la puesta en marcha. Una vez que arranquen los reactores, se recirculará la misma agua hasta que se llegue a un nivel de concentración deseado de óxido de etileno. Luego se normalizará el circuito reingresando agua fresca y cortando la recirculación. El producto continuará hacia el tanque TK-401.

- ❖ Encendido de compresores

Posterior al ingreso de metano en el circuito, se encenderán los compresores C-301 y C-701 para vencer pérdida de carga en el circuito y mantenerlo a la presión de proceso.

## FINAL INTEGRACIÓN V

Posterior al ingreso del fluido térmico en el intercambiador I-001, se pondrá en marcha C-001 para que la línea de oxígeno ya se encuentre en condiciones de ingresar al proceso.

### ❖ Sistemas de intercambio calórico circuito primario de óxido de etileno

A medida que inicia la secuencia, se pondrán en marcha los circuitos de intercambio I-001, reactor R-201, intercambiador I-201 e I-301, verificando la correcta llegada de los fluidos de intercambio.

En la puesta en marcha, inicialmente el intercambiador I-101 estará fuera de servicio, por lo cual se forzará el intercambio hasta la temperatura del proceso en el intercambiador I-201. Misma compensación dará el intercambiador I-301 para refrigerar cubriendo el calor que no es llevado por el intercambiador I-101.

### ❖ Ingreso de materias primas al circuito primario de óxido de etileno

Se realizará la apertura de la válvula V-101 de manera que ingrese primero el etileno. No ingresa el oxígeno todavía para que la mezcla gaseosa no se encuentre en rango explosivo. A continuación, se abrirá la válvula V-102 para permitir el ingreso del oxígeno. Durante el estado de transición, se permitirá un exceso de metano hasta entrar en régimen de proceso. El exceso de metano suplirá los subproductos que se recirculan y mantendrá la proporción de oxígeno baja, por fuera de la explosividad. A medida que la reacción vaya sucediendo y que la composición de la corriente de recirculación tienda al estado estacionario, se irá reduciendo la proporción de metano hasta llegar a la de estado estacionario.

### ❖ Puesta a punto del reactor primario de óxido de etileno

Se abrirá la válvula V-307 (reciclo al primer reactor) forzando la válvula abierta al 100% para que la mayor parte de la salida del reactor vuelva a ingresar al mismo hasta su puesta a punto. Posteriormente, se pondrá en funcionamiento la lógica diseñada y la válvula quedará bajo el lazo de control de operación normal.

### ❖ Sistemas de intercambio calórico circuito secundario de óxido de etileno

Luego de que entre en régimen el reactor R-201, asegurar la llegada de fluido térmico al intercambiador I-701, I-702 y al reactor R-701.

### ❖ Puesta a punto del circuito secundario de óxido de etileno

Posterior a la puesta a punto del reactor primario y sistemas de intercambio térmico del circuito secundario se abre la válvula V-312 para que ingrese el oxígeno al circuito secundario. Se forzará la apertura de la válvula V-709 al 100% de manera que la mayor parte de la salida del reactor vuelva a ingresar al mismo. Pasada la puesta a punto se activará la lógica de funcionamiento de operación normal.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### ❖ Puesta en marcha del circuito de etilenglicol

Una vez que las torres de absorción dejen de recircular, enviarán el agua de absorción al TK-401. Mientras el tanque se va llenando, se pone en marcha el fluido térmico del intercambiador I-401 y del reactor R-401. Una vez que el tanque llegue a nivel se pondrá en marcha la bomba P-401.

### ❖ Puesta en régimen del reactor de etilenglicol

Cuando el tanque TK-501 tenga suficiente nivel se encenderá la bomba P-402 y se forzará la válvula V-403 abierta al 100% para que recircule la mayor parte de la mezcla reaccionante. Luego se pondrá en marcha la lógica del régimen estacionario.

### ❖ Puesta en marcha de las torres de destilación

Se pone en marcha el reboiler B-501 para que cuando pase el fluido comience a hervir. Por otro lado, asegurar la llegada de fluido térmico en el condensador D-501. En un principio, se forzará la válvula FV-T501-2 abierta al 100%, para forzar la recirculación máxima desde el condensador. Posteriormente a que entre en régimen la torre T-501 se deja de forzar de V T501-2 y se deberá volver a las condiciones de diseño de reciclo. La torre T-502 se pondrá en marcha de forma análoga como en T-501.

### ❖ Encendido de los intercambiadores de producto terminado

Mientras se ponen a punto las torres, se pondrán en régimen los fluidos térmicos de los intercambiadores I-601 e I-602, de manera tal de estar preparados para recibir y disipar la carga térmica.

### ❖ Tanques de producto terminado

El contenido de los tanques TK-601 y TK-602 en un primer momento saldrá fuera de especificación. Para evitar que ese producto llegue a las líneas de envasado, se desvía a cisternas como producto no conforme. Se buscará luego reprocesar el contenido de las cisternas para recuperar el producto y evitar así la pérdida.

### MEDIO AMBIENTE

#### Certificado de Aptitud Ambiental

El C.A.A. es un requerimiento de la **Ley 11.459** para la **radicación de industrias** en la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires.

#### PASOS A SEGUIR

##### **1** Presentación en el Municipio del Formulario de Autorización Previa

Este formulario se retira de la Subsecretaria de Ambiente y Desarrollo y es completado por el interesado y personal técnico de Subsecretaria. Una vez completado, el interesado paga una Tasa Municipal y con el comprobante de pago se dirige a la Mesa General de Entradas para caratularlo (Solicitud de Autorización Previa) en forma de expediente. Con este Expediente, el interesado tramitara el Certificado de Habilidad Municipal una vez que ha obtenido el Certificado de Aptitud Ambiental.

##### **2** Presentación del Formulario Base de Categorización

Estos formularios son bajados por Internet, completados y entregados por las empresas al municipio por el interesado y suscrito por el titular o apoderado de la firma. El Municipio, certificará la zona de emplazamiento del establecimiento, de acuerdo con lo establecido por el Decreto - Ley 8912/77 (de Ordenamiento Territorial y Uso del Suelo) y el Decreto Reglamentario 1741/9 y remitirá la documentación a la Autoridad de Aplicación, previamente caratulada (Solicitud de Categorización) en forma de expediente, en un plazo no mayor de diez (10) días.

##### **3** Proceso de Precategorización Industrial (cálculo del NCA)

Los Formularios Base para la Categorización de las industrias contienen la información de base para el cálculo del Nivel de Complejidad Ambiental (N.C.A.). Estos Formularios son analizados por Técnicos de la Subsecretaria, quienes en caso de ser necesario pueden solicitar, al interesado, información faltante o adicional mediante Acta de Inspección.

##### **4** Envío de la documentación a OPDS y obtención de la categoría industrial definitiva

Una vez que el municipio realizo la precategorización, envía la documentación al OPDS, quien revisara dicha precategorización ratificando y rectificando el dictamen emitido por el Municipio, obteniendo el establecimiento de esta forma la clasificación industrial definitiva.

En caso de ser un establecimiento de Primera o Segunda Categoría, la documentación vuelve al Municipio para la notificar al interesado y solicitarle la presentación del Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) que será evaluado por los técnicos del Municipio.

En el caso de Tercera Categoría, una vez entregado el EIA en el Municipio, se remiten las actuaciones al OPDS para su análisis



## FINAL INTEGRACIÓN V

5 La documentación vuelve al Municipio para la prosecución de los tramites

6 Solicitud de otorgamiento de Certificado de Aptitud Ambiental por la Empresa

7 Presentación del Estudio de Impacto Ambiental

8 Evaluación del Estudio de Impacto Ambiental

Sólo en caso de aprobación de la E.I.A., el Municipio podrá otorgarse el Certificado de Aptitud Ambiental del emprendimiento. El rechazo del estudio implicará la no aptitud del proyecto en el emplazamiento propuesto y la denegación del Certificado de Aptitud Ambiental. Con la obtención del mencionado Certificado el establecimiento podrá iniciar los trámites para el Certificado de Habilitación Municipal

9 Otorgamiento del Certificado de Aptitud Ambiental, si correspondiera

Para poder funcionar y obtener el Certificado de Habilitación Municipal, los establecimientos de Primera Categoría deberán presentar, bajo Declaración Jurada, una memoria descriptiva de la actividad industrial, en su máxima capacidad, con indicación de:

- 1.- Materias primas empleadas y origen de las mismas.
- 2.- Productos obtenidos.
- 3- Procesos industriales y maquinaria utilizada.
- 4.- Residuos sólidos, semisólidos, efluentes líquidos y gaseosos, si se produjeran.
- 5.- Existencia de contaminantes tóxicos o peligrosos en los ambientes de trabajo.
- 6.- Dotación de personal, clasificado por: actividades, sexo, edad y horarios.
- 7.- Identificación de los lugares y locales de trabajo que, por sus condiciones ambientales, ruidos u otros factores, puedan producir daño a la salud del personal y poblaciones aledañas, así como las medidas y elementos de protección adoptados para su corrección.

El Certificado de Aptitud Ambiental va acompañado de un Anexo en el cual se establecen una serie de condicionamientos que debe cumplir la empresa a fin de garantizar la preservación del ambiente y la salud poblacional tanto de los trabajadores como de los habitantes del predio. Estos condicionamientos están por lo general relacionados con el cumplimiento de la normativa de:

- OPDS entre los cuales figuran residuos especiales, efluentes gaseosos y aparatos sometidos a presión
- AUTORIDAD DEL AGUA
- SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL (Ley 19587 de Higiene y Seguridad Laboral)

## FINAL INTEGRACIÓN V

El cumplimiento de estos condicionamientos es verificado periódicamente por los Técnicos municipales. En caso de incumplimiento se aplicarán las sanciones correspondientes.

Para los establecimientos de Primera Categoría Industrial también se establecen condicionamientos, cuyo cumplimiento es verificado periódicamente.

El Certificado de Aptitud Ambiental tiene una vigencia de 2 años. Cumplido dicho plazo deberá presentar la Solicitud de Renovación acompañada de una Auditoría Ambiental según lo establecido.

Los establecimientos de Primera Categoría para poder funcionar deberán presentar cada dos años una Auditoría Ambiental.

### Cálculo del Nivel de Complejidad Ambiental

Todos establecimientos industriales, a instalarse o instalados en el territorio de la Provincia de Buenos Aires, deberán ser clasificados en una de las tres (3) categorías, de acuerdo con su N.C.A.

El NCA se calcula mediante la siguiente fórmula polinómica:

$$\text{N.C.A.} = \text{Ru} + \text{ER} + \text{Ri} + \text{Di} + \text{Lo}$$

- Rubro (Ru)

De acuerdo a la clasificación internacional de actividades y teniendo en cuenta las características de las materias primas que se empleen, los procesos que se utilicen y los productos elaborados, se dividen en tres grupos:

- Grupo 1: se le asigna el valor 1

- Grupo 2: se le asigna el valor 5

- **Grupo 3: se le asigna el valor 10**

*En el caso de nuestra planta, la cual se encuentra dentro de la categoría de **fabricación de sustancias y productos químicos / fabricación de materias químicas orgánicas básicas**, se considera en el grupo 3.*

- Efluentes y Residuos (ER)

Los efluentes y residuos se clasifican como de tipo 0, 1 ó 2 según el siguiente detalle:

Tipo 0: Gaseosos: componentes naturales del aire (incluido vapor de agua); gases de combustión de gas natural; Líquidos: agua sin aditivos; lavado de planta de establecimientos del Rubro 1, a temperatura ambiente y Sólidos y Semisólidos: asimilables a domiciliarios.



## FINAL INTEGRACIÓN V

Tipo 1: Gaseosos: gases de combustión de hidrocarburos líquidos; Líquidos: agua de proceso con aditivos y agua de lavado que no contengan residuos especiales ó que no pudiesen generar residuos especiales. Provenientes de plantas de tratamiento en condiciones óptimas de funcionamiento y Sólidos y Semisólidos: resultantes del tratamiento de efluentes líquidos del tipo 0 y/o 1. Otros que no contengan residuos especiales ó de establecimientos que no pudiesen generar residuos especiales.

Tipo 2: Gaseosos: Todos los no comprendidos en los tipos 0 y 1; Líquidos: con residuos especiales, ó que pudiesen generar residuos especiales. Que posean o deban poseer más de un tratamiento y Sólidos y/o Semisólidos: que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen generar residuos especiales.

De acuerdo con el tipo de Efluentes y residuos generados, el parámetro ER adoptará los siguientes valores:

Tipo 0: se le asigna el valor 0

Tipo 1: se le asigna el valor 3

**Tipo 2: se le asigna el valor 6**

En aquellos casos en que los efluentes y residuos generados en el establecimiento correspondan a una combinación de más de un Tipo, se le asignará el Tipo de mayor valor numérico.

*Debido a que el proceso genera residuos especiales, se considera de tipo 2.*

- Riesgos (Ri)

Los riesgos potenciales de la actividad, a saber: incendio, explosión, químico, acústico y por aparatos a presión, asignando 1 punto por cada uno.

*En función de la materia prima (metano y etileno) nuestro proceso presenta riesgos potenciales de incendio y explosión.*

*Debido al funcionamiento de los equipos consideramos riesgos acústicos.*

*La primera parte del proceso se encuentra a 20 bar por lo que el proceso presenta aparatos sometidos a presión.*

*Según la normativa vigente, nuestro proceso presenta riesgo químico.*

*Por lo anterior, el valor adoptado por riesgos potenciales es de cinco.*

- Dimensión (Di)

La dimensión del emprendimiento, considerando la dotación de personal, la potencia instalada y la superficie.



### Cantidad de personal

- Hasta 15: adopta el valor 0
- Entre 16 y 50: adopta el valor 1
- **Entre 51 y 150: adopta el valor 2**
- Entre 151 y 500: adopta el valor 3
- Más de 500: adopta el valor 4

*Debido a que la mayoría del proceso se encontrará automatizado, se considera como cantidad de personal (sin terceros) entre 51 y 150. Por lo anterior, el valor relacionado es de dos.*

### Potencia instalada (en HP)

- Hasta 50: adopta el valor 0
- De 51 a 200: adopta el valor 1
- De 201 a 500: adopta el valor 2
- De 501 a 1000: adopta el valor de 3
- De 1001 a 2000: adopta el valor de 4
- **Mayor de 2000: adopta el valor 5**

*Se estima un valor de potencia instalada mayor a 20000 HP, por lo que el valor relacionado es de cinco.*

### Relación entre Superficie cubierta y Superficie total

- Hasta 0,2: adopta el valor 0
- **De 0,21 hasta 0,5 adopta el valor 1**
- De 0,51 a 0,81 adopta el valor 2
- De 0,81 a 1,0 adopta el valor 3

*Teniendo en cuenta que parte del terreno se dispone para estacionamiento, calles y sendas peatonales, se asume un valor estimado de la relación superficie cubierta / superficie total dentro del intervalo 0,21 – 0,50, por lo que el valor relacionado es uno.*

*Por lo anterior, el valor relacionado a la dimensión es de 8 puntos.*

## FINAL INTEGRACIÓN V

- Localización (Lo)

A los efectos de establecer las zonas aptas para la instalación de establecimientos industriales, el Artículo 40 del Decreto Reglamentario 1741/96 de la Ley 11459 de Radicación Industrial se establece 5 zonas.

Zona A: Corresponde a Residencial exclusiva y no se permite la instalación de establecimientos industriales.

Zona B: Corresponde a Residencial mixta y solo se permite la instalación de establecimientos industriales de Primera Categoría.

Zona C: Corresponde a Industrial mixta y solo se permite la instalación de establecimientos industriales de Primera y Segunda Categoría.

Zona D: Corresponde a Industrial exclusiva se permite la instalación de establecimientos industriales de Primera, Segunda y Tercera Categoría.

Zona E: Corresponde a Rural solo se permitirá la instalación de aquellos establecimientos cuyos procesos industriales involucren materias primas derivadas en forma directa de la actividad minera o agropecuaria.

Zona

- **Parque industrial: adopta el valor 0**
- Industrial Exclusiva y Rural: adopta el valor 1
- El resto de las zonas: adopta el valor 2

Infraestructura de servicios de Agua, Cloaca, Energía eléctrica y Gas

Por la carencia de cada uno de ellos se asigna 0,5

*El emplazamiento de nuestra planta se encuentra en el **Parque Industrial Bahía Blanca**, el cual cuenta con los servicios de Agua, Cloaca, Energía eléctrica y Gas, por lo que adopta un valor de cero.*

### Categorías

$$\text{N.C.A.} = 10 + 6 + 5 + 8 + 0 = 29$$

*Como el valor obtenido es **mayor a 25 puntos**, la planta se encuadra dentro de la **tercera categoría**.*

PRIMERA CATEGORÍA: hasta 14.5 puntos

SEGUNDA CATEGORÍA: más de 14.5 y hasta 25 puntos

**TERCERA CATEGORÍA: mayor de 25 puntos**

Aquellos establecimientos que se consideran peligrosos porque elaboran y/o manipulan sustancias inflamables, corrosivas, de alta reactividad química, infecciosas, mutagénicas, carcinógenas y/o radioactivas, y/o generen residuos especiales de acuerdo con lo establecido por la Ley 11.720, que pudieran constituir un riesgo para la población circundante u ocasionar daños graves a los bienes y al medio

## FINAL INTEGRACIÓN V

ambiente, serán consideradas de tercera categoría independientemente de su Nivel de Complejidad Ambiental.

### Impactos negativos

Potenciales Impactos Negativos		Medidas Atenuantes
1	Ubicación de la planta en o cerca de los hábitats sensibles.	Ubicar la planta en un área industrial que permita el monitoreo de los efluentes.
2	Ubicación cerca de los ríos.	Las plantas que descargan líquidos no deben ubicarse en ningún río que no tenga la capacidad adecuada para absorber los desechos.
3	Problemas de contaminación atmosférica en el área local.	Se debe ubicar la planta en un área que no esté sujeta a inversiones ni atrapamiento de contaminantes, y donde los vientos predominantes se dirijan hacia las áreas relativamente despobladas.
4	Problemas con desechos sólidos en el área.	La planta debe estar cerca de un depósito de desechos; debe tener una ubicación conveniente con la finalidad de que las contratistas públicas/privadas puedan recolectar y transportar los desechos sólidos al sitio donde serán eliminados definitivamente.
		El lote debe tener un tamaño suficiente que permita eliminar los desechos en el sitio.

Potenciales Impactos Negativos		Medidas Atenuantes
5	Emisión de partículas a la atmósfera	Controlar las partículas con lavadores, filtros recolectores de tela, o precipitadores electrostáticos.
6	Liberación casual de solventes y materiales ácidos y alcalinos, que son potencialmente peligrosos;	Mantener las áreas de almacenamiento y eliminación de desechos en buen estado, de modo que se prevengan las fugas casuales.
		Utilizar equipo para mitigar derrames
		Utilizar diques o tanques de doble pared
7	Ruido	Utilizar aislamiento dentro de los edificios para los procesos o equipos que lo producen. .
8	El escurrimiento superficial de los químicos, materias primas, productos intermedios y finales, y desechos sólidos que, a menudo se guardan en pilas en el patio de la planta, puede	Se puede controlar la filtración y escurrimiento del agua de lluvia en las pilas de materiales sólidos, combustibles y desechos, utilizando cubiertas y/o contención para evitar que se contaminen las aguas freáticas y superficiales.



## FINAL INTEGRACIÓN V

contaminar las aguas superficiales o filtrarse hacia las aguas freáticas.	Las áreas represadas deben tener el tamaño suficiente, que les permita contener una lluvia normal de 24 horas.
	Recolectar y monitorear el agua lluvia antes de descargarla

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Residuos y efluentes

Nuestra planta presenta residuos sólidos, líquidos y gaseosos, provenientes tanto del proceso como de los sectores ajenos a dicho proceso productivo.

A continuación, se detallarán conceptos importantes para luego describir cada uno de los residuos generados.

**Atmósfera:** Masa de aire que rodea la tierra, debiendo considerarse dentro de los límites de la zona en cuestión.

**Aguas o cursos de aguas:** Se consideran a las de los ríos, arroyos, cañadas, lagos, lagunas, canales abiertos o cerrados, napas acuíferas y todo cuerpo de agua salada o dulce, superficial o subterránea, natural o artificial, o parte de ellos, ubicados en su territorio, incluyendo las costas.

**Contaminación:** La incorporación a los cuerpos receptores, de sustancias sólidas, líquidas, gaseosas o mezcla de ellas que alteren desfavorablemente, las condiciones naturales del mismo y/o puedan afectar la sanidad, la higiene o el bienestar público.

**Cuerpo receptor:** Constituido por la atmósfera, las aguas, zanjas, o cualquier clase de terreno o lugares similares, con o sin agua, capaces de contener, conducir o absorber los residuos sólidos, líquidos y/o gaseosos que a ellos lleguen.

**Descarga:** El acto de depositar o incorporar cualquier elemento o sustancia gaseosa, líquida, sólida o mezcla de ellas a un cuerpo receptor.

**Efluentes:** Todo residuo gaseoso, líquido, sólido o mezcla de ellos que fluye a un cuerpo receptor.

**Planta de efluentes:** Todo dispositivo, equipo o construcción destinado al tratamiento del efluente tendiente a obtener la calidad exigida en la Legislación en vigencia correspondiente.

**Red pluvial:** Instalaciones destinadas a evacuar aguas de lluvias.

**Residuo:** Todo elemento o sustancia sólida, líquida o gaseosa, que el establecimiento, descargue directa o indirectamente en un cuerpo receptor, incluyendo todo desecho humano, animal, vegetal, mineral o sintético.

**Residuo gaseoso:** Todo elemento o sustancia en estado aeriforme, o formando vapores o sistemas heterogéneos tales como nieblas, humos y polvos.

**Residuo sólido:** Todo residuo en estado sólido o semisólido.

**Residuo líquido:** Todo residuo en estado líquido.

**Sistema cloacal:** Las instalaciones destinadas a la evacuación o tratamiento de las excretas.

**Efluente de proceso:** Todo efluente proveniente del proceso productivo.

**Efluente ajeno al proceso:** Todo efluente generado fuera del proceso productivo.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Efluentes de proceso

Los residuos sólidos y efluentes líquidos o gaseosos generados en el proceso son:

- Gases de antorcha
- Agua con trazas de glicoles
- Soluciones de laboratorio
- Aceites descartados por el personal de mantenimiento.
- Trapos y guantes contaminados con aceites, grasas o algún producto químico.

### Residuos ajenos al proceso

Los residuos generados en los sectores ajenos al proceso son:

- Residuos urbanos de los comedores como alimentos, material descartable, etc.
- Tarimas de madera.
- Materiales reciclables como maderas, cartones, vidrios y tambores.
- Aguas residuales de comedores, sanitarios y vestuarios.

### Residuos especiales

El **artículo 3** de la **Ley 11.720** define a los residuos especiales de la siguiente manera.

Se entiende por **residuo** a cualquier sustancia u objeto, gaseoso (siempre que se encuentre contenido en recipientes), sólido, semisólido o líquido del cual su poseedor, productor o generador se desprenda o tenga la obligación legal de hacerlo.

Por lo que serán **residuos especiales** los que pertenezcan a cualquiera de las categorías enumeradas en el **Anexo 1**, a menos que no tenga ninguna de las características descriptas en el **Anexo 2**; y todo aquel residuo que posea sustancias o materias que figuren en el **Anexo 1** en cantidades, concentraciones a determinar por la Autoridad de Aplicación, o de naturaleza tal que directa o indirectamente representan un riesgo para la salud o el medio ambiente en general.

El **artículo 25** exige:

- Separar adecuadamente y no mezclar residuos especiales incompatibles entre sí.
- Tratar y/o disponer los residuos generados por su actividad, en sus propias instalaciones. De no ser posible deberán hacerlo en plantas de tratamientos y disposición final que preste servicios a terceros debidamente autorizadas por la Autoridad de Aplicación.

### Antorcha

Los efluentes gaseosos provenientes de las zonas de oxidación serán oxidados en la antorcha para su venteo.

Los Estándares de Emisión son válidas para las siguientes condiciones:

\* Altura de chimenea: **30 metros**.

\* Temperatura máxima: 130°C

# Temperatura operativa: **15°C**

\* Caudal máximo: 144 m<sup>3</sup>/s.

# Caudal operativo: **19 m<sup>3</sup>/h**

### Neutralización

Las soluciones utilizadas en el laboratorio se neutralizarán antes de ser destinadas a la red cloacal.

### Disposición de residuos urbanos

Los residuos generados en comedores, sanitarios y vestuarios serán separados de los residuos especiales para su retiro por terceros. Los mismos serán los responsables de su retiro, transporte y disposición final.

### Reutilización de tarimas de maderas

Las tarimas de maderas sin uso serán segregadas para reutilizarlas en el transporte de los tambores de residuos especiales o para su donación. Se debe tener en cuenta que, para tal fin, las tarimas debes estar libres de residuos y en condiciones adecuadas.

### Reciclado de materiales

Los materiales reciclables como maderas, vidrios y cartones serán segregados para tal fin. De esta manera se reduce la cantidad de residuos generados y la cantidad de materiales consumidos.

### Disposición de residuos especiales

Los residuos especiales que se disponen en depósitos para su retiro por terceros son:

- Aceites descartados por el personal de mantenimiento.
- Trapos y guantes contaminados con aceites, grasas o algún producto químico.

Los mismos serán almacenados (por separado) en IBC o tambores de 200 litros reciclados para tal fin. La empresa tercerizada para cumplir con el trabajo brindará el asesoramiento sobre las condiciones necesarias que deben tener tales recipientes así como también, será la responsable del retiro, transporte, tratamiento y disposición de los residuos especiales.





### Tratamiento del agua con trazas de glicoles

El destilado acuoso con trazas de glicoles debe llevarse a una torre de enfriamiento para obtener una corriente cuya temperatura no supere los 30°C para su vertido en el cuerpo receptor hídrico.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha determinado que es improbable que la exposición de por vida a 14 mg/L de etilenglicol en el agua potable cause efectos adversos. La primera torre de destilación de nuestro proceso genera una corriente acuosa con una concentración menor a 1ug/L. Como el valor es mucho menor de lo mencionado, no se considera la posibilidad de tratamiento.

---

### SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

---

#### Introducción

El presente trabajo no solo se basa en el estudio técnico y económico de la funcionalidad de la planta de etilenglicol, sino que también considera el cumplimiento de la Ley 19.587 / Decreto 371/79 sobre los aspectos de salud y seguridad en el trabajo. Esto aplica tanto en la operación de la planta, como durante la obra.

#### Consideraciones previas a la edificación

Dentro de los principales riesgos en la etapa de construcción podemos mencionar:

##### **Caídas por desniveles y trabajos en altura**

Pueden producirse a distinto nivel (andamios) o por tropezones y resbalones.

Mitigación: adoptar un sistema de orden y limpieza como el sistema 5 S, colocar barandas, andamios estandarizados, aplicando señalización y sistemas de cabo de vida para los trabajos en altura.

##### **Caídas por excavaciones**

Los movimientos y extracciones de tierras en el terreno para modificar adecuadamente su superficie, prepararlo para la construcción y adaptarlo a su forma definitiva, comprenden riesgos como caída del personal, desprendimientos de material como rocas o tierras, derrumbamiento del terreno o edificaciones, atrapamientos, inundaciones y vuelcos de maquinarias. Mitigación: Conocer previamente las características físicas y mecánicas del terreno (estratificación, fisuras, etc.). Seguir escrupulosamente las indicaciones e instrucciones de la Dirección de obra. Si es preciso, contar con Estudio Geológico y/o Geotécnico previo para determinar el método apropiado de protección interior en las excavaciones. Además, se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- El tipo, situación, profundidad y dimensiones de construcciones próximas que estén a una distancia igual o menor a dos veces la profundidad de la excavación.
- El nivel freático.
- Disponer de la información de los organismos públicos y compañías suministradoras que nos permita localizar las conducciones y canalizaciones de agua, gas, teléfono, saneamiento y electricidad para determinar el método de excavación y los sistemas de protección más adecuados.
- Tener siempre en cuenta que se pueden producir hundimientos y corrimientos, incluso en terrenos rocosos.
- Verificar diariamente la excavación.
- Si al excavar surgiera cualquier anomalía no prevista, se deben interrumpir los trabajos y se comunicará a la Dirección técnica.
- Presencia de recurso preventivo cuando hay riesgo grave de sepultamiento o hundimiento.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### **Proyección de partículas**

Pueden desprenderse fragmentos o partículas del material de trabajo, maquinaria o herramientas.

Mitigación: utilización de las protecciones en los equipos de trabajo en forma conjunta con los EPP para el personal.

### **Riesgo eléctrico**

Las instalaciones eléctricas de las obras de construcción suelen ser provisionales (y al aire libre) por lo que hay que tener especial cuidado con su mantenimiento.

Mitigación: realizando las instalaciones de manera estandarizada y prolija, utilizando las protecciones correspondientes (térmicas y disyuntoras).

### **Golpes contra objetos y herramientas**

Se producen de forma frecuente en las extremidades inferiores y superiores.

Mitigación: Utilización de los EPP para el personal y adoptar un sistema de orden y limpieza.

### **Aprisionamientos**

Pueden producirse con la maquinaria de trabajo, así como atropellos con vehículos de carga.

Mitigación: Generar reglas de seguridad que impidan la exposición a cargas suspendidas y intervención en equipos en automático.

### **Sobreesfuerzos**

Es uno de los riesgos principales del sector y tiene consecuencias tanto a corto como a largo plazo. En los trabajos de construcción se levantan constantemente cargas, por lo que pueden provocar lesiones musculoesqueléticas de forma aguda o crónica.

Mitigación: Difusión sobre las normas de ergonomía y utilización de equipos/herramientas adecuadas.

### **Quemaduras**

Aquellas tareas que puedan generar calor, chispas y llamas abiertas, pueden causar accidentes como iniciar un incendio o explosión. Algunos ejemplos son los trabajos de soldadura, amolado, corte, afilado y utilización de soplete de llama abierta.

Mitigación: Implementar sistemas de captación de humos y gases. Mantener el área libre y limpia de materiales combustibles en un radio no menor a 11 metros, de no ser posible retirarlos, cubrir estos materiales con lonas o mantas ignífugas. Aislar el área con señalización. De ser necesario, utilizar mamparas cortafuegos para evitar exponer al resto del personal y con el fin que la fuente de calor no pueda afectar áreas cercanas. Asegurar el uso de los elementos de protección personal.

### Consideraciones generales

#### **Mantener orden y limpieza**

Tener el material tirado por el suelo o una superficie resbaladiza por no haberla sacado puede derivar en golpes o caídas.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Capacitación continua del personal en riesgos laborales

La falta de capacitación conduce a comportamientos inseguros.

### Implementación de permisos de trabajo

La intervención de terceros sin permiso previo puede conducir a situaciones inseguras (áreas sin despejar, interferencias entre trabajos a distintos niveles, etc.).

### Coordinador de seguridad en planta

Se adopta la figura de un coordinador de seguridad, cuya función es detectar riesgos en planta, situaciones o comportamientos inseguros.

### Consideraciones de construcción

Techos	Resistentes al fuego Revestimientos inifugos
Paredes	
Soportes	
Puertas internas	
Cañerías	Fijadas a través de soportes y diseñadas para soportar las máximas condiciones de operación (presión, corrosión, etc.)
Tanques	Deben poseer protecciones para las fluctuaciones de presión, evitando que la misma se dispare de un intervalo determinado
Equipos	Protectores de partes móviles

### Prueba Hidráulica

La prueba hidráulica consiste en la verificación de las válvulas de seguridad y comprobación de inexistencia de fisuras y/o pérdidas en los aparatos sometido a presión. Para realizar este ensayo se realiza una inspección visual de los equipos, se conecta la bomba hidráulica de pistón al tanque y se eleva la presión hasta 1.5 veces la de trabajo y se mantiene la presión por media hora vigilando la evolución de la misma por el manómetro, posteriormente se inspeccionan las soldaduras y elementos estructurales como así también se verifica la ausencia de pérdidas y/o deformaciones en superficie. Una vez finalizado el tiempo de ensayo, se baja la presión y se realiza la desconexión de la bomba de prueba.

### Elementos de Protección Personal

La siguiente selección contempla la prevención de accidentes y enfermedades profesionales, así como el cumplimiento de la normativa legal vigente en lo relativo al uso obligatorio de elementos de protección personal que serán indispensables en los lugares de trabajo, los cuales serán seleccionados dependiendo del riesgo que pueda ocurrir en cada sector.

A continuación, se exponen los diferentes equipos de protección personal adoptados por la empresa, especificaciones técnicas, riesgos a cubrir y principales requisitos de los mismos.

### Casco

Brinda protección al cráneo de caídas, golpes con objetos, contacto eléctrico y salpicaduras.

En trabajos de altura o tareas expuestas a vientos fuertes se pueden adicionar las mentoneras que evitan la caída del mismo.



### Protección auditiva

#### PREMOLDEADOS



#### MOLDEABLES



#### SEMIINSERTOS



#### OREJERAS



#### OREJERAS SOBRE CASCO



Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el oído humano puede tolerar 55 decibeles sin ningún daño a su salud. Y dependiendo del tiempo de exposición, ruidos mayores a los 60 decibeles pueden provocarnos malestares físicos. Para valores mayores los protectores auditivos son equipos de protección individual que, debido a sus propiedades para la atenuación de sonido, reducen los efectos del ruido en la audición, para evitar así un daño en el oído.

### Guantes de látex

Este material es muy usado en el mundo textil por su gran elasticidad y firmeza. Los guantes de látex tienen muy buena adaptabilidad, siendo además resistente en paralelo a su grosor. Su carácter antibacteriano y antifúngico lo hacen perfecto para ser usado en el ámbito sanitario, químico y de limpieza. Material con origen natural.



### Guantes de nitrilo



El nitrilo es una fibra sintética que se suele utilizar como alternativa al látex, ya que sus propiedades son cada vez más similares y cuenta con la ventaja de no provocar reacciones alérgicas (están más extendidas en el caso del látex). El nitrilo es muy resistente a productos químicos y,

## FINAL INTEGRACIÓN V

en cierto grado, a cortes. Se usa en laboratorios y otros ámbitos expuestos a riesgos químicos y biológicos.

### Guantes de poliuretano

El poliuretano es otro tipo de fibra sintética que registra gran resistencia a los riesgos mecánicos, a pesar de ser fino. Gracias a la flexibilidad de este material, los guantes garantizan una importante maniobrabilidad, ergonomía y comodidad. Aseguran un agarre sin contratiempos en ambientes secos o húmedos.

Los guantes de poliuretano garantizan una mayor sensibilidad al tacto, por ello son muy utilizados en procesos de ensamblaje y manejo de componentes electrónicos. También son usados en la industria del automóvil, del plástico, en el sector del vidrio y del metal y para montajes, mantenimiento, entre otras aplicaciones profesionales.



### Ropa de trabajo

La vestimenta adecuada cubre la proyección de partículas, salpicaduras, contacto con sustancias o materiales calientes, condiciones ambientales de trabajo.

Debe cumplir con requisitos mínimos:

- Ser de tela flexible, que permita una fácil limpieza y desinfección y adecuada a las condiciones del puesto de trabajo.
- Ajustar bien el cuerpo del trabajador, sin perjuicio de su comodidad y facilidad de movimientos.
- Eliminar o reducir en lo posible elementos adicionales como bolsillos, bocamangas, botones, partes vueltas hacia arriba, cordones y otros, por razones higiénicas y para evitar enganches.
- No usar elementos que puedan originar un riesgo adicional de accidente como ser: corbatas, bufandas, tirantes, pulseras, cadenas, collares, anillos y otros.
- En casos especiales debe ser de tela impermeable, incombustible, de abrigo resistente a sustancias agresivas, y siempre que sea necesario se dota al trabajador de delantales, chalecos, fajas y cinturones anchos.



### Protección respiratoria

En la realización de diversas actividades, muchas veces, el aire contiene sustancias peligrosas que pueden perjudicar su salud. Se estima que uno de cada cuatro trabajadores está expuesto a sustancias tóxicas en su labor. Entre las variantes tenemos barbijos, semi - máscaras y máscaras completas.



## FINAL INTEGRACIÓN V



### Calzado

Es un equipo de protección personal de los dedos y/o planta de los pies. Está destinado a proteger al individuo de los riesgos que puedan amenazar su seguridad en su puesto de trabajo. De esta manera el profesional evitará accidentes como aplastamientos, pinchazos o golpes.



### Protección ocular

Las lesiones que afectan a los ojos y a la cara constituyen el 4 por ciento del total de los accidentes registrados en jornada laboral, según datos del Ministerio de Empleo y Seguridad Social.

A la hora de seleccionar el diseño del protector ocular o facial, hay que tener en cuenta lo siguiente:

*Impactos de partículas.* Sólo podremos usar la montura universal para protegernos frente a impactos de partículas a alta velocidad y baja energía. La montura integral se limita a impactos baja y media energía y, finalmente, para impactos a alta energía, deberemos usar sólo pantallas faciales.



*Salpicaduras y gotas de líquidos.* Las salpicaduras de líquidos requieren protección facial y sólo se usarán pantallas faciales. Las gotas de líquidos requieren hermeticidad de las cavidades oculares y por tanto únicamente son aptas las gafas de montura integral.

*Partículas de polvo (gruesas y finas) y gases.* Para este tipo de riesgo se selecciona una montura integral.



### **Protección de caídas desde altura**

Para proteger al personal de las caídas desde altura se utilizan arnés, cinturón de seguridad, etc.





## FINAL INTEGRACIÓN V

### Pictogramas de seguridad

Los pictogramas de seguridad son figuras que ayudan a mantener a salvo a las personas proveyendo información importante o con algunas prohibiciones específicas, justamente al permitirnos estar atentos a ciertos peligros.

Se utilizan símbolos de color rojo para señalar peligros físicos, verde para peligros para la salud y azules para peligros en el medio ambiente.

Se adoptan los pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) según normativa vigente.

Símbolo	Descripción
	<b>Corrosión cutánea</b> Sustancias y mezclas corrosivas para los metales. Corrosión cutánea. Lesiones oculares graves.
	<b>Químicos nocivos</b> Irritación cutánea. Toxicidad aguda (nocivo). Irritación ocular grave. Sensibilización cutánea. Toxicidad sistémica específica de órganos tras una exposición única (irritación/somnolencia o vértigo). Peligro para la capa de ozono.
	<b>Explosivos</b> Explosivos. Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente. Peróxidos orgánicos.
	<b>Gases comprimidos</b> Gases a presión.
	<b>Líquidos comburentes</b> Sólidos comburentes. Líquidos comburentes. Gases comburentes.

## FINAL INTEGRACIÓN V

	<p><b>Líquidos inflamables</b>  <b>Gases inflamables.</b>  <b>Líquidos inflamables.</b>  <b>Sólidos inflamables.</b>  <b>Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente.</b>  <b>Aerosoles.</b>  <b>Líquidos pirofóricos.</b>  <b>Sólidos pirofóricos.</b>  <b>Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo.</b>  <b>Sustancias y mezclas que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.</b>  <b>Peróxidos orgánicos.</b></p>
	<p><b>Peligro por aspiración</b>  <b>Sensibilización respiratoria.</b>  <b>Mutagenicidad en células germinales.</b>  <b>Carcinogenicidad.</b>  <b>Toxicidad para la reproducción.</b>  <b>Toxicidad sistémica específica de órganos tras exposiciones repetidas (daños).</b>  <b>Toxicidad sistémica específica de órganos tras una exposición única (daños).</b></p>
	<p><b>Peligroso para el Medio Ambiente Acuático</b>  <b>Peligro a corto plazo (agudo) para el medio ambiente acuático.</b>  <b>Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático.</b></p>
	<p><b>Toxicidad aguda</b>  <b>Toxicidad aguda (mortal/tóxico).</b></p>

### Hoja de datos de seguridad

Las hojas de datos de seguridad son documentos que contienen información detallada sobre las materias primas consumidas, productos obtenidos y sustancias peligrosas empleadas en nuestro proceso. Las mismas contemplan: propiedades físicas y químicas, información sobre la salud, seguridad, fuego y riesgos para el medio ambiente.

Aparte de la información sobre la naturaleza de una sustancia química, una FDS también debe facilitar información sobre como trabajar con ellas de una manera segura y qué hacer si hay un derrame accidental.

La información mencionada está dirigida a los trabajadores que puedan estar expuestos a las sustancias peligrosas, para el personal de Servicios de Prevención y de emergencia (por ejemplo, bomberos) quienes posiblemente limpien un derrame o un escape.

## FINAL INTEGRACIÓN V

Se adopta para las hojas de datos de seguridad los 16 apartados establecidos por el SGA según la normativa vigente (Resolución 801/2015). Estas contienen la información necesaria sobre los productos químicos, sus propiedades, información para el transporte y almacenamiento seguro y de emergencias.

Los puntos establecidos por SGA son los siguientes:

1. Identificación del producto
2. Identificación del peligro o peligros
3. Composición/información sobre los componentes
4. Primeros auxilios
5. Medidas de lucha contra incendios
6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental
7. Manipulación y almacenamiento
8. Controles de exposición/protección personal
9. Propiedades físicas y químicas
10. Estabilidad y reactividad
11. Información toxicológica
12. Información ecotoxicológica
13. Información relativa a la eliminación de productos
14. Información relativa al transporte
15. Información sobre la reglamentación
16. Otras informaciones

### Señales de seguridad

Las Señales de Seguridad, según el Ministerio de Trabajo, son una señalización que, referida a un objeto, actividad o situación determinada, proporciona una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual, según proceda en cada caso.

Hay 5 tipos de señales principales de seguridad: Señales de Obligación, Señales de Peligro, Señales de Auxilio, Señales de Prohibición y Señales de Equipos Contra incendios.

### TIPOS DE SEÑALES DE SEGURIDAD



### Gestión de la seguridad

La gestión de la seguridad es una función que mejora el rendimiento de la empresa al predecir los riesgos y amenazas operacionales, de procedimientos o bien ambientales antes de que se produzcan. La gestión de la seguridad es un proceso estratégico que

## FINAL INTEGRACIÓN V

identifica y aborda las cuestiones de seguridad tanto para los empleados como para la empresa. Es importante remarcar que además de ser un proceso preventivo, la gestión de la seguridad también corrige las deficiencias y los errores de rendimiento.

Se opta por seleccionar un sistema de gestión de la seguridad tipo OSHA, que contempla los siguientes puntos:

1. Participación de los Empleados
2. Información del Proceso
3. Evaluaciones de Riesgo
4. Procedimientos Operativos
5. Capacitación
6. Contratistas
7. Revisiones de seguridad previas a la PEM (PSSR)
8. Integridad Mecánica
9. Permisos de Trabajo (caliente)
10. Administración de Cambios
11. Reporte e Investigación de Incidentes
12. Planeamiento y Respuesta a la Emergencia
13. Auditorias de cumplimiento
14. Secretos del negocio

### Incendio

#### Tipos de fuego

Los incendios pueden tener diferentes orígenes y según este se definirá la manera de combatirlo. Los extintores son elementos de seguridad cuya finalidad es apagar el fuego. Sirven para dominar o extinguir cualquier tipo de fuego generado para evitar así su propagación. Según la fuente combustible donde esté dándose el incendio, existe un tipo de extintor adecuado.

Los extintores tienen indicaciones en sus etiquetas, en el cual indican para que tipo de fuego son aptos.



## FINAL INTEGRACIÓN V

Clase A: Fuego de materiales combustibles sólidos (madera, tejidos, papel, plástico, etc.). Para su extinción requieren de enfriamiento, o sea se elimina el componente temperatura. El agua es la sustancia extintora ideal. Se usan matafuegos Clase A, ABC o AB.

Clase B: Fuego de líquidos combustibles (pinturas, grasas, solventes, naftas, etc.). Se apagan eliminando el oxígeno o interrumpiendo la reacción en cadena que se produce durante la combustión. Se usan matafuegos BC, ABC, AFFF (espuma).

Clase C: Fuego de equipos eléctricos bajo tensión. El agente extintor no debe ser conductor de la electricidad por lo que no se pueden usar soluciones acuosas (matafuegos de agua o espuma). Se usan matafuegos Clase BC ó ABC. (Una vez cortada la corriente, se puede usar agua o extintores Clase A o espuma química AFFF).

Clase D: Fuego originado por metales inflamables. Los matafuegos cargados con agente extintor de polvo clase D, son especialmente apropiados para la protección de incendios donde haya un riesgo con metales inflamables (sodio, magnesio, potasio, entre otros).

Clase K: Fuego de aceites vegetales o grasas animales. Requieren extintores especiales para fuegos Clase K, que contienen una solución acuosa de acetato de potasio que en contacto con el fuego producen un efecto de saponificación que enfría y aísla el combustible del oxígeno.

Los elementos para la lucha contra incendios deben tener su correcta señalización (IRAM 10005) con el fin de atraer la atención rápidamente. Para el caso de los elementos contra incendio se utiliza el color rojo. A continuación, algunos ejemplos:



## FINAL INTEGRACIÓN V

Instalaciones fijas:



A su vez, las instalaciones fijas pueden ser de acción manual o automáticas.

### Prevención

La forma más importante y efectiva de combatir contra un incendio es evitarlo. Por ello es un punto vital la prevención de incendios. Teniendo en cuenta que el mayor riesgo se encuentra en el gas inflamable requerido para el proceso. El foco en la prevención contra incendios estará en evitar tener fuentes de ignición cerca del área de almacén del gas y del proceso.

Se tomarán las siguientes determinaciones:

- No se podrán estacionar vehículos dentro del área de distancia de seguridad establecida.
- No se permitirá maquinaria ni actividades que puedan constituir una fuente de peligro para el tanque de almacenamiento de gas (p. ej. soldadura o cortes) sin medidas de protección adicionales.
- Las instalaciones y la iluminación deben ser acorde a las áreas clasificadas.
  
- Estará prohibido hacer fuego, tener llamas abiertas y fumar. Se designarán áreas lejanas a los combustibles y protegidas para fumar (fumaderos).
- Se realizarán chequeos regulares de los extintores, instalaciones y dispositivos de protección contra incendios.
- Los empleados y contratistas deberán recibir instrucción periódicamente sobre cómo actuar en caso de incendio.



## FINAL INTEGRACIÓN V

### Detección

En caso que la prevención no sea suficiente, la siguiente arma en efectividad en la lucha contra incendios es la detección temprana del foco de incendio para evitar su propagación. Los sistemas de detección son instalaciones destinadas a detectar en forma anticipada el desarrollo de un incendio, dando aviso de este evento por medio de señales acústicas y luminosas de manera local o remota.

Sus componentes principales son:

- Sistemas automáticos (detectores).
- Sistemas manuales (pulsadores).
- Sala central (control a distancia de señales y dispositivos).

### Plan de emergencia y evacuación

El plan de emergencia es un conjunto de normas y procedimientos generales destinados a controlar de la mejor manera las situaciones de emergencia de la empresa. El objetivo del plan es establecer destrezas y procedimientos que les permitan a los usuarios de las instalaciones, prevenir y protegerse en casos de desastres o amenazas que pongan en peligro su integridad o de las instalaciones, teniendo determinadas las amenazas posibles y contando con la adecuada estructura organizativa e instalaciones. Se formará también una brigada de emergencia con los conocimientos especializados en situaciones de emergencia, en contacto con los servicios públicos de emergencias y con los elementos necesarios para enfrentar las mismas.

El Plan de evacuación es el capítulo más importante del plan de emergencia de una instalación. Se trata de la salida organizada de todas las personas que hay en un edificio. Esta acción siempre llevará a término cuando se considere que la causa que origina el peligro no ha desaparecido y pueden provocar que el peligro se extienda por todas las instalaciones. Se debe informar a todos los ocupantes del edificio de cómo tienen que actuar ante una emergencia y realizar simulacros periódicos con el fin de verificar la eficacia del plan de emergencia y detectar los posibles errores.

Cuando se haya dado la señal de evacuación, todos los ocupantes del establecimiento tienen que salir rápida y ordenadamente, por las vías de evacuación designadas hacia un punto de encuentro seguro designado en el plan en el que se haga un recuento de las personas que hayan abandonado el edificio.

### Identificación de cañerías

En función de la Norma IRAM 2507 se establece el siguiente sistema de seguridad para la identificación, por medio de colores y leyendas, de los fluidos conducidos por las cañerías, en los lugares terrestres de trabajo.

Se entiende por cañería a todo el sistema formado por los caños, uniones, válvulas, tapones, todas las conexiones para el cambio de dirección de la cañería y el eventual aislamiento exterior de esta última, que se emplea para la conducción de gases, líquidos, semilíquidos, vapores, polvos, plásticos, cableados eléctricos, etc.

## FINAL INTEGRACIÓN V

Las cañerías se clasifican de la siguiente forma:

- Cañerías destinadas a conducir productos de servicio (agua, vapor, combustible, etc.).
- Cañerías destinadas a conducir materias primas, productos en proceso y productos terminados.

### Cañerías destinadas a conducir productos de servicio

Las cañerías destinadas a conducir fluidos de servicio se identifican pintándolas en toda su longitud con los colores fundamentales establecidos en la siguiente tabla:

Fluido	Color
Elementos contra incendios	<b>ROJO</b>
Vapor de agua	<b>NARANJA</b>
Combustibles líquidos y gaseosos	<b>AMARILLO</b>
Aire comprimido	<b>AZUL</b>
Electricidad	<b>NEGRO</b>
Vacío	<b>CASTAÑO</b>
Agua fría	<b>VERDE</b>
Agua caliente	<b>VERDE CON FRANJAS NARANJAS</b>

En las cañerías de gran diámetro puede reemplazarse el pintado total por el pintado de franjas del color establecido en la tabla para el fluido circundante.

### Cañerías destinadas a conducir materias primas, productos en proceso y productos terminados.

Las cañerías destinadas a conducir productos terminados o en proceso de fabricación que sean inofensivos para la seguridad personal se identifican pintándolos de color gris en toda su longitud, cualquiera sea el producto que conduzcan.

Las cañerías destinadas a conducir materias primas, productos terminados o en proceso de fabricación que sean peligrosos para la seguridad personal, se identifican en la forma siguiente: Color fundamental: Se pintan de color gris en toda su longitud. Color secundario: Se pintan sobre el color fundamental franjas de color naranja.

### Franjas

Las franjas o grupos de franjas se pintan a una distancia máxima de 6 m entre sí, en los tramos rectos, a cada lado de las válvulas, de las conexiones, de los cambios de dirección de la cañería y junto a los pisos, techos o paredes que atraviese la misma.

Se debe dejar un espacio de aproximadamente 10 cm entre la boca de las válvulas o conexiones y la franja correspondiente y también entre las franjas de un mismo grupo.

El ancho de las franjas, con relación al diámetro exterior de la cañería, es establecido según la tabla siguiente:

Diámetro exterior en mm	Ancho de franja en mm
D < 50	<b>200</b>
50 < D < 150	<b>300</b>
150 < D < 250	<b>600</b>
D > 250	<b>800</b>



## FINAL INTEGRACIÓN V

### Leyendas

La identificación de los productos conducidos por las cañerías se puede completar indicando con leyendas el nombre y/o el grado de peligrosidad de los mismos.

Las leyendas se pueden pintar directamente sobre las franjas o se pueden adosar a las cañerías de pequeño diámetro por medio de carteles especiales y el color de las letras puede ser negro o blanco. La elección del color está condicionada al establecimiento de un buen contraste con el color de las franjas.

Cuando la cañería esté colocada contra una pared, las leyendas se pinta sobre el lado visible desde el lugar de trabajo; si está elevada se pintan las leyendas debajo del eje horizontal de la cañería y si esta se encuentra apartada de las paredes, se pintan las leyendas sobre sus lados visibles.

La altura de las letras con relación al diámetro exterior de la cañería es la indicada en la tabla siguiente:

Diámetro exterior en mm	Altura de leyendas en mm
20 < D < 30	<b>13</b>
30 < D < 50	<b>20</b>
50 < D < 80	<b>25</b>
80 < D < 100	<b>30</b>
100 < D < 130	<b>40</b>
130 < D < 150	<b>45</b>
150 < D < 180	<b>50</b>
180 < D < 230	<b>65</b>
230 < D < 280	<b>75</b>
D > 280	<b>80</b>

### Flechas

El sentido de circulación del fluido dentro de las cañerías, se puede identificar cuando sea necesario por medio de flechas que se pintan a cada lado de las franjas o a 10 cm de las bocas de las válvulas y conexiones.

### Identificación adicional

Se puede efectuar una identificación adicional del producto conducido por las cañerías, por medio de franjas o signos que no interfieran en la identificación establecida.

### Código de colores

Se debe exhibir, en un lugar de fácil acceso, un gráfico con el código de colores utilizado para la identificación de las cañerías.

## FINAL INTEGRACIÓN V

---

### EVALUACIÓN ECONÓMICA

---

#### Estructura organizacional

Para que una empresa alcance sus objetivos es necesario determinar una estructura organizacional que permita asignar funciones y responsabilidades a cada miembro y poder llevar a cabo el fin con el que fue creada.

Dado que cada empresa es diferente, cada una deberá optar por una estructura organizacional distinta que le ayude a alcanzar sus metas. Con lo cual, toda empresa conforme a la forma de operar debe planificar todo el proceso de sus tareas laborales y definir puestos y responsabilidades de cada una de las personas que integran la organización. De este modo, la estructura organizacional de la empresa organiza el trabajo dentro de la misma, así como también el modo de comunicación y de coordinación que se entabla entre cada puesto.

Existen diferentes tipos de estructuras organizacionales, entre las cuales se encuentran: lineal, horizontal, funcional, divisional, matricial y central. En nuestro caso optaremos por una estructura funcional, ya que este se basa fundamentalmente en las tareas que tiene que desarrollar cada jefe y su grupo de trabajo, ordenando a cada equipo en departamentos especializados.

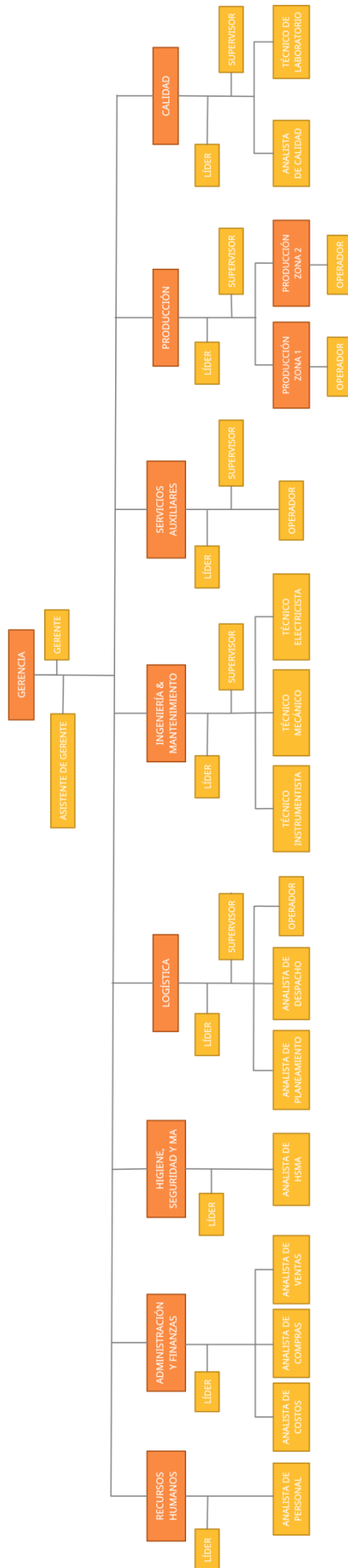
#### Organigrama

El organigrama es una representación gráfica de la estructura jerárquica y funcional de una organización, permitiendo entenderla rápidamente de manera visual. Es una herramienta que permite a las empresas entender mejor su estructura y cómo se distribuyen las funciones y responsabilidades en la cadena de mando.

Es útil para las personas que se incorporan a la empresa. Sirviendo como base en cualquier inducción de un departamento de recursos humanos.

La clave para resumir la organización en un organigrama es establecer todas las áreas principales. Es decir, aquellas de las cuales derivan las tareas. Hay muchos tipos de organigramas diferentes, entre los cuales se encuentran: organigrama analítico, circular, escalar, horizontal, informativo, funcional, lineal, matricial, mixto y vertical.

En nuestro caso lo graficaremos de manera vertical, pudiéndose observar las jerarquías de arriba hacia abajo:



## FINAL INTEGRACIÓN V

### Descripción de las funciones por departamento

A continuación se realizará la descripción de los puestos de los integrantes de cada equipo. También se incluirá la dotación de cada sector.

Áreas	Puesto	Descripción del puesto	Dotación
GERENCIA	Gerente	<p>Definir los objetivos de la compañía. Planificar los pasos necesarios a seguir para alcanzar los objetivos de la compañía. Definir el marco de trabajo, todas las acciones y procesos que deberán ponerse en marcha quedan concretados en un plan. Organizar las herramientas, los materiales y los equipos de manera tal de aprovechar los recursos disponibles, llevando adelante una correcta distribución del trabajo. Controlar, validar, verificar y ofrecer retroalimentación del avance de las acciones hacia los objetivos planteados. Establecer programas para contribuir a impulsar el crecimiento de los miembros de la organización. Apoyar la cultura empresarial inspirando y motivando a los equipos. Motivar, comunicar, guiar y alentar a los equipos.</p>	1
	Asistente de gerente	<p>Asistir a la mesa de gerencia y a la planta en general (organización de reuniones, confección de informes, seguimiento indicadores, control de presupuesto asignado, etc) Administrar el Fondo Fijo de Planta Dar de alta a proveedores Gestionar actividades vinculadas a las Relaciones Institucionales de Planta (voluntariado, atenciones / donaciones de prod., colaboración con instituciones locales, etc) Asistir al Gerente en sus contactos con organismos públicos, instituciones, empresas de la zona, etc Gestionar reserva de pasajes, hoteles, remises de personal de planta y externos Atención y acompañamiento de visitas a planta. Reporta al gerente de planta</p>	1
RECURSOS HUMANOS	Líder	<p>Participar en la selección del personal para cada sector. Asegurar que cada nuevo ingreso reciba las capacitaciones pertinentes para poder realizar sus actividades. Asesorar a los líderes y supervisores acerca de conflictos sindicales, cumplimiento de políticas y procedimientos ante situaciones específicas. Asegurar el mejor clima laboral mediante diversos estudios y análisis de indicadores. Reporta al gerente de planta.</p>	1



ADMINISTRACIÓN Y FINANZAS	Analista de recursos humanos	<p>Realizar seguimiento de vacaciones, licencias, cobro de honorarios, beneficios.</p> <p>Coordinar eventos que fomenten las buenas relaciones entre las diferentes áreas.</p> <p>Coordinar los análisis médicos anuales y de nuevos ingresos.</p> <p>Reporta al líder de recursos humanos.</p>	1
	Líder	<p>Coordinar la elaboración y el análisis de la información relacionada con los costos industriales.</p> <p>Comprender y comunicar las causas que motivan los desvíos originados, en función de los estándar definidos</p> <p>Consolidar el presupuesto de la planta correspondiente a gastos fijos, inversiones, costos unitarios y variación eficiencia, y monitorear el control presupuestario de los mismos.</p> <p>Participar en la confección y la aprobación de proyectos de inversión y en proyectos de reducción de costos.</p> <p>Reporta al gerente de planta.</p>	1
	Analista de costos	<p>Elaborar y analizar la información relacionada con los costos industriales.</p> <p>Análisis costos industriales variables y fijos</p> <p>Ejecutar los inventarios mensuales</p> <p>Dar soporte en cierres mensuales y anuales</p> <p>Elaborar análisis e informes.</p> <p>Reporta al líder de administración y finanzas.</p>	1
	Analista de compras	<p>Realizar la búsqueda, negociación, análisis de los costos de proveedores de servicios e insumos para abastecer eficientemente a la compañía.</p> <p>Analizar el consumo mensual para la compra idónea.</p> <p>Elaborar de pedidos en tiempo y forma.</p> <p>Gestionar el pago oportuno a proveedores.</p> <p>Elaborar órdenes de compra.</p> <p>Evaluar y exponer disminución de costos en el producto o servicio adquirido sin afectar la calidad del mismo.</p> <p>Mantener una relación de retroalimentación entre logística y producción.</p> <p>Reporta al líder de administración y finanzas.</p>	1
	Analista de ventas	<p>Analizar, estructurar, controlar y notificar sobre las actividades relacionadas a la administración de las ventas</p> <p>Responsabilizarse de la facturación, de acuerdo con los lineamientos del líder.</p> <p>Desarrollar canales de ventas para la industria y abrir canales a los agentes de ventas, así como ser intermediario en cuestiones administrativas.</p> <p>Brindar apoyo en el mantenimiento de información y en la realización de reportes de la cartera de clientes, para la toma decisiones, tácticas, estratégicas y comerciales alineadas al objetivo de la empresa.</p> <p>Reporta al líder de administración y finanzas.</p>	1



HIGIENE, SEGURIDAD Y MEDIOAMBIENTE	Líder	<p>Asegurar la gestión sustentable de la seguridad y el medioambiente en toda la planta tanto para personal propio como contratistas.</p> <p>Gestionar el cumplimiento de los requisitos legales aplicables a planta, dando seguimiento y acciones de avance.</p> <p>Realizar monitoreo de gestión de permisos de trabajo.</p> <p>Gestionar la información para elaborar informes mensuales</p> <p>Realizar el monitoreo de los indicadores de los principales procesos de HSMA y generar acciones para su cumplimiento.</p> <p>Gestionar auditorías sectoriales de segregación de productos y adhesión a los estándares de seguridad de la planta.</p> <p>Reporta al gerente de planta.</p>	1
	Analista de HSMA	<p>Monitorear el cumplimiento de los requisitos legales y el estado de avance en los pendientes.</p> <p>Identificar oportunidades de mejora en la gestión de los recursos naturales.</p> <p>Gestionar la correcta segregación de residuos y subproductos.</p> <p>Realizar inducciones de seguridad a los nuevos ingresos.</p> <p>Confeccionar reporte y análisis en caso de que ocurran no conformidades ambientales.</p> <p>Coordinar simulacros.</p> <p>Realizar plan de capacitación anual a brigadistas.</p> <p>Llevar adelante la gestión de los EPP.</p> <p>Reporta al líder de HSMA</p>	1
	Operador	<p>Gestionar la entrega de equipos de protección personal.</p> <p>Realizar relevamiento de funcionamiento de alarmas de incendio, presencia de matafuegos e hidrantes en sectores.</p> <p>Asegurar el funcionamiento de la motobomba para incendios y asegurar stock de combustible para su uso.</p> <p>Reporta al líder de HS&amp;MA</p>	4
LOGÍSTICA	Líder	<p>Liderar el equipo de planeamiento y movimiento para garantizar la correcta programación de la producción, y la eficiente recepción y despacho del producto/insumo necesario a los clientes (externos e internos)</p> <p>Gestionar la recepción y el despachos de los insumos necesarios a las distintas líneas de producción (clientes internos).</p> <p>Gestionar el despacho del producto a los diferentes clientes (externos), garantizando el cumplimiento del contrato de carga..</p> <p>Responsable del control patrimonial del producto terminado.</p> <p>Gestionar los autoelevadores de la planta.</p> <p>Gestionar los espacios de los depósitos.</p> <p>Reporta al gerente de planta</p>	1



## FINAL INTEGRACIÓN V

	Supervisor	<p>Desarrollar y dirigir procesos logísticos y establecer planes de mejora continua para la gestión de fletes, rutas de proveedores y gestión de transportistas.</p> <p>Crear, monitorear e informar sobre indicadores clave de desempeño logístico semanal y mensual.</p> <p>Supervisar las actuaciones de logística e implementar las acciones de mejora necesarias de manera coordinada con otras funciones de la planta (Calidad, Producción, Eficiencia del Sistema, etc.)</p> <p>Evaluar constante y objetivamente el desempeño de los miembros de equipo, corrigiendo desvíos de comportamiento y resultados, detectando las diferentes necesidades de capacitación y formación.</p> <p>Reporta al líder de logística.</p>	4
	Analista de planeamiento	<p>Confeccionar los requerimientos de materias primas productivas e insumos de los diferentes sectores.</p> <p>Activar y asegurar los niveles de reserva de reposición de insumos a lo largo de toda la cadena de suministros.</p> <p>Controlar el seguimiento de ingreso de camiones de insumos y materias primas a la Planta.</p> <p>Administrar, actualizar y controlar los parámetros en el Sistema de Planificación.</p> <p>Confeccionar programa de producción según los requerimientos de los clientes.</p> <p>Reporta al líder de logística.</p>	1
	Analista de despacho	<p>Coordinar el despacho del producto terminado en tiempo y forma para el aprovechamiento eficiente de los depósitos.</p> <p>Coordinar los transportes de producto terminado.</p> <p>Administrar adecuadamente los espacios en los depósitos.</p> <p>Auditar aspectos de 5s en el sector mediante recorridas periódicas.</p> <p>Reporta al líder de logística.</p>	1
	Operador	<p>Preparar los pedidos de producto terminado.</p> <p>Recepcionar las materias primas e insumos recibido en la planta.</p> <p>Actualizar el stock de los insumos que se consumen.</p> <p>Realizar controles de pesada e ingreso y egreso de camiones.</p> <p>Reporta al supervisor de logística.</p>	12





INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO	Líder	<p>Desarrollar e implementar los procesos de mantenimiento bajo los lineamientos estratégicos y metodológicos establecidos por la compañía sobre todos los activos de la planta, garantizando su máxima disponibilidad, asegurando sus condiciones óptimas de operación y logrando la máxima eficiencia en costos de mantenimiento.</p> <p>Asegurar la correcta gestión de los equipos críticos, gestión de repuestos, mantenimiento preventivo básico y mantenimiento predictivo.</p> <p>Custodiar la correcta implementación del ciclo completo de planificación y programación de mantenimiento (largo y mediano plazo, semanal y diario).</p> <p>Realizar la gestión presupuestaria del gasto de mantenimiento y monitorear el avance del mismo analizando y acordando planes de acción frente a desvíos en conjunto con el resto de las áreas de la Planta.</p> <p>Responsable por la gestión del almacén de repuestos de planta asegurando los estándares de 5S requeridos y la confiabilidad de inventario del mismo</p> <p>Brindar soporte en el desarrollo de Políticas de Stock de Repuestos, definiendo necesidades de movimiento</p> <p>Reporta al gerente de planta</p>	1
	Supervisor	<p>Control y supervisión de los técnicos.</p> <p>Participar en la realización del cronograma de tareas de mantenimiento en el corto, mediano y largo plazo.</p> <p>Asegurar la realización de las tareas correctivas planeadas, como así también las acciones que surgen durante el turno.</p> <p>Gestionar el stock de repuestos en el pañol, generar ordenes de compras necesarias para mantener el stock mínimo de insumos.</p> <p>Asegurar la realización de las tareas de mantenimiento predictivas.</p> <p>Reporta el líder de ingeniería y mantenimiento.</p>	4
	Técnico mecánico	<p>Realizar mantenimiento mecánico predictivo y correctivo de todas las máquinas instaladas en planta, en todas las áreas.</p> <p>Manejar equipos mecánicos tales como tornos, soldadores y máquinas especiales.</p> <p>Realizar la lubricación según rutina en los diferentes equipos.</p> <p>Reporta al supervisor de ingeniería y mantenimiento.</p>	16
	Técnico electricista	<p>Realizar mantenimiento preventivo y predictivo eléctrico de equipos e instrumentos portátiles y herramientas específicas del sector y de las otras áreas.</p> <p>Reporta al supervisor de ingeniería y mantenimiento.</p>	16
	Técnico instrumentista	<p>Realizar mantenimiento preventivo y predictivo Instrumental de Equipos e Instrumentos portátiles y herramientas específicas del sector y de las otras áreas.</p> <p>Realizar calibraciones según rutina de equipos.</p> <p>Reporta al supervisor de ingeniería y mantenimiento.</p>	8





PRODUCCIÓN	Líder	<p>Controlar el flujo de materiales a lo largo de cada una de las etapas productivas.</p> <p>Participar en el planeamiento de la producción.</p> <p>Realizar seguimiento de indicadores de cumplimiento de programa de producción.</p> <p>Realizar análisis de desvíos cuando hayan incumplimientos en tiempos de producción.</p> <p>Coordinar las áreas productivas.</p> <p>Reporta al gerente de planta.</p>	1
	Supervisor	<p>Ejecutar el plan de producción de acuerdo con especificaciones y procedimientos, cumpliendo la productividad.</p> <p>Optimizar los tiempos de producción, reduciendo tiempos muertos.</p> <p>Disminuir y controlar las mermas del proceso de producción.</p> <p>Participar en la gestión de los indicadores de producción.</p> <p>Reporta al líder de producción.</p>	12
	Operador	<p>Realizar seguimiento de todos los parámetros como niveles, presiones y temperaturas en las diferentes etapas del proceso, de modo de asegurar la continua operación y producción.</p> <p>Controlar y mantener las condiciones operativas adecuadas en todos los equipos y cañerías de planta.</p> <p>Mantener el orden y la limpieza en los sectores productivos.</p> <p>Reporta al supervisor de producción</p>	16
CALIDAD	Líder	<p>Garantizar que los productos fabricados cumplan con los estándares establecidos.</p> <p>Asegurar que la planta y los proveedores cumplan con el sistema de calidad.</p> <p>Fomentar la cultura de calidad en la empresa.</p> <p>Capacitar continuamente al equipo en el sistema de calidad.</p> <p>Dar seguimiento a las no conformidades para encontrar la causa raíz y erradicarla, de modo que no vuelva a ocurrir.</p> <p>Reporta al gerente de planta.</p>	1
	Supervisor	<p>Garantizar que los operadores realicen los muestreos en el tiempo indicado, aplicando las técnicas en cada punto de muestro.</p> <p>Implementar políticas y procedimientos de calidad.</p> <p>Realizar evaluación continua de los estándares de calidad.</p> <p>Realizar revisiones de ingeniería de calidad de la documentación de diseño para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos.</p> <p>Reporta al líder de calidad.</p>	4



## FINAL INTEGRACIÓN V

	Analista de calidad	<p>Analizar los KPIs de calidad y monitorear los planes de acción para la mejora de la calidad.</p> <p>Coordinar las auditorías e inspecciones externas para obtener las certificaciones necesarias que permitan a la planta continuar fabricando productos con calidad; así como también coordinar la ejecución del programa de auditorías internas, auditorías de fabricación y de líneas para identificar y corregir las áreas de oportunidad de la planta.</p> <p>Fomentar la relación entre los sectores para cumplir con los estándares de calidad y procurar que cada miembro de los equipos conozca como influye en la calidad del producto final a lo largo del proceso productivo.</p> <p>Reporta al líder de calidad.</p>	8
	Técnico de Laboratorio	<p>Realizar los análisis de las materias primas, productos intermedios y producto terminado.</p> <p>Relevar stock de insumos de laboratorio.</p> <p>Reportar los resultados y colaborar en los análisis de causas de desvíos.</p> <p>Reporta al líder de calidad.</p>	4
	Operador	<p>Realizar el muestreo en los diferentes puntos del proceso productivo.</p> <p>Colaborar en análisis de desvíos.</p> <p>Reporta al Supervisor de calidad</p>	8
SERVICIOS AUXILIARES	Líder	<p>Proveer energía y fluidos para la planta cumpliendo todos los requisitos de seguridad, calidad y medio ambiente, de la forma más eficiente posible, y asegurar que la descarga del efluente cumpla con los requisitos legales.</p> <p>Reporta al gerente de planta.</p>	1
	Supervisor	<p>Asegurar que el equipo ejecute la rutina definida y cumpla con los estándares para la operación eficiente de los equipos de generación de fluidos necesarios para la producción de la planta.</p> <p>Monitorear los resultados de los análisis de efluente de salida.</p> <p>Participar en análisis de desvíos.</p> <p>Reporta al líder de servicios.</p>	4
	Operador	<p>Operar los equipos de los servicios auxiliares de manera eficiente, velando por el cuidado de los recursos naturales.</p> <p>Realizar seguimiento parámetros de control de los equipos para poder suministrar los fluidos necesarios acorde a la demanda de los sectores.</p> <p>Operar la planta de efluentes, asegurando que el efluente de salida cumpla con los requisitos legales.</p> <p>Operar la planta de agua, asegurando el cumplimiento de las propiedades fisicoquímicas de los diferentes tipos de agua.</p> <p>Participar de la brigada de planta.</p> <p>Reporta al supervisor de servicios.</p>	16
Total			153

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Servicios tercerizados

Existen determinados servicios que no podrán ser cubiertos con la dotación de planta, en estos casos se recurrirá a la contratación de terceros que cubrirán estos puestos laborales. De esta manera el personal contratado de planta podrá enfocarse en las tareas vinculadas a la producción de los productos para los cuales fue creada.

Dentro de los servicios se encontrarán:

Servicio de jardinería: encargado de mantener las áreas verdes de planta, corte de árboles que obstruyan el tendido eléctrico, mantenimiento de pasto corto y estanque.

Servicio de limpieza: encargado de la limpieza total de planta, desde oficinas hasta sectores productivos, gestionando los insumos necesarios para tal fin.

Servicio de comedor: encargado de la preparación de comidas para cada uno de los turnos asegurando un menú completo y balanceado. También se encargará del menú de eventos especiales.

Servicio de mantenimiento: encargado de mantener los sectores pintados y debidamente señalados, tareas de mantenimiento en oficinas.

Servicio médico: presencia de dos enfermeros por turno las 24 hs del día, médico, nutricionista y kinesiólogo asistirán en horario central.

Servicio de vigilancia y seguridad: encargado de controlar el ingreso y egreso de personal de planta, contratistas y de camiones, así como de los pesajes en balanza de los insumos y producto terminado a granel.

Servicio informático: encargado del soporte técnico y la provisión de computadoras, dispositivos periféricos, celulares, tablets, entre otras. Responsable de la instalación y funcionamiento de los sistemas de control.

Servicio de asesoría legal: encargado del asesoramiento de cuestiones legales, financieras y contables.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Esquema de turnos.

La distribución de la dotación mencionada anteriormente se realizará de la siguiente manera:

- El personal que conforma el grupo compuesto por el gerente de planta, líderes de equipo y analistas, concurrirán de lunes a viernes en el horario de 8 a 17 hs. Durante la jornada, 1 hora se encontrara destinada al almuerzo y descanso.
- Por otra parte, los supervisores, técnicos y operadores asistirán en turnos rotativos, con un esquema definido de tal manera que se pueda cumplir con la operación continua para la cual la planta fue diseñada.  
Para esto, se necesitarán 4 equipos a los cuales denominamos como: Turno A, Turno B, Turno C y Turno D.

Los turnos a cumplir estarán definidos por los siguientes horarios:

Turno M (mañana): de 5 a 13 hs.

Turno T (tarde): de 13 a 21 hs.

Turno N (noche); de 21 a 5 hs.

Según esta distribución, las jornadas serán de 7 días de trabajo laborales y 2 o 3 de descanso en función del turno en el que se encuentren.

A continuación se presentará el esquema de turnos:

Turnos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Turno A	N	N	N	N	N	N	N	F	F	T	T	T	T	T	T	T	F	F	M	M	M	M	M	M	M	M	F	F	N	N	
Turno B	F	F	T	T	T	T	T	T	F	F	M	M	M	M	M	M	F	F	F	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	F	F
Turno C	M	M	M	M	F	F	F	N	N	N	N	N	N	N	F	F	T	T	T	T	T	T	T	F	F	M	M	M	M		
Turno D	T	T	F	F	M	M	M	M	M	M	F	F	F	N	N	N	N	N	N	F	F	T	T	T	T	T	T	T	T		

### Referencias:

M	Mañana
T	Tarde
N	Noche
F	Franco

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Capital inmovilizado

El capital inmovilizado es la parte del capital empleado en la adquisición de los medios transformadores (máquinas, aparatos, inmuebles, etc.), que no puede transformarse en dinero (movilizarse). Se pierde paulatinamente por el desgaste natural debido al uso de los elementos en que está materializado.

Una de las características principales del capital inmovilizado es la de ser amortizable, el mismo será calculado a partir del método de Vian.

### Costo de equipos

La inversión a realizar para adquirir los equipos necesarios es de **U\$S 7.623.100**.

Costos equipos								
Equipo				Cantidad	Costo unitario		Costo total	
Tanque de almacenamiento de oxígeno	TK-001	Acero inoxidable	198 m3	3	U\$S	178.200	U\$S	534.600
Intercambiador de calor coraza y tubos	I-101	Acero inoxidable	375 m2	1	U\$S	400.000	U\$S	400.000
Intercambiador de calor coraza y tubos	I-201	Acero inoxidable	123 m2	1	U\$S	133.000	U\$S	133.000
Reactor catalítico acero inoxidable en tubos y acero al carbono en coraza	R-201	Acero inoxidable	108 m3	1	U\$S	2.000.000	U\$S	2.000.000
Intercambiador de calor coraza y tubos	I-301	Acero inoxidable	489 m2	1	U\$S	520.000	U\$S	520.000
Torre de absorción	T-301	Acero inoxidable	29 m3	1	U\$S	150.000	U\$S	150.000
Intercambiador de calor coraza y tubos	I-701	Acero inoxidable	54,6 m2	1	U\$S	60.000	U\$S	60.000
Reactor catalítico acero inoxidable en tubos y acero al carbono en coraza	R-701	Acero inoxidable	60,5 m3	1	U\$S	1.200.000	U\$S	1.200.000
Intercambiador de calor coraza y tubos	I-702	Acero inoxidable	126 m2	1	U\$S	130.000	U\$S	130.000
Torre de absorción	T-701	Acero inoxidable	18 m3	1	U\$S	95.000	U\$S	95.000
Tanque pulmón	TK-401	Acero inoxidable	262 m3	1	U\$S	72.000	U\$S	72.000
Intercambiador de calor coraza y tubos	I-401	Acero inoxidable	154 m2	1	U\$S	160.000	U\$S	160.000
Reactor tanque agitado continuo	R-401	Acero inoxidable	42 m3	1	U\$S	100.000	U\$S	100.000
Tanque pulmón	TK-501	Acero inoxidable	1231 m3	1	U\$S	360.000	U\$S	360.000
Torre de destilación de platos	T-501	Acero al carbono	460 m3	1	U\$S	1.000.000	U\$S	1.000.000
Torre de destilación de platos	T-502	Acero al carbono	11 m3	1	U\$S	55.000	U\$S	55.000
Intercambiador de calor coraza y tubos	I-601	Acero inoxidable	36,7 m2	1	U\$S	40.000	U\$S	40.000
Intercambiador de calor coraza y tubos	I-602	Acero inoxidable	9,76 m2	1	U\$S	10.000	U\$S	10.000
Tanque de almacenamiento de MEG	TK-601	Acero inoxidable	290 m3	2	U\$S	80.000	U\$S	160.000
Tanque de almacenamiento de DEG	TK-602	Acero inoxidable	8,31 m3	3	U\$S	2.500	U\$S	7.500
Compresor	C-301	Eléctrico	139 m3/h	3	U\$S	40.000	U\$S	120.000
Bomba centrífuga	P-401	Magnética	192 m3/h	14	U\$S	3.500	U\$S	49.000
Torre de enfriamiento	T-001	Tiro inducido	180 m3/h	1	U\$S	25.000	U\$S	25.000
Caldera	C-001	Pirotubular	30 ton/h	3	U\$S	80.000	U\$S	240.000
Antorcha tubular	A-701	Acero inoxidable	20 m3/h	1	U\$S	2.000	U\$S	2.000
Costo total de equipos							U\$S	<b>7.623.100</b>

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Costo de instalación

El costo de instalación (mano de obra, materiales, etcétera) representa una fracción del costo de adquisición de equipos que se encuentra entre el 25 y el 40%.

Considerando un valor medio de 32,5% obtenemos:

$$0,325 \cdot U\$S 7.623.100 = U\$S 2.477.508$$

### Costo de tuberías y accesorios

La inversión referida a la compra e instalación de tuberías y accesorios representa una fracción comprendida entre el 40 y 60% del costo de adquisición de equipos.

Considerando un valor medio del 50% obtenemos:

$$0,50 \cdot U\$S 7.623.100 = U\$S 3.811.550$$

### Costo de instrumentación y control

La inversión para instrumentación y control se encuentra entre el 5 y el 30% del costo de adquisición de equipos.

Teniendo en cuenta que la planta debe estar automatizada, se estima un 25% obteniendo:

$$0,25 \cdot U\$S 7.623.100 = U\$S 1.905.775$$

### Costo de aislaciones

La inversión para el aislamiento se encuentra entre el 3 y el 10% del costo de adquisición de equipos. Estimaremos un 5 % del mismo, con lo que obtenemos:

$$0,05 \cdot U\$S 7.623.100 = U\$S 381.155$$

### Costo de instalaciones eléctricas

La inversión para la instalación eléctrica representa una fracción entre el 10 y el 20% del costo de adquisición de equipos. Considerando un 15% obtenemos:

$$0,15 \cdot U\$S 7.623.100 = U\$S 1.143.465$$

### Costo de adecuación del terreno y edificación

La inversión de adecuación y edificación se encuentra entre el 10 y el 15 % del costo de adquisición de equipos. Consideramos un 15%:

$$0,15 \cdot U\$S 7.623.100 = U\$S 1.143.465$$

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Costo de servicios auxiliares

La inversión para servicios auxiliares (incendio, calefacción, refrigeración, etcétera) representa entre un 30 y un 70% del costo de adquisición de equipos. Tomando un valor del 60% obtenemos:

$$0,60 \cdot U\$S 7.623.100 = U\$S 4.573.860$$

### Costo primario

El costo primario se obtiene sumando todos los costos anteriores: **U\$S 23.059.878**

### Costo de proyecto

El costo de elaboración, gestión de compras y dirección de obras se considera en un 20% del costo primario:

$$0,20 \cdot U\$S 23.059.878 = U\$S 4.611.976$$

### Costo secundario

El costo secundario considera el costo primario y el costo del proyecto:

$$U\$S 23.059.878 + U\$S 4.611.976 = U\$S 27.671.853$$

### Costos no previstos

Los costos no previstos se estiman en un 20% del costo secundario:

$$0,20 \cdot U\$S 27.671.853 = U\$S 5.534.371$$

### Costo de adquisición del terreno

El costo del terreno se estima en **U\$S 3.631.050**

### Capital inmovilizado

La suma de todos los costos anteriores nos da el capital inmovilizado:  
**U\$S 36.837.274**

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Capital de trabajo

La definición más básica de capital de trabajo lo considera como aquellos recursos disponibles de forma inmediata o en el corto plazo que requiere la empresa para poder operar. En otras palabras, el capital de trabajo es el dinero con que se cuenta para hacer funcionar el negocio en el día a día, lo que implica el dinero suficiente para compra de mercancías, pago de salarios, de servicios públicos, arrendamientos, etc.

Un procedimiento exacto para determinar el capital de trabajo es el siguiente:

- Inventario de materias primas para un mes de trabajo.
- Inventario de productos elaborados: un mes a costo de producción.
- Cuentas por cobrar: un mes a precio de venta.
- Efectivo en caja para gastos de salarios, materias primas, suministros y otros: un mes a costo de producción.

### Costo de las materias primas para 30 días de producción

Materia Prima	Cantidad 30 d (tn)	Costo (USD/tn)	USD
Gas Natural	2888	97	279457
Oxígeno	5530	157	866542
Etileno	4896	1493	7310427
<i>Total</i>			<b>USD 8.456.426</b>

### Costo del producto elaborado en 30 días de producción

Productos terminados	Cantidad 30 d (tn)	Costo (USD/tn)	USD
Etilenglicol	7644	1675	12804467
Dietilenglicol	204	1891	385358
<i>Total</i>			<b>USD 13.189.824</b>

### Cuentas por cobrar

Productos terminados	Cantidad 30 d (tn)	Costo (USD/tn)	USD
Etilenglicol	7644	1675	12804467
Dietilenglicol	204	1891	385358
<i>Total</i>			<b>USD 13.189.824</b>

### Efectivo en caja

Se considera un 2% de facturación en los primeros 30 días de la ganancia del producto terminado:

**U\$S 263.796**

Sumando los valores anteriores se obtiene el capital de trabajo total:





Capital de trabajo	USD
Costo de las materias primas para 30 días de producción	8456426
Costo del producto elaborado en 30 días de producción.	13189824
Cuentas por cobrar	13189824
Efectivo en caja.	263796
<i>Total</i>	<b>USD 35.099.871</b>

### Presupuesto de inversión

Se obtiene como la suma del capital inmovilizado y el capital de trabajo total.

Capital inmovilizado	36837274
Capital de trabajo total	35099871
<i>Total</i>	<b>USD 71.937.145</b>

### Amortización

La amortización de un proyecto se calcula como:

$$\text{Amortización} = \frac{\text{Capital inmovilizado} - \text{Terreno}}{10}$$

$$\text{Amortización} = \frac{36.837.274 - 3631050}{10}$$

$$\text{Amortización} = \text{U\$S } \mathbf{3.320.622}$$

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Presupuesto de operación

El presupuesto de operación se encuentra compuesto por los costos de operación y los costos de producción. Dentro de estos costos se encuentran, los costos variables (son aquellos que dependen de cuanto se esté produciendo y varían con la producción), los costos fijos (aquellos que permanecen aunque no se esté produciendo) y los gastos generales de la planta (son en función de la operación de la planta).

#### **Costos variables**

Dentro de estos gastos se encuentran, los costos de las materias primas, suministros y servicios generales.

#### Materias primas

Se incluyen las cantidades de materia prima según balance de masa.

Materia Prima	Cantidad 1 año (tn)	Costo (USD/tn)	USD
Gas Natural	35134	97	3400060
Oxígeno	67277	157	10542926
Etileno	59568	1493	88943534
<i>Total</i>			<b>USD 102.886.519</b>

#### Suministros y servicios generales

En este punto se tendrá en cuenta el consumo eléctrico de los equipos instalados, el consumo eléctrico, vapor y agua de los servicios auxiliares. Además se considerará otros gastos eléctricos como lo son los aires acondicionados, la iluminación y el consumo de oficinas.

#### Consumo eléctrico de equipos y auxiliares

Consumidor	Consumo anual (kW)	Costo (USD/kW)	USD
Equipos instalados	8665958	0,06	519957
Servicio auxiliar de aire	2190000	0,06	131400
Servicio auxiliar de frío	3650000	0,06	219000
Servicio auxiliar de vapor	602250	0,06	36135
Planta de agua	2190000	0,06	131400
<i>Total</i>			<b>USD 1.037.892</b>

#### Otros consumos eléctricos

Consumidor	Consumo anual (kW)	Costo (USD/kW)	USD
Aire acondicionado	54750	0,06	3285
Iluminación	365000	0,06	21900
Oficinas	73000	0,06	4380
<i>Total</i>			<b>USD 29.565</b>

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Costo generación de vapor

Consumidor	Consumo anual (ton)	Costo (USD/ton)	USD
Vapor	683240	7,00	4782681
		<i>Total</i>	<b>USD 4.782.681</b>

Costo energético total: **U\$S 5.850.139**

### Costos fijos

#### Personal

Dentro de estos costos se encuentran los honorarios del personal de la planta. En función del organigrama definido anteriormente, se estimará el costo de mano de obra. Se considerarán 13 sueldos para incluir el aguinaldo.

Áreas	Puesto	Dotación	Sueldo ind. (ARS)	Sueldo tot (ARS)	Sueldo anual (ARS)	Sueldo anual (USD)
Gerencia	Gerente	1	380000	380000	4940000	31871
	Asistente de gerente	1	114000	114000	1482000	9561
Recursos Humanos	Líder	1	285000	285000	3705000	23903
	Analista de recursos humanos	1	114000	114000	1482000	9561
Administración y finanzas	Líder	1	285000	285000	3705000	23903
	Analista de costos	1	114000	114000	1482000	9561
	Analista de compras	1	114000	114000	1482000	9561
	Analista de ventas	1	114000	114000	1482000	9561
Higiene, seguridad y medioambiente	Líder	1	285000	285000	3705000	23903
	Analista de HSMA	1	114000	114000	1482000	9561
	Operador	5	102600	513000	6669000	43026
Logística	Líder	1	285000	285000	3705000	23903
	Supervisor	4	213750	855000	11115000	71710
	Analista de planeamiento	1	114000	114000	1482000	9561
	Analista de despacho	1	114000	114000	1482000	9561
	Operador	12	102600	1231200	16005600	103262
Ingeniería y mantenimiento	Líder	1	342000	342000	4446000	28684
	Supervisor	4	256500	1026000	13338000	86052
	Técnico mecánico	16	125400	2006400	26083200	168279
	Técnico electricista	16	125400	2006400	26083200	168279
	Técnico instrumentista	8	125400	1003200	13041600	84139
Producción	Líder	1	285000	285000	3705000	23903
	Supervisor	12	213750	2565000	33345000	215129
	Operador	16	102600	1641600	21340800	137683
Calidad	Líder	1	285000	285000	3705000	23903
	Supervisor	4	213750	855000	11115000	71710
	Analista de calidad	8	114000	912000	11856000	76490
	Técnico de Laboratorio	4	125400	501600	6520800	42070

## FINAL INTEGRACIÓN V

	Operador	8	102600	820800	10670400	68841
Servicios auxiliares	Líder	1	285000	285000	3705000	23903
	Supervisor	4	213750	855000	11115000	71710
	Operador	16	102600	1641600	21340800	137683
<i>Total</i>						<b>USD 1.850.428</b>

### Cargas sociales

El costo de las cargas sociales representa el 30% del sueldo de los empleados **U\$S 555.129.**

### Costos de mantenimiento

Se tomará el 5% del valor total de los equipos instalados (incluyendo costos relacionado a instalaciones eléctricas, instrumentación, aislaciones, tuberías y accesorios). **U\$S 1.152.994**

### Seguros e impuestos

Se tomará un valor equivalente al 2% del costo del capital inmovilizado. **U\$S 736.745**

### Gastos generales de planta

En este punto se tienen en cuenta los gastos referidos a servicios generales de planta como jardinería, mantenimiento de espacios comunes, reparaciones menores, comedor, limpieza de sectores, servicios de emergencia, servicio médico, seguridad de planta, portería y asesoramiento legal. Se tomará como un equivalente del 50% del costo de personal. **U\$S 925.214**

A modo de resumen se presentarán los gastos fijos y variables en la siguiente tabla:

<b>Costos variables</b>	
Materias primas	USD 102.886.519
Consumos energéticos	USD 5.850.139
<i>Total</i>	<b>USD 151.050.002</b>
<b>Costos fijos</b>	
Personal	USD 1.850.428
Cargas sociales	USD 555.129
Costos de mantenimiento	USD 1.152.994
Seguros e impuestos	USD 736.745
Costos generales	USD 925.214
<i>Total</i>	<b>USD 4.747.115</b>

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Punto de equilibrio

El punto de equilibrio es el punto en el cual los ingresos igualan a las ventas, en otras palabras, es el punto que determina el nivel de ventas que cubre los costos totales. Al cubrir los costos y llegar al punto de equilibrio, la empresa puede ubicarse por encima de él y comenzar a obtener beneficios positivos.

Este punto se obtiene definiendo los ingresos y egresos anuales de la empresa, a través de las siguientes ecuaciones se podrán obtener estos valores:

$$V_T = P * V_U$$

Donde:

$V_T$ : valor de las ventas (U\$\$/año)

$P$ : producción anual (ton/año)

$V$ : valor de la venta por unidad, en este caso toneladas (U\$\$/ton)

$$C_T = C_F + (C_V * P)$$

Donde:

$C_T$ : costo total anual (U\$\$/año)

$C_F$ : costos fijos (U\$\$/año)

$C_V$ : costos variables (U\$\$/ton producida)

$P$ : producción anual (ton/año)

El valor en el cual se produce el equilibrio es cuando las ventas totales se igualan a los costos, es decir cuándo:

$$P * V_U = C_F + (C_V * P)$$

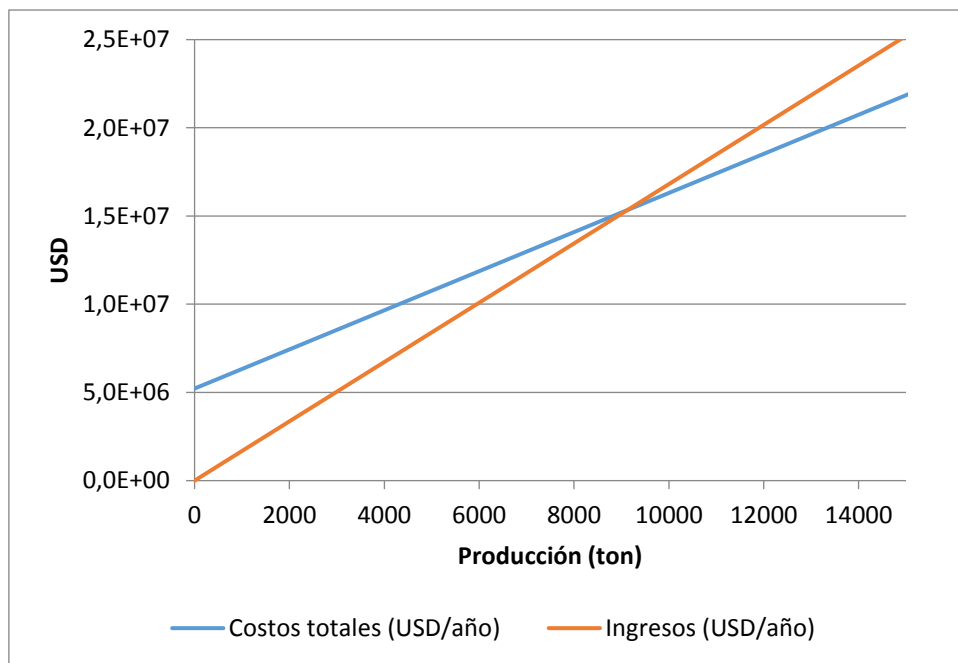
La producción en el punto de equilibrio es:

$$P = \frac{C_F}{(V_U - C_V)}$$



Producción anual (ton/año)	Costos fijos (USD/año)	Costos variables (USD/ton)	Costos totales (USD/año)	Ingresos (USD/año)
0	5220510	0	5220510	0
47740	5220510	52929478	58149989	80238098
71610	5220510	79394217	84614728	120357147
95480	5220510	105858956	111079467	160476196
95480	5220510	105858956	111079467	160476196
95480	5220510	105858956	111079467	160476196
95480	5220510	105858956	111079467	160476196
95480	5220510	105858956	111079467	160476196
95480	5220510	105858956	111079467	160476196
95480	5220510	105858956	111079467	160476196
95480	5220510	105858956	111079467	160476196
95480	5220510	105858956	111079467	160476196

### Determinación gráfica del punto de equilibrio



## FINAL INTEGRACIÓN V

### Flujo libre de caja

El flujo libre de caja es la cantidad de dinero disponible por la organización para cubrir deuda o repartir dividendos, una vez se hayan deducido el pago a proveedores y las compras del activo fijo (construcciones, maquinaria). Es libre, porque se puede distribuir entre las diferentes necesidades de la empresa como ésta lo considere conveniente una vez se han satisfecho todos los pagos obligatorios.

### Financiamiento del proyecto

La financiación del proyecto corresponde a la obtención de dinero que será destinado para cubrir la inversión inicial del mismo.

Cualquier financiamiento obtenido puede implicar una obligación en el futuro. Por ejemplo, un crédito bancario exige que el deudor pague una cuota periódica durante los siguientes meses o años. Igualmente, en el caso de aportes de los accionistas, estos eventualmente esperan como retribución la repartición de las ganancias en forma de dividendos.

Así, a futuro devolverán el crédito obtenido, incluso de manera distribuida en el tiempo. Aunque la desventaja es que suelen cobrarse intereses.

En nuestro caso, nuestro producto se importa en su totalidad en el país por lo cual se sustituirá un porcentaje de esta importación, por esto, contaremos con inversiones provenientes de accionistas y entidades privadas (50% equivalente a U\$S 35.850.311) y bancarias (50% equivalente a U\$S 35.850.311).

La tasa de interés bancaria se estima en un 17%.

A continuación, se calculará la cuota anual de devolución al banco en función de la tasa de interés mencionada, con un plazo de devolución a 10 años.

$$A = \frac{U\$S 35.850.311 * 0,14}{10}$$

$$A = U\$S 4.086.935$$

Con todos los términos obtenidos en los análisis anteriores se obtiene el flujo libre de caja, se considerará que el primer año las ventas serán del 50% de la producción total, con gastos fijos acorde a esta consideración, el segundo año las ventas alcanzarán el 75% y al tercer año de establecida la planta se alcanzarán ventas del 100% de producción.

A continuación se presenta el FLC.



	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos por ventas		80.238.098	120.357.147	160.476.196	160.476.196	160.476.196	160.476.196	160.476.196	160.476.196	160.476.196	160.476.196
-Costos totales		-58.149.989	-84.614.728	-	-	-	-	-	-	-	-
-Devolución al banco		-4.086.935	-4.086.935	-4.086.935	-4.086.935	-4.086.935	-4.086.935	-4.086.935	-4.086.935	-4.086.935	-4.086.935
- Amortización		-3.320.622	-3.320.622	-3.320.622	-3.320.622	-3.320.622	-3.320.622	-3.320.622	-3.320.622	-3.320.622	-3.320.622
<b>BAIT</b>		14.680.552	28.334.862	41.989.172	41.989.172	41.989.172	41.989.172	41.989.172	41.989.172	41.989.172	41.989.172
-0,35*BAIT		-5.138.193	-9.917.202	-14.696.210	-14.696.210	-14.696.210	-14.696.210	-14.696.210	-14.696.210	-14.696.210	-14.696.210
<b>BDI</b>		9.542.359	18.417.660	27.292.962	27.292.962	27.292.962	27.292.962	27.292.962	27.292.962	27.292.962	27.292.962
-Inversión inicial	-71.700.622										
<b>FLC</b>	-71.700.622	9.542.359	18.417.660	27.292.962	27.292.962	27.292.962	27.292.962	27.292.962	27.292.962	27.292.962	27.292.962
<b>FLC Acumulado</b>	-71.700.622	-62.158.263	-43.740.603	-16.447.641	10.845.321	38.138.283	65.431.244	92.724.206	120.017.168	147.310.130	174.603.092



## FINAL INTEGRACIÓN V

### Análisis de rentabilidad

Al decidir invertir en un proyecto se espera obtener una ganancia, esto implica que el mismo sea rentable. Cuanto mayor sea la ganancia, más inversores se verán atraídos para invertir en el proyecto.

Una forma de determinar la rentabilidad del proyecto es a través del cálculo del indicador VAN. Para definir el valor mínimo de rentabilidad calcularemos el WACC y lo compararemos con el TIR para determinar si el proyecto es aceptable.

### WACC

El WACC o coste medio ponderado del capital, por sus siglas en inglés, WACC (Weighted Average Cost of Capital), es el coste de los dos recursos de capital que tiene una empresa; la deuda financiera y los fondos propios, teniendo en cuenta su tamaño relativo.

Este valor nos permite determinar el valor mínimo de rentabilidad.

Se obtiene a partir del siguiente cálculo:

$$WACC = k_e * \frac{E}{E + D} + k_D * (1 - T) * \frac{D}{D + E}$$

Donde.

$k_d$ : coste de la deuda financiera

$k_e$ : coste de los fondos propios

$t$ : tasa impositiva (valor del 35%)

$E$ : fondos propios

$D$ : deuda financiera

Para el cálculo de los costes de fondos propios se tiene que:

$$k_e = R_f + \beta * (RP - R_f)$$

Donde:

$R_f$ : tasa libre de riesgo (valor del 40%)

$RP$ : riesgo país (valor de 1461)

$B$ : riesgo de mercado de un activo (valor de 1)

$$k_e = 0,4 + 1 * (0,162 - 0,4)$$

$$k_e = 0,1461$$

Para el cálculo de los costes de deuda financiera se tiene que:

$$k_d = \frac{1 + r}{1 + Dev}$$

## FINAL INTEGRACIÓN V

Donde:

r: porcentaje de interés bancario (0,14)

Dev: devaluación (actual 100%)

$$k_d = \frac{1 + 0,14}{1 + 1}$$

$$k_d = 0,57$$

Reemplazando los valores obtenidos en la ecuación inicial, obtendremos el WACC:

$$WACC = 0,1461 * 0,5 + 0,585 * (1 - 0,35) * 0,5$$

$$WACC = 0,258$$

### VAN

El VAN (Valor Actual Neto) consiste en actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar el proyecto, descontando el interés (tasa de descuento) y comparándolos con el importe inicial de la inversión. Si  $VAN > 0$  el proyecto es rentable, de lo contrario, si  $VAN < 0$  el proyecto no es rentable.

Para determinarlo se emplea la siguiente fórmula:

$$VAN = -A + \left[ \frac{FC_1}{(1+r)^1} \right] + \left[ \frac{FC_2}{(1+r)^2} \right] + \dots + \left[ \frac{FC_n}{(1+r)^n} \right]$$

Donde:

A: inversión inicial

FC: flujos de caja anuales

n: número de años

r: tasa de descuento (WACC)

$$VAN = 45.092.727$$

**Como  $VAN > 0$  el proyecto es rentable.**



### TIR

La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el valor actualizado neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

Si  $TIR > WACC$  (r) el proyecto es aceptable.

Si  $TIR < WACC$  (r) el proyecto no es aceptable.

$$0 = -A + \left[ \frac{FC_1}{(1 + TIR)^1} \right] + \left[ \frac{FC_2}{(1 + TIR)^2} \right] + \dots + \left[ \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n} \right]$$

Iterando, se obtiene una tasa de retorno de:

$$TIR = 0,273$$

**Como  $TIR > WACC$  el proyecto es aceptable.**

## FINAL INTEGRACIÓN V

---

### BIBLIOGRAFÍA

---

#### Libros y apuntes

- Revista del Instituto Petroquímico Argentina.
- Manual del Ingeniero Químico – Perry.
- Elementos de ingeniería de las reacciones químicas
- Manual de Recipientes a Presión – Eugene F. Megyesy.
- Ingeniería de las Reacciones Químicas – Levenspiel.
- Procesos de Transferencia de Calor – Donald Kern.
- Intercambiadores de Calor – Eduardo Cao
- Fundamentos de Termodinámica Técnica – Moran/Shapiro
- Operaciones de Transferencia de Masa – Robert E. Treybal.
- Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas - H. Scott Fogler
- Apunte de Organización Industrial (Cátedra).
- Apunte de Ingeniería Ambiental (Cátedra).
- Apunte de Economía (Cátedra).
- Apunte de Control Automático de Procesos (Cátedra).
- Apunte de Ingeniería de las Reacciones Químicas (Cátedra).
- Apunte Integración Química III (Cátedra).
- Procesos para la producción de óxido de etileno y etilenglicol  
(PATENTE ES2360748T3)

#### Páginas web

<http://produccion.bahia.gob.ar/parque-industrial/>

<http://horfasa.com/utilidades.php?lang=en&ide=41&card=3>

[https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/3\\_ano/integracion3/Tablas\\_de\\_vapor\\_de\\_agua.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/3_ano/integracion3/Tablas_de_vapor_de_agua.pdf)

<https://support.microsoft.com/es-es/office/dibujos-isom%C3%A9tricos-ca05f985-7958-4b46-b628-b364c5f8a402>

<https://www.ruhrpumpen.com/es/productos/bombas-magdrive/sce-m>

<http://economipedia.com/>

<https://spanish.alibaba.com/>

<http://studylib.es/doc/91050/proceso-de-producci%C3%B3n-de-%C3%B3xido-de-etileno>

<https://www.weather-arg.com/es/argentina/bahia-blanca-clima#temperature>

<https://www.textoscientificos.com/quimica/oxido-etileno/tecnologias-oxido-etileno>

## FINAL INTEGRACIÓN V

### ANEXI I: FICHAS DE SEGURIDAD

#### Etileno

##### Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Etileno.
- **Número CAS:** 74-85-1
- **RTECS:** No disponible
- **Fórmula química:** C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>
- **Estructura química:**

$$\begin{array}{c}
 \text{H} & & \text{H} \\
 & \diagdown & / \\
 & \text{C} = \text{C} & \\
 & / & \diagdown \\
 \text{H} & & \text{H}
 \end{array}$$
- **Masa molar:** 28.0536 g/mol.
- **Sinónimos:** Eteno.
- **Usos recomendados:** Materia prima para la industria química y la síntesis de polímeros
- **Número de atención de emergencias TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.**

##### Sección 2. Identificación del peligro o peligros

###### Descripción de peligros:



Gas inflamable

###### Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

¡PELIGRO! Gas licuado extremadamente inflamable. El etileno es altamente volátil, cuando se libera y se dispersa como una nube de vapor inflamable. Considerar la necesidad de aislamiento inmediato de emergencia y evacuación.

###### Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):

SALUD	1
INFLAMABILIDAD	4

## FINAL INTEGRACIÓN V

REACTIVIDAD 2

### Consejos de prudencia:

- Utilice el equipo de protección indicado para resguardar sus vías respiratorias y la piel.

### Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

#### Composición

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
74-85-1	Etileno	99,9%

### Sección 4. Primeros auxilios

- **Información general:** Sustancia nociva para la salud. Busque atención médica
- **Contacto ocular:** Lavar los ojos con abundante agua durante al menos 15 minutos, levantando los párpados superior e inferior ocasionalmente. Obtener atención médica inmediatamente.
- **Contacto dérmico:** Lavar la piel inmediatamente con abundante agua durante al menos 15 minutos. Quítese la ropa y el calzado contaminados. Obtener atención médica. Lave la ropa antes de usarla nuevamente. Limpiar completamente el calzado antes de volver a usarla.
- **Inhalación:** Salga al aire libre. Si no respira, dar respiración artificial. Si la respiración es difícil, dar oxígeno. Obtener atención médica.
- **Ingestión:** En caso de ingestión, no inducir el vómito. Dar grandes cantidades de agua. No dar nada por boca a una persona inconsciente. Obtener atención médica inmediatamente.

#### Efectos por exposición

- **Contacto ocular:** El contacto con los ojos puede causar lesiones graves.
- **Contacto dérmico:** Contacto de la piel con el gas licuado puede causar ampollas, heridas o quemaduras por congelación.
- **Inhalación:** La inhalación excesiva de este material causa dolor de cabeza, mareos, náuseas y pérdida de coordinación y en condiciones extremas estado de coma y posiblemente la muerte.
- **Ingestión:** La ingestión de este producto es muy poco probable. Sin embargo, el contacto de la boca o la garganta con el gas licuado puede resultar en lesiones graves.

#### Atención médica

- **Tratamiento:** No disponible.
- **Efectos retardados:** Enrojecimiento y ardor.
- **Antídotos conocidos:** No disponible.

### Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** Producto químico seco, espuma, dióxido de carbono y agua pulverizada. No utilizar chorros de agua.
- **Productos peligrosos por combustión:** Formación de óxidos de carbono.
- **Equipo de protección para combatir fuego:** Los bomberos deben utilizar ropa protectora y la mascarilla con equipo respirador autónomo.



### Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Evacuar o aislar el área de peligro, demarcar las zonas. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Trabajar en zona fresca y bien ventilada, Observar las medidas de protección adecuadas para el manejo de productos químicos. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición. Se recomienda un calzado clasificado con Disipativo estático (SD).
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir liberar al ambiente.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Aislar la zona del derrame o fuga de 50-100 metros. Eliminar todas las fuentes potenciales de ignición. Detener la fuga de forma remota o cuando sea seguro hacerlo. Conecte a tierra todos los equipos utilizados en el área aprobada. Derrames grandes Considere la evacuación inicial a favor del viento de por lo menos 800 metros. Eliminar todas las fuentes potenciales de ignición. Detener la fuga de forma remota o cuando sea seguro hacerlo. Avise a los servicios de emergencia y personal de extinción de incendios. Controlar el área circundante para la acumulación de concentraciones de gases inflamables. Conecte a tierra todos los equipos utilizados en el área. Considere el uso de rocío de agua para reducir los vapores o desviar el rumbo de la nube de vapor aprobada.

### Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, beber, ni comer en el sitio de trabajo. Lavarse las manos después de usar el producto. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Lea las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Evite contacto con la piel y los ojos. Mantener alejado de incompatibles tales como agentes oxidantes, metales, ácidos.
- **Condiciones de almacenamiento:** Se debe de almacenar y/o transportar por compatibilidad, Debe estar debidamente etiquetado, la cual debe contener nombre del material y color de almacenaje. Mantenga el recipiente bien cerrado. Mantenga el recipiente en y bien ventilado lugar fresco. No almacenar por encima de 25 ° C.

### Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

#### Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

TWA	230 mg/m <sup>3</sup>
STEL	No disponible

- **Condiciones de ventilación:** Se recomienda un sistema de ventilación local.
- **Equipo de protección respiratoria:** Las concentraciones dentro del lugar de trabajo deben ser supervisadas y si se excede el límite recomendado de exposición, se debe utilizar un respirador aprobado.
- **Equipo de protección ocular:** Utilice gafas de seguridad química y / o careta completa donde polvo o salpicaduras de soluciones sean posibles. Mantenga lava ojos y regaderas de emergencia en el área de trabajo.
- **Equipo de protección dérmica:** Guantes del PVC para los cargadores, delantal o batas impermeables. Todos los empleados deben lavarse las manos y la cara antes de comer, y de tomar

agua.





Sección 9. Propiedades físicas y químicas	
Estado físico	Líquido a baja presión
Color	Incoloro
Olor	Dulce suave
Umbral olfativo	270-600 ppm
pH	No disponible
Punto de fusión	-169 ° C
Punto de ebullición	-103.8 ° C
Punto de inflamación	-136 ° C
Tasa de evaporación	Inmediato
Límites de explosión	Límite superior de inflamabilidad (UFL): Rango: 28,6% a 36% Límite inferior de inflamabilidad (LFL): Rango: 2,3% a 3,02%
Presión de vapor a 10°C	750 psia
Densidad relativa de vapor (aire=1)	0,975
Densidad relativa (agua=1)	0,568
Solubilidad en agua a 20 ° C	131mg / L
Solubilidad en otros disolventes	No disponible
Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)	1,13
Temperatura de autoinflamación	450 ° C
Temperatura de descomposición	No disponible
Peligro de explosión	No disponible
Viscosidad	No disponible

Sección 10. Estabilidad y reactividad
<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Reactividad:</b> Este producto presenta una reactividad moderada, y puede polimerizarse, descomponerse, en determinadas circunstancias.</li><li>- <b>Estabilidad:</b> Estable bajo condiciones ordinarias del uso y del almacenaje.</li><li>- <b>Incompatibilidad:</b> Evitar los ácidos fuertes, agentes oxidantes fuertes, cloro, halógenos, peróxidos orgánicos, ozono y dióxido de nitrógeno.</li><li>- <b>Productos de polimerización:</b> Puede ocurrir a temperatura y presión elevadas en presencia de un catalizador.</li><li>- <b>Productos peligrosos de la descomposición:</b> En la participación en un incendio puede provocar la formación de óxidos de carbono.</li></ul>



## FINAL INTEGRACIÓN V

### Sección 11. Información toxicológica

- **Toxicidad aguda:** No.
- **Corrosión/irritación cutáneas:** Si.
- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Si.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Si.
- **Mutagenicidad en células germinales:** No.
- **Carcinogenicidad:** No.
- **Toxicidad para la reproducción:** No.
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana:** No disponible.
- **Peligro por aspiración:** Si
- **Posibles vías de exposición:** Dermal y respiratoria.
- **Efectos inmediatos:** Irritación.
- **Efectos retardados:** Exposición repetida o prolongada a la sustancia puede causar daño a órganos diana.
- **Efectos crónicos:** No disponible
- **LD/LC50:**

<b>Oral (LD-50)</b>	No disponible
<b>Dermal (LD-50)</b>	No disponible
<b>Inhalativa (LC-50)</b>	96 ppc [Ratón]

### Sección 12. Información ecotoxicológica

- **Toxicidad Acuática:** No se considera peligroso para la vida acuática.
- **DBO<sub>5</sub>:** No disponible.
- **Persistencia y degradabilidad:** La vida útil de etileno en la atmósfera oscila entre 0,4 a 4 días, con una media de 1,5 días, y es fuertemente dependiente de la cantidad de luz solar.
- **Potencial de bioacumulación:** Este material no se espera que se bioacumule.
- **Movilidad:** El producto es muy volátil y liberara rápidamente al aire. El potencial de movilidad en el suelo se considera bajo.
- **Otros efectos adversos:** No presenta evidencias de carcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad según experimentos con animales.

### Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos

Lo que no puede ser salvado para recuperación o reciclaje debe ser manejado en una instalación de eliminación de residuos adecuadas y aprobadas. El procesamiento, uso o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de gestión de residuos. Deseche el envase y el contenido no utilizado de conformidad con la reglamentación vigente.

### Sección 14. Información relativa al transporte

- **N° ONU:** 1962.
- **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** Roja y blanco con el número 2, de gas inflamable.
- **Riesgos ambientales:** No contaminante.  
**Precauciones especiales:** Peligroso para el transporte aéreo, marítimo y de mercancías por carretera.

### Sección 15. Información sobre la reglamentación

Las sustancias químicas y sus mezclas están reguladas por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE).



### Sección 16. Otras informaciones

**Frases R:**

R 8: En contacto con materias incompatibles puede causar fuego.

R 11: Fácilmente inflamable.

R 37/38: Irrita las vías respiratorias y la piel.

**Frases S:**

S 2: Manténgase fuera del alcance de los niños.

S 26: En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediatamente con abundante agua y buscar atención médica.

S 37/39: Use guantes adecuados y los ojos / la cara.

S 46: En caso de ingestión, acuda inmediatamente al médico y muéstrele la etiqueta o el envase.

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales.

La información de esta Hoja de Seguridad está basada en los conocimientos actuales, en cuanto que las condiciones de trabajo de los usuarios están fuera de nuestro conocimiento y control. El producto no debe utilizarse para fines distintos a aquellos que se especifican, sin tener primero una instrucción por escrito, de su manejo. Es siempre responsabilidad del usuario tomar las medidas oportunas con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en las legislaciones.

La información presentada en esta ficha de seguridad fue compilada por Rodrigo Muñoz Arrieta, como parte del Proyecto de Gestión de Reactivos y Desechos Químicos en los Laboratorios de docencia de la Escuela de Química.

**Fecha de preparación de la hoja de seguridad:** 16 de junio de 2012.

**Versión:** 1.1

**Modificaciones respecto a versión anterior:** 19 de junio de 2013.

**Versión:** 1.2

**Modificaciones respecto a versión anterior:** 20 de abril del 2016.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Oxígeno líquido

#### SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DEL FABRICANTE

##### 1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

<b>NOMBRE DEL PRODUCTO:</b>	Oxígeno Líquido
<b>NOMBRE COMERCIAL:</b>	Oxígeno Líquido, Oxígeno Líquido Medipure
<b>SINÓNIMOS:</b>	Oxígeno Líquido Criogénico

##### 1.2 OTROS MEDIOS DE IDENTIFICACIÓN

###### CLASIFICACIÓN DE LA ONU

Clase: 2

Riesgo Principal: 2.2

Riesgo Secundario: 5.1

Nº de Riesgo: 225



225
1073

###### CLASIFICACIÓN DE LA NFPA (National Fire Protection Association)

SALUD = 3 (Demasiado Peligroso)  
 INFLAMABILIDAD = 0 (Incombustible)  
 REACTIVIDAD = 0 (estable y no reactivo con agua)  
 ESPECIAL = OX (OXIDANTE)



## FINAL INTEGRACIÓN V

### 1.3 USO RECOMENDADO DEL PRODUCTO QUÍMICO Y RESTRICCIONES DE USO

IDENTIFICACION PRINCIPAL DE USO: INDUSTRIAL, respiración para aviadores, USP

Llevar a cabo evaluación de riesgo antes de usar.

### 1.4 NOMBRE DE LA COMPAÑÍA

Praxair Argentina S.R.L  
Saavedra 2251. Ricardo Rojas, Tigre  
Buenos Aires- Argentina  
Teléfono: (0054 - 011) 4738 – 6100

### 1.5 NÚMERO DE EMERGENCIA


Número de teléfono en caso de emergencia: 0-800-444-7729 (PRAX)

*\*Llame a los números de emergencia las 24 horas del día sólo en caso de derrames, fugas, fuego, exposición o accidentes que involucren este producto. Para obtener información de rutina, comuníquese con su proveedor, representante de ventas de Praxair, o llame al 0-800-444-7729 (PRAX)*


## SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO

### 2.1 CLASIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O MEZCLA


#### PELIGROS FISICOS


	Clase de Riesgo:	Gas oxidante
	Clasificación:	Categoría 1

## FINAL INTEGRACIÓN V

	Clase de Riesgo:	Gas bajo presión
	Clasificación:	Gas líquido refrigerado

### PELIGROS PARA LA SALUD

	Clase de Riesgo:	Toxicidad reproductiva
	Clasificación:	Categoría 2

	Clase de Riesgo:	Toxicidad específica de órganos diana (Exposición única)
	Clasificación:	Categoría 3 (Irritación en Tracto Respiratorio)

### 2.2 ETIQUETADO DE LOS RECIPIENTES SEGÚN SGA

#### PICTOGRAMA SGA:



**PALABRA DE ADVERTENCIA:** PELIGRO

#### INDICACIÓN DE PELIGRO:

**H270:** Puede provocar o agravar un incendio; comburente.

#### CONSEJOS DE PRUDENCIA:

**P244:** Mantener las válvulas y accesorios libres de aceite y grasa.

**P220:** Mantener alejado de la ropa y otros materiales combustibles.

## FINAL INTEGRACIÓN V

**P370+376:** En caso de incendio: detener la fuga si puede hacerse sin riesgo.

**P403:** Almacenar en un lugar bien ventilado.

**PICTOGRAMA SGA:**



**PALABRA DE ADVERTENCIA:** ATENCIÓN

**INDICACIÓN DE PELIGRO:**

**H281:** Contiene gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.

**CONSEJOS DE PRUDENCIA:**

**P282:** Usar guantes aislantes contra el frío y equipo de protección para la cara o los ojos.

**P336 + P315:** Descongelar las partes congeladas con agua tibia. No frotar la parte afectada. Buscar asistencia médica inmediata.

**P403:** Almacenar en un lugar bien ventilado.

**PICTOGRAMA SGA:**



**PALABRA DE ADVERTENCIA:** ATENCIÓN

## FINAL INTEGRACIÓN V

### FRASES DE PELIGRO:

**H361:** Susceptible de perjudicar la fertilidad o dañar al feto.

### CONSEJOS DE PRUDENCIA:

**P308+P313:** En caso de exposición demostrada o supuesta, consultar a un médico.

**P201:** Procurarse las instrucciones antes del uso.

**P202:** No manipular antes de haber leído y comprendido todas las precauciones de seguridad.

**P281:** Utilizar equipo de protección personal obligatorio.

**P405:** Guardar bajo llave.

**P501:** Eliminar el contenido/recipiente

### PICTOGRAMA SGA:



### PALABRA DE ADVERTENCIA: ATENCIÓN

### FRASES DE PELIGRO:

**H335:** Puede irritar las vías respiratorias.

### CONSEJOS DE PRUDENCIA:

**P403+P233:** Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente herméticamente cerrado.

**P304+P340:** En caso de inhalación transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.

**P261:** Evitar respirar polvo/humos/gases/nieblas/vapores/aerosoles.





**P312:** Llamar un Centro de Toxicología/médico si la persona se encuentra mal.

**P271:** Utilizar solo al aire libre o en un lugar bien ventilado.

**P405:** Guardar bajo llave.

**P501:** Eliminar el contenido/recipiente

### 2.3 OTROS PELIGROS QUE NO CONTRIBUYEN A LA CLASIFICACIÓN

Líquido y gas extremadamente fríos y oxidantes bajo presión.

El producto acelera vigorosamente la combustión.

Los combustibles que hagan contacto con oxígeno líquido pueden explotar al inflamarse o al haber un impacto.

Puede ocasionar severas quemaduras por congelamiento.

Puede causar mareo y somnolencia.

Los rescatistas podrían requerir la utilización de dispositivos de respiración autónomos así como ropa protectora.

Este material es un líquido criogénico, azul pálido, inoloro.

Por Políticas de Seguridad internas, PRAXAIR ARGENTINA S.R.L. prohíbe el trasvase de productos entre cilindros de gases permanentes.

## SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/ INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES/ SUSTANCIAS

### 3.1 SUSTANCIA

**Identidad Química:** Oxígeno líquido

**Fórmula Molecular:** O<sub>2</sub>

COMPONENTE	NÚMERO CAS	CONCENTRACIÓN	NÚMERO DE LA ONU
Oxígeno líquido	7782-44-7	>99.0 %	UN 1073





## FINAL INTEGRACIÓN V

Componentes e Impurezas: No aplicable. No contiene otros componentes o impurezas que puedan influir en la clasificación del producto.

### 3.2 MEZCLA

No aplicable.

## SECCIÓN 4: PRIMEROS AUXILIOS

### 4.1 DESCRIPCIÓN DE PRIMEROS AUXILIOS

#### MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS EN CASO DE INHALACIÓN

Retire a la víctima hacia un lugar donde haya aire fresco. Administre respiración artificial si la víctima no respira. Mantenga a la víctima caliente y en reposo. Llame inmediatamente a un médico. Informe al especialista que la víctima ha sido expuesta a altas concentraciones de oxígeno.

#### MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL

En caso de exposición al líquido, caliente el área congelada con agua tibia (no exceder los 41 °C). En caso de exposición masiva, retire la ropa contaminada mientras aplica una ducha con agua tibia. Llame a un médico. Si se han generado quemaduras por congelamiento, obtenga atención médica de inmediato.

#### MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS EN CASO DE INGESTIÓN

Es una manera poco probable de exposición. Este producto es un gas a temperatura y presión normales.

#### MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS EN CASO DE CONTACTO OCULAR

Enjuague de inmediato los ojos con agua corriente durante 15 minutos, como mínimo. Sostenga los párpados separados y alejados de las órbitas de los ojos para asegurarse que todas

## FINAL INTEGRACIÓN V

las superficies sean enjuagadas perfectamente. Consulte a un médico, preferentemente un oftalmólogo, de inmediato.

**NOTAS PARA EL MÉDICO:** No tiene antídoto específico. Asfixia y colapsos pueden suceder. El tratamiento deber ser dirigido para el control de los síntomas y de las condiciones clínicas del paciente.

### 4.2 PRINCIPALES SÍNTOMAS Y EFECTOS AGUDOS Y RETARDADOS

#### EFECTOS POTENCIALES PARA LA SALUD: Efectos por Sobreexposición Simple (Aguda)

<b>Inhalación</b>	La respiración de oxígeno al 80% o más a presión atmosférica durante varias horas puede ocasionar constipación nasal, tos, dolor de garganta, dolor de pecho y dificultad para respirar. A presiones más altas, los efectos adversos de la respiración de oxígeno puro son más probables y podrían ocurrir más rápidamente. La respiración de oxígeno puro bajo presión puede dañar los pulmones y afectar el Sistema Nervioso Central (CNS por sus siglas en inglés), producir mareo, afectación de coordinación, sensación de hormigueo, afectación visual y auditiva, contracciones musculares, pérdida del conocimiento y convulsiones. Las personas que respiran oxígeno bajo presión podrían adaptarse más lentamente a la oscuridad y padecer reducción de su visión periférica.
<b>Contacto con la piel</b>	No se esperan lesiones debido al vapor. El gas o líquido frío pueden ocasionar severas quemaduras por congelamiento.
<b>Ingestión</b>	Una ruta poco probable de exposición; sin embargo se pueden ocasionar quemaduras severas por congelamiento en los labios y boca a

## FINAL INTEGRACIÓN V

consecuencia de contacto con producto líquido.

<b>Contacto ocular</b>	No se esperan lesiones debido al vapor. El gas o líquido frío puede ocasionar severas quemaduras por congelamiento.
<b>Sobreexposición Repetida</b>	No se esperan lesiones.
<b>Otros Efectos por Sobreexposición</b>	Consulte la sección 11, Información Toxicológica.
<b>Carcinogenicidad</b>	El oxígeno no es considerado como material cancerígeno por NTP, OSHA e IARC.

### 4.3 INDICACIÓN DE ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATA Y TRATAMIENTO ESPECIAL NECESARIO

NOTAS PARA EL MÉDICO: No aplicable.

## SECCIÓN 5: MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

### 5.1 MEDIOS DE EXTINCIÓN

Utilice recursos adecuados para control del fuego circundante. El agua (ducha de emergencia) es el medio de extinción preferido para el fuego en vestimenta incendiada.

### 5.2 PELIGROS ESPECÍFICOS DERIVADOS DE LA SUSTANCIA O MEZCLA

Agente oxidante. Acelera vigorosamente la combustión. En contacto con materiales inflamables puede causar fuego ó explosión. No circule o transporte equipos sobre un derrame de producto líquido, pues cualquier impacto puede provocar una explosión.



Fumar, llamas o descargas eléctricas tienen potencial de riesgo para ocasionar una explosión en atmósferas ricas de oxígeno. Los recipientes que contienen Oxígeno Líquido están equipados con dispositivo de alivio de presión. Los vapores liberados por el venteo de los recipientes puede disminuir la visibilidad. El producto líquido puede causar severo congelamiento de la piel pudiendo derivar en una lesión por quemadura criogénica.

### 5.3 RECOMENDACIONES

<b>Riesgos físicos y químicos específicos</b>	El aire atmosférico será condensado en la superficie de vaporizadores y cañerías expuestas al líquido ó gas extremadamente frío. El Nitrógeno, por tener un punto de ebullición menor al del Oxígeno, evaporará primero, haciendo que el condensado sea rico en Oxígeno. Mantener todas las áreas con posibilidades de condensación libre de aceite, grasa u otros materiales combustibles para evitar la posibilidad de ignición ó explosión.
<b>Medio de combate al fuego</b>	Acelera vigorosamente la combustión. Utilice recursos adecuados para control del fuego circundante. El agua (ducha de emergencia) es el medio de extinción preferido para el fuego en vestimenta incendiada.
<b>Procedimientos especiales de combate del fuego</b>	El contacto con materiales inflamables puede causar fuego o explosión. Recipientes cerrados pueden romperse debido al calor del fuego. Los recipientes se encuentran provistos de dispositivo de alivio de presión los que se encuentran diseñados para aliviar el contenido cuando sean expuestos a temperaturas superiores a 52° C



(aproximadamente 125 °F).

No circule o transporte equipos sobre un derrame de producto líquido, pues cualquier impacto puede provocar una explosión.

Fumar, llamas o descargas eléctricas en presencia de atmósfera enriquecida con oxígeno son riesgos potenciales de explosión.

**Productos posibles de causar combustión en contacto con Oxígeno líquido**

Ninguno actualmente conocido.

**Posibilidades inusuales de incendio**

Ninguna conocida

**Equipo de Protección y Precauciones para Escuadrones de Bomberos**

Los bomberos deben usar equipos de respiración autónoma y vestimenta para combate de incendios.

### SECCIÓN 6: MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

#### 6.1 PRECAUCIONES PERSONALES, EQUIPO DE PROTECCIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA

**ATENCIÓN: LÍQUIDO EXTREMADAMENTE FRÍO, OXIDANTE, BAJO PRESIÓN.**

Inmediatamente evacue a todo el personal del área de riesgo. Evite el contacto con el líquido derramado y deje evaporar. El líquido puede causar severo congelamiento de la piel derivando en una posible quemadura criogénica. No circule o transporte equipos en tomo a un derrame pues puede provocar explosión. El contacto con materiales inflamables puede provocar incendio o explosión. Fumar, llamas o descargas eléctricas en presencia de atmósfera enriquecida con oxígeno son riesgos potenciales de explosión.

Eliminar la fuga si no hay riesgos.





## FINAL INTEGRACIÓN V

Ventile el área de la pérdida o remueva los recipientes con pérdida hacia áreas ventiladas. Retire todo el material inflamable que se encuentre en la vecindad del evento.

### 6.2 PRECAUCIONES AMBIENTALES

Mantenga al personal alejado. El oxígeno líquido debe ser descargado en lugar con piedra partida exenta de grasas ó aceite, donde se evaporará con seguridad. Descarte cualquier producto, residuo, recipiente disponible de manera que no perjudique al medio ambiente de acuerdo a la reglamentación local. Si es necesario entre en contacto con su proveedor para solicitar asistencia.

### 6.3 MÉTODOS DE LIMPIEZA

No hay información adicional disponible.

## SECCIÓN 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

### 7.1 PRECAUCIONES PARA EL MANEJO SEGURO

Nunca contacte ninguna parte de su cuerpo desprotegida en cañerías ó válvulas que contengan fluidos criogénicos. La piel queda presa al metal extremadamente frío y se rompe cuando intenta desprenderla.

Nunca utilice el oxígeno como sustituto de aire comprimido.

Nunca use chorros de oxígeno para limpieza de cualquier tipo, en especial limpieza de ropas. Ropa impregnada en oxígeno puede encenderse al menor contacto con chispas, quemando rápidamente.

No permita que el líquido entre en contacto con ojos, piel o ropa.

Proteja al cilindro contra daños físicos.

Use un carro de mano para mover los recipientes.

Los recipientes criogénicos deben ser almacenados y transportados en posición vertical.

No arrastre el cilindro. No lo ruede sobre uno de los lados.

Cierre la válvula luego de cada uso.



Abra la válvula lentamente. Si estuviese muy dura, discontinúe la tarea, y llame a su proveedor.

### Prevención de exposición del trabajador

Usar equipo de protección personal.

No comer, fumar o beber durante el manipuleo del producto.

Lavar las manos luego del manipuleo del producto antes de entrar en áreas de alimentación.

### 7.2 CONDICIONES DE ALMACENAJE SEGURO, INCLUIDAS POSIBLES INCOMPATIBILIDADES

Almacene y utilice con ventilación adecuada, apartada de aceites, grasas y otros hidrocarburos.

No almacene en locales confinados.

Mantener los recipientes por debajo de 52°C en lugar bien ventilado

Los recipientes criogénicos tienen dispositivos de alivio de presión y una válvula de control de presión.

Los recipientes criogénicos deben ser almacenados en posición vertical, separados de materiales inflamables a una distancia mínima de 6,1 m ó utilice una barrera de material no combustible con un mínimo de 1,53 m de altura y con resistencia al fuego por lo menos de 30 minutos.

Use dispositivo de alivio de presión adecuado a sistemas o cañerías que utilicen producto criogénico. .

El líquido confinado en cañerías puede generar presiones extremadamente altas cuando es vaporizado por calentamiento.

Almacene separadamente los recipientes llenos de los vacíos.

Use un sistema que permita prevenir el almacenamiento de cilindros llenos por largos períodos.



### SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN/ PROTECCIÓN PERSONAL

#### 8.1 VALORES LÍMITES DE EXPOSICIÓN

COMPONENTE	PEL DE LA OSHA	TLV – TWA DE ACGIH (2015)
Óxido Nitroso	No establecido	No establecido

Los TLV-TWA deben ser utilizados como una guía en el control de riesgos para la salud y no como líneas de connotación entre concentraciones seguras y peligrosas.

IDLH = No establecido

#### 8.2 CONTROLES DE EXPOSICIÓN

<b>Ventilación local:</b>	Usar un sistema de extracción local si es necesario para prevenir el aumento de la concentración de oxígeno en la atmósfera.
<b>Ventilación Mecánica (General):</b>	Adecuada.
<b>Especial:</b>	Ninguno
<b>Protección Ocular:</b>	Utilice guantes de seguridad y careta completa tal como se recomienda.
<b>Protección Piel/ Cuerpo:</b>	Se deben utilizar guantes criogénicos que no queden apretados y zapatos con protección metatarsiana así como ropa protectora para el manejo de contenedores, según se requiera. Se deberán utilizar pantalones sin pliegues. Los guantes no deberán contener aceite ni grasa.
<b>Protección Respiratoria:</b>	No se requiere bajo utilización normal. Sin embargo se podría requerir la utilización de un sistema de respiración alimentado con aire mientras se trabaje en espacios confinados con este producto.





### SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS / QUÍMICAS

Estado físico:	Líquido criogénico
Apariencia:	Líquido criogénico azul pálido
Masa molecular:	31,9988
Umbral de olor	No aplicable
Olor:	Inoloro
pH:	No aplicable
Punto de congelación:	-218,4°C a 1 atm
Punto de ebullición:	-183°C a 1 atm
Punto de inflamación:	No aplica
Inflamabilidad:	no inflamable
Límites de inflamabilidad en el aire, % por volumen:	INFERIOR: No evaluado                      SUPERIOR: No evaluado
Densidad del gas (aire=1)	1,105
Densidad del líquido (H <sub>2</sub> O=1):	1,141 (-89 °C)
Peso específico del líquido (aire=1) a 21,1 °C (70 °F) y 1 atm:	1,325 kg/m <sup>3</sup>
Solubilidad en agua:	0.0489 (gas) a 0 °C (32 °F) y 1 atm



## FINAL INTEGRACIÓN V

Temperatura de autoignición	No aplicable
Temperatura de descomposición	Ninguna
Coefficiente de partición; n-octano/agua	No evaluado
Tasa de evaporación (Acetato de butilo=1)	Alta

### SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

#### 10.1 REACTIVIDAD

Ninguna.

#### 10.2 ESTABILIDAD QUÍMICA

Estable bajo condiciones normales.

#### 10.3 POSIBILIDAD DE REACCIONES PELIGROSAS

Puede ocurrir. El contacto con materiales incompatibles puede resultar en fuego o explosión.

#### 10.4 CONDICIONES QUE DEBEN EVITARSE

Debe evitarse el contacto con materiales incompatibles.

#### 10.5 MATERIALES INCOMPATIBLES

Materiales inflamables, hidrocarburos tales como grasas, aceites, éteres asfalto, alcoholes, ácidos y aldehídos.

#### 10.6 PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN PELIGROSA

No evaluado.



### SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

EFFECTOS POR DOSIFICACIÓN AGUDA: No evaluado.

**RESULTADOS DE ESTUDIOS:** En la concentración y presión del aire atmosférico el oxígeno no presenta riesgo de toxicidad. A altas concentraciones, recién nacidos prematuros pueden sufrir daños en la retina (fibroplasia retrolental), que puede evolucionar a desprendimiento de retina y ceguera. Daños en la retina también pueden ocurrir en adultos expuestos a 100% de oxígeno por largos períodos (24 a 48 horas), o a presiones mayores que la atmosférica, particularmente en individuos que hayan tenido la circulación retinal comprometida. Todas las personas expuestas a oxígeno a alta presión por largos períodos y todos los que manifiesten toxicidad en los ojos, deben solicitar asistencia de un oftalmólogo.

A dos o más atmósferas, ocurre toxicidad del Sistema Nervioso Central (SNC). Síntomas incluyen náuseas, vómitos, vértigo, contracciones musculares, confusión visual, pérdida de conciencia y convulsiones generalizadas. A tres atmósferas, la toxicidad del SNC ocurre en menos de dos horas, a seis atmósferas, en pocos minutos.

Pacientes con obstrucción pulmonar crónica retienen dióxido de carbono de forma anormal. Si se administra oxígeno, aumenta la concentración de oxígeno en sangre, la respiración se vuelve dificultosa y retienen el dióxido de carbono, pudiendo generar niveles elevados.

Estudios con animales sugieren que la administración de ciertas drogas, incluyendo fenotiazina y cloroquina aumentan la susceptibilidad para envenenamiento por oxígeno a altas concentraciones o presiones. El estudio con animales sugiere que la falta de vitamina E puede aumentar la susceptibilidad al envenenamiento por oxígeno.

La obstrucción de las vías aéreas con altas tensiones de oxígeno puede causar colapso alveolar seguido de absorción de oxígeno. De manera similar, la oclusión de las trompas de Eustaquio puede causar retracción del tímpano y obstrucción del seno paranasal, pudiendo producir dolor de cabeza "tipo vacío"

### SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA

Ecotoxicidad: Ningún efecto adverso ecológico es esperado. La atmósfera posee aproximadamente 21% de oxígeno.

Persistencia y degradabilidad: No evaluado.



Potencial bioacumulativo: No evaluado.

Movilidad en el suelo: No evaluado.

Otros efectos adversos: Ninguno conocido. Este producto no contiene ningún material químico de las Clases I o II. (Destruyores de la capa de ozono).

### SECCIÓN 13: INFORMACIÓN RELATIVA A LA ELIMINACIÓN DE LOS PRODUCTOS

**MÉTODO DE DESECHO DE DESPERDICIOS:** No deseche las cantidades residuales o no utilizadas. Comuníquese con su proveedor.

Desecho de Emergencia.

**PRECAUCIÓN:** Todos los desechos deberán realizarse de acuerdo con lo indicado en la reglamentación nacional, provincial y local vigente. Descargue lentamente a la atmósfera en áreas bien ventiladas o en exteriores. También consulte la sección 6 para obtener información acerca de actividades de desecho después de derrames.

### SECCIÓN 14: INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

NOMBRE DE EMBARQUE DOT/IMO:	OXÍGENO LÍQUIDO
CLASE DE RIESGO:	2
RIESGO PRINCIPAL:	2.2
RIESGO SECUNDARIO:	5.1
GRUPO/ZONA DE ENVASE:	NINGUNO ASIGNADO
NÚMERO DE RIESGO:	225



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN:	UN 1073
RQ DE PRODUCTO:	Ninguna
ETIQUETA(S) DE EMBARQUE:	GAS NO INFLAMABLE, OXIDANTE
RÓTULO (cuando se requiera):	GAS NO INFLAMABLE, OXIDANTE



225
1073

**INFORMACIÓN DE EMBARQUE ESPECIAL:** Los cilindros deben estar bien sujetos en posición vertical, en vehículos con ventilación. Cilindros transportados en vehículos cerrados, en compartimento no ventilado pueden presentar serios riesgos a la seguridad.

**CONTAMINANTES MARINOS:** El oxígeno no se encuentra listado como un contaminante marino de acuerdo con el DOT.

### SECCIÓN 15: INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN

Los siguientes requisitos de reglamentación seleccionados podrían aplicar a este producto. No todos los requisitos se identifican. Los usuarios de este producto son los únicos responsables por el cumplimiento de la reglamentación nacional, provincial y local respectiva.

**LEY 24.449 – Ley de Tránsito**



### **RESOLUCIÓN SECRETARÍA DE TRANSPORTE 195/97**

Instrucciones complementarias del Reglamento de Transporte Terrestre de Mercancías Peligrosas.

### **LEY DE RIESGOS DEL TRABAJO Nº 24.557 - Superintendencia de Riesgo del Trabajo**

Esta ley tiene por objeto la reducción de la siniestralidad laboral a través de la prevención de los riesgos derivados del trabajo, reparar los daños derivados de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, promover la recalificación y la recolocación de los trabajadores damnificados, entre otros objetivos.

### **CONTAMINACIÓN ATMÓSFERICA Ley Nº 20.284 - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable**

Plan de prevención de situaciones críticas de contaminación atmosféricas.

### **IRAM 3797**

Símbolos de riesgo y la manipulación para el transporte y almacenamiento de materiales.

### **RESOLUCIÓN SRT Nº 801/2015**

El Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de clasificación y etiquetado de productos químicos comprende conformar un criterio armonizado para clasificar sustancias y mezclas teniendo en cuenta sus peligros ambientales, físicos y para la salud humana, pudiendo realizar una correcta comunicación de peligros, con requisitos expresos sobre las etiquetas y las fichas de seguridad.

## **SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES**

Asegúrese de leer y entender todas las etiquetas e instrucciones que vienen con todos los contenedores de este producto.





## FINAL INTEGRACIÓN V

**PRECAUCIONES ESPECIALES:** Líquido y gas bajo presión extremadamente frío y oxidante. Todos los indicadores, válvulas, reguladores, tubería y equipo que vayan a ser utilizados en servicio de oxígeno deberán limpiarse para servicio de oxígeno de acuerdo con lo establecido en el folleto G-4.1 de la CGA. Mantenga los contenedores y sus válvulas limpios de aceite y grasa. Se deberá utilizar tubería y equipo que estén adecuadamente diseñados para soportar las presiones bajo las cuales se vaya a operar. Utilice un dispositivo de prevención de flujo en cualquier tubería. Se deberá evitar hacer uso de materiales que sean incompatibles con uso criogénico: algunos metales como el acero al carbón pueden fracturarse fácilmente a baja temperatura. Para evitar que un líquido criogénico o gas frío queden atrapados en tubería entre válvulas, se deberá equipar la tubería con dispositivos de alivio de presión; el líquido atrapado puede generar presiones extremadamente altas al vaporizarse conforme se vaya calentando. Se deberán utilizar sólo líneas de transferencia diseñadas para líquidos criogénicos. Praxair recomienda el entubado de todos los venteos al exterior de los edificios. Nunca trabaje en un sistema presurizado. Si ocurre una fuga, cierre la válvula del cilindro. Ventee el sistema de forma segura y ambientalmente correcta en pleno cumplimiento de la legislación federal, estatal y local; posteriormente repare la fuga.

Nunca sitúe un cilindro de gas comprimido en donde pueda tomarse en parte de un circuito eléctrico. La utilización de este producto en manufactura podría generar humos y gases tóxicos o crear riesgos adicionales de toxicidad. Consulte con un experto en higiene industrial o alguna otra persona debidamente capacitada para evaluar las operaciones o procesos finales con respecto de los riesgos y establecer también medidas para proteger a los empleados.

**MEZCLAS:** Al mezclar dos o más gases licuados, sus propiedades de riesgo pueden combinarse y generar riesgos adicionales e inesperados. Obtenga y evalúe la información de seguridad de cada componente antes de generar la mezcla. Consulte a un especialista en higiene industrial o alguna otra persona debidamente capacitada al evaluar el producto final. Recuerde, los gases y líquidos cuentan con propiedades que pueden ocasionar lesiones serias o la muerte. Por medidas de seguridad está prohibido el trasvase de este producto de un cilindro hacia otro. Para transporte de este producto, el cilindro deberá ser fijado en posición vertical.



### Metano

#### 1. Producto Químico e Identificación de la Compañía

<b>Nombre del Producto:</b> Metano, comprimido (HDSP No. P-4618-F)		<b>Nombre Comercial:</b> Metano	
<b>Nombre Químico:</b> Metano		<b>Sinónimos:</b> Gas pantano, hidruro de metilo, gas de alcantarillado, gas refrigerante R50	
<b>Familia Química:</b> Alcano		<b>Grados de Producto:</b> 1.3, 2.0, 3.7 – Ultra Alta Pureza, 5.0 - Investigación	
<b>Teléfono:</b>	<b>Emergencias:</b> 01-800-7233244* 01-800-SAFE24H	<b>Nombre de la Compañía:</b> Praxair México S. de R. L. de C. V. Biólogo Maximino Martínez No 3804 San Salvador Xochimanco C.P. 02870 México D. F.	

*\*Llame a los números de emergencia las 24 horas del día sólo en caso de derrames, fugas, fuego, exposición o accidentes que involucren este producto.*

#### 2. Identificación de Riesgos

**GENERALIDADES SOBRE EMERGENCIAS**

¡PELIGRO! Gas inflamable a alta presión.  
El producto puede formar mezclas explosivas con el aire.  
Puede causar mareo y somnolencia.  
Los rescatistas podrían requerir la utilización de dispositivos de respiración autónomos y ropa protectora.  
Bajo condiciones ambientales, este es un gas incoloro e inoloro.

**ESTATUS DE REGLAMENTACIÓN DE LA OSHA:** Este material es considerado como peligroso por la Norma de Comunicación de Riesgos de la OSHA (29 CFR 1910.1200).

#### EFFECTOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

##### Efectos por Sobreexposición Simple (Aguda)

**Inhalación.** Asfixiante. Los efectos se deben a la falta de oxígeno. El producto en concentraciones moderadas puede ocasionar dolor de cabeza, mareo, somnolencia, excitación, salivación excesiva, vómito y pérdida del conocimiento. La falta de oxígeno puede ser mortal.

**Contacto con la Piel.** No se esperan lesiones.

**Ingestión.** Una ruta poco probable de exposición. Este producto es un gas a temperatura y presión normales.

**Contacto Ocular.** No se esperan lesiones.

**Efectos por Sobreexposición Repetida (Crónica).** No se esperan lesiones.

**Otros Efectos por Sobreexposición.** Asfixiante. La falta de oxígeno puede ser mortal.





**Padecimientos Médicos Agravados por Sobreexposición.** La toxicología y las propiedades físicas y químicas de este producto sugieren que la sobreexposición es poco probable que agrave padecimientos médicos ya existentes.

**CARCINOGENICIDAD:** El metano no se encuentra listado por la NTP, OSHA, o IARC.

**EFFECTOS POTENCIALES PARA EL MEDIO AMBIENTE:** Ninguno conocido. Para obtener mayor información, consulte la sección 12, Información Ecológica.

### 3. Composición/Información Sobre los Ingredientes

Consulte la sección 16 para obtener información importante acerca de las mezclas.

COMPONENTE	NÚMERO CAS	CONCENTRACIÓN
Metano	74-82-8	>99%*

\*El símbolo > significa "mayor que".

### 4. Medidas de Primeros Auxilios

**INHALACIÓN:** Retire a la víctima a un lugar en donde haya aire fresco. Administre respiración artificial si la víctima no respira. Si la respiración se torna difícil personal debidamente calificado deberá administrar oxígeno. Solicite atención médica.

**CONTACTO CON LA PIEL:** Lave el área afectada con agua y jabón. Si la irritación persiste, solicite atención médica.

**INGESTIÓN:** Una ruta poco probable de exposición. Este producto es un gas a temperatura y presión normales.

**CONTACTO OCULAR:** Lave los ojos con agua. Sostenga los párpados abiertos y separados de las órbitas de los ojos para asegurar que todas las superficies sean enjuagadas perfectamente. Solicite atención médica si persisten las molestias.

**NOTAS PARA EL MÉDICO:** No existe un antídoto en específico. El tratamiento por sobreexposición deberá dirigirse hacia el control de los síntomas y a la condición clínica del paciente.

### 5. Medidas Contra Incendios

**PROPIEDADES INFLAMABLES:** Gas inflamable.

**MEDIOS DE EXTINCIÓN ADECUADOS:** CO<sub>2</sub>, químicos secos, rocío o neblina de agua.

**PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN:** Monóxido de carbono, bióxido de carbono.

**PROTECCIÓN PARA ESCUADRONES DE BOMBEROS:** ¡PELIGRO! Gas inflamable a alta presión. Evacue a todo el personal del área de riesgo. Rocíe de inmediato los cilindros con agua desde la distancia máxima hasta que se enfríen, teniendo precaución de no extinguir las flamas. Retire las fuentes de ignición si esto no conlleva riesgo. Retire todos los cilindros del área del incendio si esto no conlleva riesgo; mientras se continúa enfriando con rocío de agua. No extinga las flamas que salgan de los cilindros. Corte el flujo de gas si esto no conlleva riesgo, o permita que las flamas se consuman. Los rescatistas podrían requerir de la utilización de dispositivos de respiración autónomos. Las brigadas contra incendios del sitio deberán cumplir con lo establecido en OSHA 29 CFR 1910.156

**Riesgos Físicos y Químicos Específicos:** El producto forma mezclas explosivas con el aire y agentes oxidantes. El calor de un incendio puede generar presión en un cilindro y ocasionar su ruptura. Ninguna parte de un cilindro deberá someterse a una temperatura que exceda de 125°F (52°C). Los cilindros de metano vienen equipados con un dispositivo de alivio de presión. (Podrán existir excepciones de acuerdo con lo autorizado por el DOT). Si el metano que ventee o fugue ignite, no extinga las flamas. El gas inflamable puede esparcirse desde el punto de la fuga, creando un riesgo de re-ignición explosiva. Los vapores pueden ser ignitidos por luces piloto, otras flamas, personas que fumen, chispas, calentadores, equipo eléctrico, descargas estáticas, u otras fuentes de ignición en puntos distantes a aquel de manejo del producto.

## FINAL INTEGRACIÓN V

Las atmósferas explosivas pueden perdurar. Antes de reingresar a un área especialmente en espacios confinados, revise la atmósfera con un dispositivo adecuado.

**Equipo de Protección y Precauciones para Escuadrones de Bomberos.** Los bomberos deberán utilizar dispositivos de respiración autónomos y equipo de protección personal completo para extinción de incendios.

### 6. Medidas en Caso de Liberación Accidental

**PASOS QUE DEBEN TOMARSE SI EL MATERIAL SE LIBERA O DERRAMA:**

¡PELIGRO! Gas inflamable a alta presión.

**Precauciones Personales.** El producto forma mezclas explosivas con el aire. Evacue de inmediato a todo el personal del área de riesgo. Se deberán utilizar dispositivos de respiración autónomos cuando así se requiera. Retire todas las fuentes de ignición si esto no conlleva riesgo. Reduzca los vapores con rocío o neblina de agua. Corte el flujo si esto no conlleva riesgo. Ventile el área o retire el cilindro a un área bien ventilada. Los vapores inflamables podrían esparcirse desde el punto de la fuga. Antes de ingresar a un área, especialmente en espacios confinados, revise la atmósfera con un dispositivo adecuado.

**Precauciones Ambientales.** Evite que los desechos contaminen el medio ambiente circundante. Mantenga al personal alejado. Deseche cualquier producto, residuo, contenedor desechable o camisa de forma ambientalmente aceptable, en pleno cumplimiento de la reglamentación federal, estatal y local correspondiente. Si es necesario, comuníquese con su proveedor local para obtener asistencia.

### 7. Manejo y Almacenaje

**PRECAUCIONES QUE DEBEN TOMARSE PARA SU MANEJO:** El producto puede formar mezclas explosivas con el aire. Utilice sólo herramientas a prueba de chispas y equipo a prueba de explosión. Aterrice todo el equipo. Mantenga el producto alejado del calor, chispas y flamas abiertas. *El gas puede ocasionar rápida asfixia debido a deficiencia de oxígeno.* Proteja los cilindros para que no se dañen. Se deberá utilizar una carretilla adecuada para mover los cilindros; éstos no deberán jalarse, rolarse, deslizarse o dejarse caer. Todos los sistemas de metano entubados así como el equipo relacionado deberán estar aterrizados. El equipo eléctrico deberá ser del tipo que no genere chispas o a prueba de explosión. Se deberá revisar por si hay fugas con una solución de agua y jabón; nunca utilice una flama para hacer esto. Nunca intente levantar un cilindro por su capuchón; éste sólo tiene por objeto proteger a la válvula. Nunca inserte un objeto (por ejemplo llaves, destornillador, palancas) en las aberturas de un capuchón; el hacer esto puede dañar la válvula y ocasionar una fuga. Utilice una llave de banda ajustable para remover capuchones que estén muy apretados u oxidados. Abra la válvula lentamente. Si la válvula es difícil de abrir, interrumpa su uso y comuníquese con su proveedor. Para obtener información acerca de otras precauciones en la utilización de metano, consulte la sección 16.

**PRECAUCIONES QUE DEBEN TOMARSE PARA EL ALMACENAJE:** Almacene y utilice el producto con ventilación adecuada. Separe los cilindros de metano del oxígeno, cloro y otros oxidantes a por lo menos 20 ft (6.1 m), o utilice una barricada de material no combustible. Esta barricada deberá ser de por lo menos 5 ft (1.53 m) de alto y contar con una especificación de resistencia al fuego de por lo menos ½ hora. Asegure firmemente los cilindros en forma vertical para evitar que se caigan o que los tiren. Atomille el tapón de protección de la válvula firmemente en su lugar de forma manual. Se deberán colocar letreros que indiquen "No Fumar o Abrir Flamas" en las áreas de almacenaje y uso. No deberá haber fuentes de ignición. Todo el equipo eléctrico de las áreas de almacenaje deberá ser a prueba de explosión. Las áreas de almacenaje deberán cumplir con los códigos eléctricos nacionales para áreas de riesgo Clase 1. Almacene el producto sólo en donde la temperatura no exceda de 125°F (52°C). Almacene los cilindros llenos y vacíos por separado. Utilice un sistema de inventario de primeras entradas primeras salidas para evitar almacenar cilindros llenos por períodos prolongados.

**PUBLICACIONES RECOMENDADAS:** Para obtener mayor información acerca del almacenaje, manejo y utilización de este producto, consulte la publicación de Praxair P-14-153, *Lineamientos para el Manejo de Cilindros y Contenedores de Gas*. Obtenga ésta de su proveedor local.



### 8. Controles de Exposición/Protección Personal

COMPONENTE	PEL DE LA OSHA	TLV - TWA DE ACGIH (2008)
Metano	No establecido.	1000 ppm

Los TLV-TWAs deben utilizarse a manera de guía para el control de riesgos para la salud y no como líneas definitorias entre concentraciones seguras y peligrosas.

IDLH = No disponible.

#### CONTROLES DE INGENIERÍA:

**Escape Local.** Utilice un sistema de escape local a prueba de explosión si es aceptable. Consulte ESPECIAL.

**Mecánico (General).** Inadecuado; consulte ESPECIAL.

**Especial.** Utilice el producto sólo en un sistema cerrado.

Otros. Ninguno.

#### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:

**Protección Cutánea.** Utilice guantes de trabajo al manipular los cilindros. Utilice zapatos con protección metatarsiana al manipular los cilindros. Seleccione esto de conformidad con lo establecido en OSHA 29 CFR 1910.132 y 1910.133. Independientemente del equipo de protección, nunca haga contacto con partes eléctricas vivas.

**Protección Ocular/Rostro.** Seleccione esto de conformidad con lo establecido en OSHA 29 CFR 1910.133.

**Protección Respiratoria.** Será necesario apearse a un programa de protección respiratoria que cumpla con lo indicado en OSHA, 29 CFR 1910.134, ANSI Z88.2 o MSHA 30 CFR 72.710 (cuando sea aplicable) cuando las condiciones del lugar de trabajo hagan necesaria la utilización de un respirador. Se deberá utilizar un respirador alimentado con aire o un respirador de tipo de cartucho purificador de aire si el nivel de acción se excede. Se requerirá asegurarse que el respirador cuente con el factor de protección adecuado para el nivel de exposición respectivo. Si se usan respiradores de tipo de cartucho, este último deberá ser adecuado para la exposición química relacionada (por ejemplo, un cartucho para vapores orgánicos). En caso de emergencias o eventos con niveles de exposición desconocidos, se deberá utilizar un dispositivo de respiración autónomo.

### 9. Propiedades Físicas y Químicas

APARIENCIA:	Gas incoloro
OLOR:	Inoloro
UMBRAL DE OLOR:	No disponible..
ESTADO FÍSICO:	Gas a temperatura y presión normales.
pH:	No aplicable.
PUNTO DE CONGELACIÓN a 1 atm:	-296.5°F (-182.5°C)
PUNTO DE EBULLICIÓN a 1 atm:	-258.7°F (-161.5°C)
PUNTO DE INFLAMACIÓN (método de prueba):	-306°F (-187.8°C)
RANGO DE EVAPORACIÓN (Acetato de Butilo = 1):	Alto
INFLAMABILIDAD:	Inflamable.
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD EN EL AIRE, % por volumen:	INFERIOR: 5.0%      SUPERIOR: 15.0%
PRESIÓN DE VAPOR a 68°F (20°C):	No disponible.
DENSIDAD DE VAPOR a 60°F (15.6°C) y 1 atm:	0.04235 lb/ft <sup>3</sup> (0.6784 kg/m <sup>3</sup> )
GRAVEDAD ESPECÍFICA (H <sub>2</sub> O = 1) a 19.4°F (-7°C):	No disponible.



GRAVEDAD ESPECÍFICA (Aire = 1) a 60°F (15.6°C) y 1 atm:	0.56
SOLUBILIDAD EN AGUA, % vol/vol a 100°F (37.8°C) y 1 atm:	Leve
COEFICIENTE DE PARTICIÓN: n-octanol/agua:	No disponible.
TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN:	1112°F (600°C)
TEMPERATURA DE DESCOMPOSICIÓN:	No disponible.
POR CIENTO DE VOLÁTILES POR VOLUMEN:	100
PESO MOLECULAR:	16.042
FORMULA MOLECULAR:	CH <sub>4</sub>

### 10. Estabilidad y Reactividad

ESTABILIDAD QUÍMICA:  Inestable     Estable

CONDICIONES QUE DEBEN EVITARSE: Se desconocen.

**MATERIALES INCOMPATIBLES:** Agentes oxidantes. Las mezclas que contengan pentafluoruro de bromo, cloro, y óxido mercuríco amarillo, trifluoruro de nitrógeno, oxígeno líquido u difluoruro de oxígeno pueden explotar.

**PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN PELIGROSA:** La descomposición térmica o quemado podrían producir CO/CO<sub>2</sub>. A temperaturas que excedan de 1292°F (700°C) y en ausencia de oxígeno o aire, el metano puede descomponerse formándose hidrógeno.

POSIBILIDAD DE REACCIONES PELIGROSAS:  Pueden Ocurrir     No Ocurredrán

La descomposición térmica o el quemado podrían producir CO/CO<sub>2</sub>. A temperaturas que excedan de 1292°F (700°C) y en ausencia de oxígeno o aire, el metano puede descomponerse formándose hidrógeno.

### 11. Información Toxicológica

EFFECTOS POR DOSIFICACIÓN AGUDA: No se conocen.

RESULTADOS DE ESTUDIO: No se conocen.

### 12. Información Ecológica

ECOTOXICIDAD: No se conocen efectos.

OTROS EFECTOS ADVERSOS: El metano no contiene ninguna de las sustancias químicas que agotan la capa de ozono de Clase I o Clase II.





### 13. Consideraciones para el Desecho

**MÉTODO DE DESECHO DE DESPERDICIOS:** No intente desechar las cantidades residuales o no utilizadas. Devuelva el cilindro al proveedor.

### 14. Información de Transportación

<b>NOMBRE DE EMBARQUE DOT/IMO:</b> Metano, comprimido	
<b>CLASE DE RIESGO:</b> 2.1	<b>GRUPO/Zona de Envase:</b> NA/NA*
<b>ETIQUETA(s) DE EMBARQUE:</b>	<b>NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN:</b> UN1971
<b>RÓTULO (cuando se requiera):</b>	<b>RQ DE PRODUCTO:</b> Ninguna
	GAS INFLAMABLE
	GAS INFLAMABLE

\*NA = No aplicable.

**INFORMACIÓN DE EMBARQUE ESPECIAL:** Los cilindros deberán transportarse en una posición segura, en un vehículo bien ventilado. Los cilindros transportados en un compartimento cerrado y no ventilado de un vehículo pueden presentar riesgos serios de seguridad.

El embarque de cilindros de gas comprimido que hayan sido llenados sin el consentimiento del propietario, constituye como tal violación de ley federal [49 CFR 173.301(b)].

**CONTAMINANTES MARINOS:** El metano no se encuentra listado como un contaminante marino por el DOT.

### 15. Información de Reglamentación

Los siguientes requisitos de reglamentación seleccionados podrían aplicar a este producto. No todos los requisitos se identifican. Los usuarios de este producto son los únicos responsables por el cumplimiento de toda la reglamentación federal, estatal y local respectiva.

#### REGLAMANTACIÓN FEDERAL DE LOS ESTADOS UNIDOS:

EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY)

CERCLA: COMPREHENSIVE ENVIRONMENTAL RESPONSE, COMPENSATION, AND LIABILITY ACT OF 1980 (40 CFR Partes 117 y 302):

Cantidad Reportable (RQ): Ninguna

SARA: SUPERFUND AMENDMENT AND REAUTHORIZATION ACT:

**SECCIONES 302/304:** Se requiere de planeación de emergencia con base en la Cantidad de Planeación Umbral (TPQ) así como la generación de reportes de fugas con base en las Cantidades Reportables (RQ) de sustancias extremadamente peligrosas (EHS) (40 CFR Parte 355):

Cantidad de Planeación Umbral (TPQ): Ninguna  
RQ DE EHS (40 CFR 355): Ninguna

**SECCIONES 311/312:** Se requiere la presentación de la HDSP así como la generación de reportes de inventarios de sustancias químicas con identificación de categorías de riesgo de la EPA. Las categorías de riesgo de este producto son las siguientes:

<b>INMEDIATO:</b> No	<b>PRESIÓN:</b> Sí
<b>RETARDADO:</b> No	<b>REACTIVIDAD:</b> No
	<b>FUEGO:</b> Sí

**SECCIÓN 313:** Se requiere la presentación de reportes anuales sobre la liberación de sustancias químicas tóxicas de acuerdo con lo indicado en 40 CFR Parte 372.

El metano no requiere de la generación de reportes en virtud de la Sección 313.

## FINAL INTEGRACIÓN V

**40 CFR 68: PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS PARA LA PREVENCIÓN DE LIBERACIÓN ACCIDENTAL DE SUSTANCIAS QUÍMICAS:** Se requiere del desarrollo e implementación de programas de administración de riesgos en instalaciones que manufacturen, utilicen, almacenen o de alguna otra forma manipulen sustancias reguladas en cantidades que excedan los umbrales especificados.

El metano se encuentra listado como una sustancia regulada en cantidades de 10,000 lb (4536 kg) o mayores

**TSCA: TOXIC SUBSTANCES CONTROL ACT:** El metano se encuentra listado en el inventario de la TSCA.

**OSHA: OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION:**

**29 CFR 1910.119: ADMINISTRACIÓN DE SEGURIDAD DE PROCESOS DE SUSTANCIAS QUÍMICAS ALTAMENTE PELIGROSAS:** Se requiere que las instalaciones desarrollen un programa de administración de seguridad de procesos que se base en las Cantidades Umbral (TQ) de sustancias químicas altamente peligrosas.

El metano no se encuentra listado en el Apéndice A como una sustancia química altamente peligrosa. Sin embargo, en todo proceso en el que se involucre un gas inflamable en una instalación determinada en cantidades de 10,000 lb (4536 kg) o mayores quedará contemplado bajo esta reglamentación a menos que el gas se utilice como un combustible.

### REGLAMENTACIONES ESTATALES:

**CALIFORNIA:** El metano no se encuentra listado por California bajo la SAFE DRINKING WATER AND TOXIC ENFORCEMENT ACT OF 1986 (Propuesta 65).

**PENNSYLVANIA:** El metano está sujeto a la PENNSYLVANIA WORKER AND COMMUNITY RIGHT-TO-KNOW ACT (35 P.S. Secciones 7301-7320).

### 16. Otra información

Asegúrese de leer y entender todas las etiquetas e instrucciones que vienen con todos los contenedores de este producto.

**OTRAS CONDICIONES PELIGROSAS RELACIONADAS CON EL MANEJO, ALMACENAJE Y USO:** *Gas inflamable a alta presión.* Se deberá utilizar tubería y equipo que estén adecuadamente diseñados para soportar las presiones bajo las cuales se vaya a operar. Utilice un dispositivo de prevención de contraflujo en cualquier tubería. Utilice el producto sólo en un sistema cerrado. *Almacene y utilice el producto alejado del oxígeno y agentes oxidantes.* Almacene y utilice el producto sólo con ventilación adecuada. Cierre la válvula de un cilindro después de cada uso; manténgala cerrada incluso cuando esté vacío. *Nunca trabaje en un sistema presurizado.* Si se detecta una fuga, ventee el sistema de forma ambientalmente segura y en pleno cumplimiento de la legislación federal, estatal y local; posteriormente repare la fuga. *Nunca sitúe un cilindro de gas comprimido en donde pueda tornarse en parte de un circuito eléctrico.*

**NOTA:** *Previo a la utilización de plásticos, confirme su compatibilidad con el metano.* [Incluir si es aplicable].

**MEZCLAS:** Al mezclar dos o más gases o gases licuados, se pueden generar riesgos adicionales e inesperados. Obtenga y evalúe la información adicional de cada componente antes de generar la mezcla. Consulte a su experto en higiene industrial o alguna otra persona debidamente capacitada al evaluar el producto final. Recuerde, los gases y líquidos cuentan con propiedades que pueden ocasionar lesiones serias o la muerte.

### SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE RIESGOS:

<b>CLASIFICACIONES NFPA:</b>		<b>CLASIFICACIONES HMIS:</b>	
SALUD	=0	SALUD	= 0
INFLAMABILIDAD	=4	INFLAMABILIDAD	= 4
INESTABILIDAD	= 0	RIESGO FÍSICO	= 3
<b>CLASIFICACIONES NFPA:</b>		<b>CLASIFICACIONES HMIS:</b>	
ESPECIAL	=Ninguno		

### CONEXIONES DE VÁLVULA ESTÁNDAR PARA LOS ESTADOS UNIDOS Y EL CANADÁ:

<b>ROSCADAS:</b>	CGA-350
<b>YUGO PIN-INDEXED:</b>	No aplicable.
<b>CONEXIÓN DE ULTRA ALTA INTEGRIDAD:</b>	CGA-724

Utilice las conexiones CGA adecuadas. **NO UTILICE ADAPTADORES.** Se podrán aplicar conexiones estándar limitadas adicionales. Consulte el folleto V-1 de la CGA que se lista a continuación.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Etilenglicol

#### 1. Identificación del Producto

**Sinónimos:** EG; Glicol; 1,2-Dihidroxietano

**CAS No:** 107-21-1

**Peso Molecular:** 62.07

**Fórmula Química:** CH<sub>2</sub>OHCH<sub>2</sub>OH

**Codigos del producto:** GLICOLAR 1

#### 2. Composición/Información de los Ingredientes

Ingrediente	CAS No	Por Ciento	Peligroso
Etilenglicol	107-21-1	99 - 100%	Si

#### 3. Identificación de Peligros

**Reseña de Emergencia**

---

**¡AVISO! NOCIVO O FATAL SI SE INGIERE. DAÑINO SI SE INHALASE Ó ABSORBIDO A TRAVÉS DE PIEL. PUEDE PROVOCAR REACCION ALÉRGICA en la PIEL. PUEDE CAUSAR IRRITACIÓN A LA PIEL, OJOS Y TRACTO RESPIRATORIO. AFECTA EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.**

---

Salud: 2 - Moderato

Inflamabilidad: 1 - Ligero

Reactividad: 1 - Ligero

Contacto: 3 - Severo

Equipo de Protección para Laboratorio: ANTEOJOS PROTECTORES Y CUBIERTA; UNIFORME Y DELANTAL PARA LABORATORIO; CAMPANA DE VENTEO; GUANTES ADECUADOS.

Codigo de Color VERDE (Almacenaje General)

---

---



## FINAL INTEGRACIÓN V

### Efectos Potenciales de Salud

---

#### Inhalación:

La inhalación del vapor no es por lo general un problema a menos que se caliente o nebulice. La exposición a los vapores en un período largo de tiempo causa irritación de la garganta y dolor de cabeza. Puede causar náuseas, vómitos, mareos y somnolencia. Puede también ocurrir edema pulmonar y depresión del sistema nervioso central. Cuando se calienta o nebuliza, produce movimientos rápidos e involuntarios de los ojos y coma.

#### Ingestión:

Los síntomas iniciales de dosis masivas asemejan la intoxicación con alcohol, pasando a depresión del SNC, vómitos, dolor de cabeza, frecuencia respiratoria y cardíaca rápida, presión sanguínea disminuida, estupor, colapso e inconsciencia con convulsiones. La muerte puede seguir por falla respiratoria o paro cardiovascular. La dosis letal en humanos: 100 ml (3-4 onzas).

#### Contacto con la Piel:

Puede ocurrir una ligera irritación y penetración en la piel.

#### Contacto con los Ojos:

Las salpicaduras pueden causar irritación, dolor, daño ocular.

#### Exposición Crónica:

Las exposiciones bajas repetidas por cualquier ruta pueden causar severos problemas renales. Puede ocurrir también daño cerebral. Se pueden presentar alergias cutáneas. Puede dañar el feto en desarrollo.

#### Empeoramiento de las Condiciones Existentes:

Las personas que sufren de desórdenes cutáneos ya existentes, problemas oculares o función hepática, renal o respiratoria deteriorada, pueden ser más susceptibles a los efectos de esta sustancia.

### 4. Medidas de Primeros Auxilios

#### Inhalación:

Si se inhala, sacar al aire fresco. Si no respira, administre respiración artificial. Si le cuesta trabajo respirar, administre oxígeno. Llame a un médico.

#### Ingestión:

Induzca el vómito inmediatamente como lo indica el personal médico. Nunca administre nada por la boca a una persona inconsciente. Consiga atención médica.

#### Contacto con la Piel:

Quítese toda la ropa contaminada. Lave la piel con jabón y agua por lo menos 15 minutos. Busque atención médica si se presenta irritación o si ésta persiste.



### Contacto con los Ojos:

Lave los ojos inmediatamente con abundante agua, por lo menos 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente. Busque atención médica inmediatamente.

### Nota al Médico:

Administre bicarbonato de sodio intravenosamente para tratar la acidosis. El urinálisis puede mostrar baja gravedad específica, proteinuria, piuria, cilindruria, hematuria, óxido de calcio y cristales de ácido hipúrico. Se puede usar etanol como tratamiento antidoto, pero verifique la glucosa sanguínea cuando administre etanol, ya que puede causar hipoglicemia. Considere la infusión de un diurético como el manitol para ayudar a prevenir o controlar el edema cerebral y hemodiálisis para eliminar el glicol de etileno de la circulación.

### 5. Medidas Contraincendios

#### Incendio:

Temperatura de inflamabilidad: 111C (232F) CC

Temperatura de autoignición: 398C (748F)

Límites inflamables en el aire % por volumen:

Límite explosivo inferior: 3.2; Límite explosivo superior: 15.3

Peligro de incendio leve a moderado cuando se expone al calor o las llamas.

#### Explosión:

Por arriba del punto de ignición mezclas con aire son explosivas dentro de límites inflamables indicados anteriormente. Los envases pueden explotar cuando están involucrados en un incendio.

#### Medios Extintores de Incendio:

Producto químico seco, espuma o dióxido de carbono. El agua o espuma puede causar formación de espuma con burbujas. El aerosol de agua puede utilizarse para extinguir fuego que lo rodea y refrescar los contenedores expuestos al fuego. El aerosol de agua también reducirá vapores y gases irritantes.

#### Información Especial:

En el evento de un fuego, vestidos protectores completos y aparato respiratorio autónomo con mascarilla completa operando en la demanda de presión u-otro modo de presión positiva. Los gases y vapores tóxicos pueden estar liberado si involucrara en un fuego.



### 6. Medidas de Escape Accidental

Ventile el área donde ocurrió la fuga o derrame. Elimine todas las fuentes de ignición. Use el apropiado equipo protector personal como se especifica en la Sección 8. Aísle el área de peligro. Evite la entrada de personal innecesario y no protegido. Contenga y recupere el líquido cuando sea posible. Use herramientas y equipo que no formen chispas. Recoja el líquido en un recipiente apropiado o absórbalo con un material inerte (ej. vermiculita, arena seca o tierra) y colóquelo en un recipiente para desechos químicos. No use materiales combustibles como el serrín. ¡No lo elimine en los drenajes! Las Regulaciones de EE.UU. (CERCLA) requieren que se reporten los derrames y la eliminación en suelo, agua y aire de cantidades reportables excesivas. El número telefónico sin recargo del Centro de Respuesta de los Guardacostas Nacionales de EE.UU. (US Coast Guard National Response Center) es (800) 424-8802.

### 7. Manejo y Almacenamiento

Mantenga en un recipiente fuertemente cerrado, almacene en una área fresca, seca y ventilada. Proteja del daño físico. Separe de los ácidos y materiales oxidantes. Los envases de este material pueden ser peligrosos cuando están vacíos ya que retienen residuos del producto (vapores, líquido); observe todas las advertencias y precauciones que se listan para el producto.

### 8. Controles de Exposición/Protección Personal

#### Límites de Exposición Aérea:

Ethylene Glycol [107-21-1]:

-OSHA Permissible Exposure Limit (PEL):

50 ppm Ceiling

-ACGIH Threshold Limit Value (TLV):

50 ppm Ceiling (vapor)

#### Sistema de Ventilación:

Se recomienda un sistema de escape local y/o general para las exposiciones de empleados debajo de los Límites de Exposición Aérea. En general, se prefiere la ventilación de extractor local debido a que puede controlar las emisiones del contaminante en su fuente, impidiendo dispersión del mismo al lugar general de trabajo. Favor de consultar el documento ACGIH, *Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practices* (Ventilación Industrial, Un Manual de Prácticas Recomendadas), la edición más reciente, para detalles.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Respiradores Personales (Aprobados por NIOSH):

Si se excede el límite de exposición, se puede usar un respirador que cubre media cara, con un cartucho para vapores orgánicos y filtro para particulado (filtros de NIOSH tipo P95 o R95) sobrepasando, como máximo, diez veces el límite de exposición o la máxima concentración de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o por el fabricante del respirador, lo que sea inferior. Si se excede el límite de exposición o la máxima concentración de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o por el fabricante del respirador (lo que sea inferior) en 50 veces, se debe usar un respirador que cubre toda la cara con cartucho para vapores orgánicos y filtro para particulado (filtro NIOSH P100 o R100). Observe que los filtros de la serie N no son recomendados para este material. Para emergencias o situaciones en las cuales se desconoce el nivel de exposición, use un respirador abastecido por aire, de presión positiva y que cubra toda la cara. **ADVERTENCIA:** Los respiradores purificadores de aire no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno.

### Protección de la Piel:

Usen guantes protectores y vestimenta limpia para cubrir cuerpos.

### Protección para los Ojos:

Utilice gafas protectoras contra productos químicos. Mantener en el de trabajo una área instalación destinada al lavado, remojo y enjuague rápido de los ojos.

### 9. Propiedades Físicas y Químicas

#### Aspecto:

Líquido aceitoso transparente.

#### Olor:

Sin olor.

#### Solubilidad:

Miscible en agua.

#### Peso Específico:

1.1 @20C/4C pH:

No encuentro información.

#### % de Volátiles por Volumen @ 21C (70F):

100

#### Punto de Ebullición:

197.6C (388F)

#### Punto de Fusión:

-13C (9F)

#### Densidad del Vapor (Air=1):

2.14

## FINAL INTEGRACIÓN V

**Presión de Vapor (mm Hg):**

0.06 @ 20C (68F)

**Tasa de Evaporación (BuAc=1):**

No encuentro información.

### 10. Estabilidad y Reactividad

**Estabilidad:**

Estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento.

**Productos Peligrosos de Descomposición:**

Quando se calienta hasta la descomposición puede formar dióxido y monóxido de carbono. Puede producir humos acres y vapores irritantes cuando se calienta hasta la descomposición.

**Polimerización Peligrosa:**

No ocurrirá.

**Incompatibilidades:**

Agentes oxidantes fuertes. Reacciona violentamente con ácido clorosulfónico, aceites, ácido sulfúrico, ácido perclórico, causa ignición a 100 °C con dicromato de amonio, clorato de plata, cloruro de sodio y nitrato uranílico.

**Condiciones a Evitar:**

Calor, llamas, fuentes de ignición, agua (absorbe rápidamente) e incompatibles.

### 11. Información Toxicológica

**Dato Toxicológicos:**

LD50 oral en ratas: 4700 mg/kg; LD50 piel de conejos: 9530 mg/kg.

Irritation - piel de conejos: 555mg(abierta), leve; Ojo de conejos: 500mg/24H, leve.

Ha sido investigado como tumorígeno, mutagénico y causante de efectos reproductivos.

**Toxicidad Reproductiva:**

Ha demostrado producir efectos teratogénicos en animales de laboratorio.

Ingrediente	—Lista de Cánceres\—		Categoría IARC
	—Carcinógeno NTP— Conocido	Anticipado	
Glicol Etileno (107-21-1)	No	No	Ninguno





### 12. Información Ecológica

#### **Suerte Ecológica:**

Cuando se elimina en el suelo, se espera que este material se biodegrade rápidamente.  
Cuando se elimina en el suelo, se espera que este material se filtre en las aguas subterráneas.  
No se espera que este material se evapore significativamente cuando se elimina en el suelo.  
Cuando se elimina en el agua, se espera que este material se biodegrade rápidamente. Cuando se elimina en el agua, se espera que este material tenga una vida media entre 1 y 10 días. No se espera que este material se bioacumule significativamente. Este material tiene un coeficiente logarítmico de repartición octanol-agua inferior a 3.0. No se espera que este material se evapore significativamente cuando se elimina en el agua. Cuando se elimina en el aire, se espera que este material se degrade rápidamente por la reacción con los radicales hidroxílicos producidos fotoquímicamente. Cuando se elimina en el aire, se espera que este material tenga una vida media entre 1 y 10 días.

#### **Toxicidad Ambiental:**

Los valores de LC50/96-horas para peces son superiores a 100 mg/l.

### 13. Consideraciones de Desecho

Lo que no pueda salvarse para recuperar o reciclar debe manejarse en una instalación de eliminación de residuos, aprobada y apropiada. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de administración de residuos. Las regulaciones de eliminación local o estatal pueden diferir de las regulaciones de eliminación federal. Deseche el envase y el contenido no usado de acuerdo con los requerimientos federales, estatales y locales.

### 14. Modos de Transporte

No regulados.



### 15. Información Reguladora

\_\_\_\_\Estado de Inventario Químico - Parte 1\\_\_\_\_\_  
 Ingrediente TSCA EC Japan Australia

Etilenglicol (107-21-1) Si Si Si Si

\_\_\_\_\Estado de Inventario Químico - Parte 2\\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_Canada\_\_\_\_\_  
 Ingrediente Korea DSL NDSL Phil.

Etilenglicol (107-21-1) Si Si No Si

\_\_\_\_\Regulaciones Federales, Estatales e Internacionales - Parte 1\\_\_\_\_\_  
 -SARA 302- \_\_\_\_\_SARA 313\_\_\_\_\_ Ingrediente RQ  
 TPQ List Chemical Catg.

Etilenglicol (107-21-1) No No Si No

\_\_\_\_\Regulaciones Federales, Estatales e Internacionales - Parte 2\\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_RCRA- -TSCA-  
 Ingrediente CERCLA 261.33 8(d)

Etilenglicol (107-21-1) 5000 No No

Chemical Weapons Convention: No TSCA 12(b): No CDTA: No  
 SARA 311/312: Agudo: Si Crónico: Si Inflamabilidad: No Presion: No  
 Reactividad: No (Puro / Líquido)

**Australian Hazchem Code:** No regulado.

**Poison Schedule:** No regulado.

**WHMIS:**

Esta HDSM ha sido preparada de acuerdo con el criterio de peligro de las Regulaciones de Productos Controlados (CPR siglas en inglés), y la Hoja de Datos de Seguridad del Material contiene toda la información requerida por las CPR.

### 16. Otra Información

**Clasificaciones NFPA:** Salud: 1 Inflamabilidad: 1 Reactividad: 0

**Etiqueta de Advertencia de Peligro:**

¡AVISO! NOCIVO O FATAL SI SE INGIERE. DAÑINO SI SE INHALASE Ó ABSORBIDO A TRAVÉS DE PIEL. PUEDE PROVOCAR REACCION ALÉRGICA en la PIEL. PUEDE CAUSAR IRRITACIÓN A LA PIEL, OJOS Y TRACTO RESPIRATORIO. AFECTA EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.





## FINAL INTEGRACIÓN V

### **Etiqueta de Precauciones:**

No inhale el vapor o neblina.

Utilice solamente con ventilación adecuada.

Mantenga recipiente cerrado.

Evite contacto con ojos, piel y vestimentos.

Lave completamente después de manipuleo.

### **Etiqueta de Primeros Auxilios:**

Si inhalara, retirarse al aire fresco. Si la persona no respira, dar respiración artificial. Si respiración fuera difícil, dar oxígeno. Si hubo contacto, lave los ojos o piel inmediatamente con agua abundante por lo menos 15 minutos. Llame a un médico si se presenta o persiste irritación. Si se ingirió, dé a tomar agua o leche e induzca el vómito. Nunca administre algo por la boca a una persona inconsciente. En todos los caso llamar a un médico.

## FINAL INTEGRACIÓN V

### Dietilenglicol

DIETILENGLICOL		ICSC: 0619	
Etilenglicol 3-Oxipentano-1,5-diol 2,2'-Oxibis-etanol		2,2'-Dihidroxi-etil éter 2,2'-Oxidietanol	
<b>CAS:</b> 111-46-6 <b>RTECS:</b> ID5950000 <b>CE Índice Anexo I:</b> 603-140-00-6 <b>CE / EINECS:</b> 203-872-2	<b>C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O<sub>3</sub> / (CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH)<sub>2</sub>O</b> <b>Masa molecular:</b> 106,1		
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Combustible.	Evitar las llamas.	Poivo, espuma resistente al alcohol, pulverización con agua, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN			
EXPOSICIÓN		¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO!	
Inhalación		Ventilación.	Aire limpio, reposo.
Piel		Guantes de protección.	Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
Ojos		Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad).
Ingestión	Dolor abdominal. Náuseas. Vómitos. Diarrea. Vértigo. Somnolencia. Confusión. Pérdida del conocimiento.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Dar a beber uno o dos vasos de agua. Proporcionar asistencia médica inmediatamente. Ver Notas.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Protección personal complementaria: filtro para gases y vapores orgánicos adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Eliminar el líquido derramado con agua abundante.		<b>Clasificación UE</b> Símbolo: Xn R: 22 S: (2)-46 <b>Clasificación GHS</b> Peligro Nocivo en caso de ingestión. Provoca daños en el hígado por ingestión. Puede provocar somnolencia o vértigo.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Código NFPA: H1; F1; R0;		Mantener en lugar seco. Bien cerrado. Separado de oxidantes fuertes.	



DIETILENGLICOL		ICSC: 0619
<b>DATOS IMPORTANTES</b>		
<b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO:</b> Líquido higroscópico, viscoso, incoloro e inodoro.	<b>VÍAS DE EXPOSICIÓN:</b> La sustancia se puede absorber por ingestión.	
<b>PELIGROS QUÍMICOS:</b> Reacciona violentamente con oxidantes fuertes originando peligro de incendio y explosión. Ataca algunas formas de plástico.	<b>RIESGO DE INHALACIÓN:</b> Por evaporación de esta sustancia a 20°C no se alcanza, o se alcanza sólo muy lentamente, una concentración nociva en el aire sin embargo, más rápidamente por pulverización o cuando se dispersa.	
<b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN:</b> TLV no establecido. MAK: 10 ppm; 44 mg/m <sup>3</sup> ; Categoría de limitación de pico: II(4); Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2007).	<b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:</b> La sustancia puede afectar al riñón, dando lugar a alteraciones renales. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central y al hígado por ingestión. La exposición por ingestión puede producir la muerte.	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>		
Punto de ebullición: 245°C Punto de fusión: -6,5°C Densidad relativa (agua = 1): 1,12 Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, Pa a 20°C: 2,7 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3,7	Punto de inflamación: 124°C c.c. Temperatura de autoignición: 229°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1,6-10,8 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -1,47	