

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO

Trabajo final de grado
Grado en Ingeniería Química



Paula Lafuente Simó
Joan Ramón Pájaro Crespo
Anabel Rodríguez Rengel
Carlos Salgado Espinosa
Ferriol Viñas Francisco
Veronica Fernanda Zaldivar Sánchez

Tutor: Marc Perís

Año académico: 2019 - 2020

CAPÍTULO IV



Tuberías, válvulas y accesorios

ÍNDICE

4.1 Tuberías.....	3
4.1.1 Selección de las tuberías.....	3
4.1.2 Nomenclatura de tuberías.....	5
4.1.3 Elección del material de las tuberías	6
4.1.4 Presión de trabajo, presión de diseño y máxima presión admisible.	7
4.1.4.1 Presión de diseño	7
4.1.4.2 Máxima presión admisible.....	8
4.1.5 Temperatura de diseño y de trabajo	10
4.1.6 Velocidades de circulación de los fluidos y diámetros de las tuberías	11
4.1.7 Selección de Schedule de las tuberías	13
4.1.8 Enrutamiento de tuberías bajo tierra.....	13
4.1.9 Aislamiento térmico de tuberías.....	14
4.1.10 Limpieza de las tuberías	17
4.1.11 Listado de tuberías	18
4.1.11.1 Tuberías área 100.....	19
4.1.11.2 Tuberías área 200.....	21
4.1.11.3 Tuberías área 300.....	22
4.1.11.4 Tuberías área 400.....	23
4.1.11.5 Tuberías área 500.....	24
4.1.11.6 Tuberías área 600.....	26
4.1.11.7 Tuberías área 1000.....	28
4.2 Bombas.....	30
4.2.1 Selección del tipo de bombas	30
4.2.2 NPSH de las bombas.	31
4.2.3 Consideraciones importantes para las bombas de óxido de etileno.....	31
4.2.4 Nomenclatura de bombas.....	32
4.2.5 Listado de bombas	32
4.2.6 Hojas de especificaciones de bombas.....	34
4.2.6.1 Bombas área 100.....	34
4.2.6.2 Bombas área 300.....	38
4.2.6.3 Bombas área 400.....	41
4.2.6.4 Bombas área 500.....	43
4.2.6.5 Bombas área 600.....	45
4.3 Compresores y expansores	46
4.3.1 Selección del tipo de compresores y expansores	46
4.3.2 Nomenclatura de los compresores	47

4.3.3	Listado de compresores y expansores	48
4.3.4	Hojas de especificaciones de compresores y expansores	50
4.3.4.1	Compresores área 100.....	50
4.3.4.2	Compresores área 200.....	51
4.3.4.3	Compresores área 300.....	52
4.3.4.4	Compresores área 400.....	53
4.3.4.5	Compresores área 500.....	54
4.3.4.6	Expansores área 300	55
4.3.4.7	Expansores área 500	56
4.4	Válvulas y bridas	57
4.4.1	Selección de válvulas y bridas.....	57
4.4.1.1	Válvulas de todo o nada.....	57
4.4.1.2	Válvulas de regulación de flujo.....	58
4.4.1.3	Válvulas de alivio de presión.....	59
4.4.1.4	Válvulas en y.....	59
4.4.1.5	Válvulas de retención.....	60
4.4.1.6	Válvulas de control y electroválvulas.....	60
4.4.2	Uniones de válvulas con las tuberías.....	61
4.4.3	Nomenclatura de las válvulas bridas.....	62
4.4.4	Listado de válvulas y conexiones.....	62
4.4.4.1	Válvulas y conexiones área 100.....	63
4.4.4.2	Válvulas y conexiones área 200.....	66
4.4.4.3	Válvulas y conexiones área 300.....	68
4.4.4.4	Válvulas y conexiones área 400.....	71
4.4.4.5	Válvulas y conexiones área 500.....	73
4.4.4.6	Válvulas y conexiones área 600.....	76
4.5	Accesorios.....	80
4.5.1	Accesorios para cambio de flujo.....	80
4.5.2	Disco de ruptura	81
4.5.3	Accesorios contra la dilatación.	82
4.6	Bibliografía	83

4.1 Tuberías

Las tuberías son elementos indispensables para cualquier industria ya que son el medio por el cual se transportan los fluidos entre diferentes equipos o a diferentes puntos de las plantas. Las tuberías serán el medio por el cual circularán todas las corrientes del proceso y de servicios por lo que su diseño es una de las partes más importantes para el correcto funcionamiento de la planta.

Para el diseño de las tuberías se debe tomar en cuenta una serie de cosas como el fluido que circulará dentro de ellas, las condiciones de dicho fluido (caudal, temperatura, presión), el material óptimo de la tubería y la velocidad a la que se quiere transportar la corriente.

En este capítulo se determinarán las tuberías utilizadas para transportar las corrientes del proceso y de servicios con todas sus características y condiciones de operación. Se exceptuarán las tuberías referentes a la EDAR, las áreas de oficinas y laboratorios, zonas sociales y taller de la planta.

4.1.1 Selección de las tuberías

Para el diseño de las tuberías en ETHOXID se han seguido criterios que aseguran el transporte correcto y seguro de los fluidos a los puntos donde sean requeridos. Existe una serie de parámetros para tener en cuenta durante el diseño, algunos de los cuales son:

- ✚ Condiciones de la corriente que circula por la tubería como su caudal volumétrico, presión del fluido, y temperatura del fluido.
- ✚ Velocidad deseada de circulación del fluido.
- ✚ Material de construcción de las tuberías que sea resistente a las condiciones de operación del proceso y a la corrosión que pueda ser ocasionada por los fluidos que circulen por la tubería.
- ✚ Presión y temperatura de diseño de la tubería.
- ✚ Corrosión: al circular óxido de etileno por las tuberías, será importante tener en cuenta la corrosión para el diseño de las tuberías.
- ✚ Diámetro nominal y grueso de la tubería: definirán otros factores como la velocidad de circulación del fluido y la presión máxima admisible de la tubería.
- ✚ Aislamiento externo en caso de ser necesario para evitar pérdidas de temperatura o calentamiento de las tuberías y por consiguiente del fluido que circula por ellas.
- ✚ Coste: el precio de las tuberías influirá en la evaluación económica de la planta y por lo tanto será un parámetro importante a tener en cuenta.

Para realizar el diseño de tuberías ha sido un factor de importancia el hecho de que por el mayor número de ellas circula óxido de etileno. Las tuberías por las cuales circula óxido de etileno son un potencial de peligro de incendios. Por lo tanto para su diseño se tendrán presentes una serie de consideraciones **[16]**, entre las cuales están:

Minimización de las tuberías por las que circula óxido de etileno a través de áreas de la planta consideradas peligrosas.

- ✚ Minimización de tuberías de óxido de etileno adyacentes a líneas de temperaturas de más de 200°C, donde existe la posibilidad de calentar la tubería.
- ✚ Minimización de las tuberías de óxido de etileno cerca de líneas que contengan productos químicos corrosivos que podrían dañar las tuberías.
- ✚ Protección de tuberías al nivel del suelo contra daños de impacto.
- ✚ Aislamiento térmico de las tuberías de óxido de etileno para evitar aumentos de temperatura no deseados.

Además de estas consideraciones, se ha tomado en cuenta lo establecido en el Reglamento APQ (RD 656/2017): ITC MIE APQ-2 “Almacenamiento de óxido de etileno en recipientes fijos” **[16]** que concierne al diseño y la operación de las tuberías.

Siguiendo dicho reglamento, la planta de ETHOXID:

- ✚ Contará con el menor número posible de conexiones de tuberías a los recipientes y equipos.
- ✚ Las tuberías serán protegidas contra dilataciones térmicas.
- ✚ En caso de fuga o drenaje de alguna tubería se tendrá un punto de recogida hacia el cual el fluido circulará por gravedad.
- ✚ Las uniones en las tuberías serán soldadas excepto las necesarias para un desmontaje que permita la limpieza de polímero formado en las tuberías, que serán uniones bridadas.
- ✚ Las uniones bridadas entre tuberías lo serán mediante brida metálica con la junta de tipo espirometálica rellena de materiales apropiados.
- ✚ No se utilizarán tuberías roscadas.

4.1.2 Nomenclatura de tuberías

Con el fin de identificar de manera más fácil las tuberías y de beneficiar a la comprensión de los diagramas de ingeniería(P&ID), se ha establecido una nomenclatura que seguirán todas las tuberías de la planta. Esta nomenclatura consiste en cuatro diferentes identificadores asignados para cada tubería de la manera que se muestra a continuación:

A – B - C - D

A: Este primer identificador hace referencia al *nominal pipe size* o diámetro nominal de la tubería, el NPS es dado en pulgadas, y su equivalente en el sistema métrico (mm) es el DN. En este caso, será indicado en pulgadas.

B: El segundo identificador hará referencia al fluido o mezcla de fluidos que circula por la tubería. Para esto se ha definido también una nomenclatura para los fluidos, en la cual se indica por una F si se trata de un fluido puro, seguida de un número asignado a cada fluido. En caso de tratarse de una mezcla de diferentes fluidos, se indicará por una M seguida de un número asignado a la mezcla. La nomenclatura de todos los fluidos y las mezclas se indican en la siguiente tabla.

Table 4.1. Nomenclatura de los fluidos y las mezclas que circulan en la planta.

Código	Compuesto	Código	Mezcla
F01	Etileno	M01	F01, F02, F03
F02	Oxígeno	M02	F01, F02, F03, F04, F07, F08
F03	Nitrogeno	M03	F03, F04, F07, F08
F04	Agua	M04	F04, F07, F08
F05	Monoetanolamina	M05	F04, F08
F06	Ácido Sulfhídrico	M06	F02, F03, F04, F05, F06, F07, F08
F07	Dióxido de Carbono	M07	F01, F02, F03, F04, F05, F07, F08
F08	Óxido de Etileno	M08	F01, F03, F04, F05, F07
F09	DOWTHERM-A	M09	F04, F05, F07, F08
		M10	F01, F02, F03, F04
		M11	F01, F03, F04, F05, F07, F08
		M12	F01, F02, F03, F07, F08
		M13	F01, F02, F03, F04, F08
		M14	F04, F05
		M15	F03, F04, F05, F06
		M16	F04, F05, F08

C: El tercer indicador hace referencia al material de las tuberías, en el caso de ser tuberías de proceso, de áreas de almacenamiento y de servicios, y por lo tanto todas las tuberías diseñadas para este capítulo, el material será acero inoxidable 316L, por los motivos que se explican en el **Apartado 4.1.3**, este material se indicará como SS316L.

D: El cuarto y último indicador hará referencia a un número asignado para cada tubería. Este número será de tres cifras y dependerá del área en la que la tubería está situada y del número de tuberías que presentes en dicha área.

Ejemplo de nomenclatura

La corriente número 6 consiste en la primera corriente en entrar al área de reacción del proceso (A-200), esta corriente está formada por etileno, oxígeno, nitrógeno, agua, dióxido de carbono y una pequeña cantidad de óxido de etileno. En la **Tabla 4.1**, se puede observar que dicha mezcla es denominada M02 y por lo tanto se sabe que el indicador B será M02. Se ha determinado el NPS (in) de la tubería, obteniéndose como resultado 22 pulgadas, y por lo tanto el identificador A será igual a 22". Como se ha indicado antes, el material de las tuberías de proceso será acero inoxidable 316L, por lo que C equivaldrá a SS316L y al tratarse de la primera tubería en el área 200, se le asigna el número de tubería 201. Finalmente la nomenclatura de esta tubería será:

22"-M02-SS316L-201

4.1.3 Elección del material de las tuberías

Como se ha mencionado antes, la mayor parte de las tuberías con las que se cuenta en ETHOXID transportarán caudales de mezclas que contienen óxido de etileno, e incluso caudales de óxido de etileno puro. Como ya ha sido especificado, el óxido de etileno se trata de un compuesto potencialmente inflamable. Es por esto que la elección del material de las tuberías es un aspecto de gran importancia.

De acuerdo con la normativa *APQ ITC MIE APQ-2 [16]* deberá emplearse como material constructivo el acero al carbono o el acero inoxidable. La diferencia entre acero inoxidable y el acero al carbono reside en la cantidad de cromo de la composición. El acero inoxidable, aparte del hierro y carbono que forman el acero al carbono, contiene cromo para evitar la oxidación **[23]**. La presencia de cromo da origen a una mayor resistencia a la corrosión que el acero al carbono. Por lo tanto se ha procedido a elegir como material de las tuberías el acero inoxidable.

Posteriormente, se han considerado las condiciones del proceso, y se ha observado que se cuenta con corrientes a temperaturas superiores a los 300°C y temperaturas tan bajas como -190°C en el caso de las corrientes de nitrógeno que entran al área de almacenamiento de materias primas. Para estos rangos de temperatura, de acuerdo con el código ASME B31.3 [3] los aceros inoxidable austeníticos de la serie 300 son adecuados (se utilizan para procesos de la industria química y petroquímica y soportan temperaturas tan bajas como -254°C y tan elevadas como 900°C). [12]

Dentro de la serie 300, el acero inoxidable 316L es considerado el más resistente al calor, además de tener una resistencia a la corrosión más elevada que el resto de los aceros en esta serie y mejores propiedades mecánicas. Por lo tanto, finalmente se ha elegido el acero inoxidable 316L como material de construcción de las tuberías de ETHOXID.

4.1.4 Presión de trabajo, presión de diseño y máxima presión admisible.

Otro de los factores importantes para tener en cuenta en el diseño de las tuberías es la presión. Se han tomado en cuenta tres diferentes presiones, la presión de diseño, la presión de trabajo de trabajo y la máxima presión admisible de cada tubería. La presión de trabajo se trata simplemente de la presión a la que se encuentra la corriente que circula por la tubería. En cuanto a la presión de diseño y la presión máxima admisible, estas se explican a continuación.

4.1.4.1 Presión de diseño

La presión de diseño es la presión en la condición más severa que se puede esperar durante el proceso, esta tiene en cuenta las condiciones de presiones internas y externas de la tubería y fuentes de presión añadida como cargas por efectos ambientales, oscilaciones y golpes de ariete, operación inapropiada, descomposición de fluidos inestables, carga estática y fallas de dispositivos de control, entre otros [3]. Dicha presión de diseño será menor en todas las tuberías que la máxima presión admitida, y será mayor que la presión de trabajo.

Gran parte de los equipos y tuberías con los que se cuenta en ETHOXID estarán trabajando a presiones superiores a la atmosférica, por esto se deberán establecer accesorios para contener o aliviar de forma segura cualquier presión no esperada a la que la tubería pueda estar sujeta. Para conseguir esto se han instalado válvulas de alivio (PSV) que se ajustan a la presión de diseño de las tuberías y se dimensionan para evitar que estas se sobrepresuricen. De acuerdo con el código ASME Sección VIII div. 1 y 2 un valor recomendable de presión a la cual las válvulas de alivio entran en acción será un 10% sobre la presión de trabajo. En el mismo código se indica que en el caso de tuberías que cuenten

con dichas válvulas, la presión de diseño de la tubería será la misma que la de la válvula. De esta manera, para las tuberías que cuentan con válvulas de alivio de presión, se ha multiplicado la presión de trabajo por 1.10 para obtener la presión de diseño. En el caso de tratarse de tuberías que no cuenten con válvulas de alivio se ha determinado la presión de diseño como un 20% sobre la presión de trabajo.

De acuerdo la normativa *APQ ITC MIE APQ-2* la presión de diseño para tuberías o equipos por los cuales circula óxido de etileno no deberá ser inferior a 4bar, por lo tanto, en los casos de las tuberías en las que al aplicar el 20% resultaba en una presión inferior a 4 bar, se ha considerado finalmente 4 bar como la presión de diseño.

4.1.4.2 Máxima presión admisible.

Otra presión importante que se ha tenido en cuenta para el diseño de las tuberías es la máxima presión admisible. Esta presión será la máxima presión a la que la tubería funcionará correctamente a la temperatura de diseño y se ha calculado de acuerdo con la **Ecuación 4.1** obtenida del *código ASME B31.3*. Esta ecuación da la relación entre el grueso de la pared (**t**, en pulgadas), el máximo esfuerzo de tracción permitido (**S**, en psi), el factor de calidad de la tubería (**E**), el diámetro externo de la tubería (**D**, en pulgadas) y el coeficiente de grueso de la pared (**Y**).

$$\text{Ecuación 4.1. } P = \frac{2 \cdot t \cdot S \cdot E}{D - 2Y}$$

El coeficiente del grueso de la pared se ha obtenido a partir de la **Tabla 4.2** obtenida también del *código ASME B31.3*. Sabiendo que el material de las tuberías es acero austenítico y que la temperatura de las tuberías no superará los 482°C, el valor de Y para todas las tuberías será de 0.4.

Tabla 4.2 Valores del coeficiente Y para diferentes materiales y temperaturas de diseño.

Materiales	Temperatura, °C (°F)					
	≤ 482 (900 y menores)	510 (950)	538 (1.000)	566 (1.050)	593 (1.100)	≤ 621 (1.150 y mayores)
Aceros Ferríticos	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Aceros Austeníticos	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7
Otros metales ductiles	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Hierro Fundido	0,0

Este coeficiente del grueso de la pared de la tubería toma en cuenta la suma de las tolerancias mecánicas y las tolerancias de corrosión y erosión de la tubería. Por lo que estos se estarán tomando en cuenta también para obtener la máxima presión permitida.

En cuanto al factor de calidad de la tubería, este se ha obtenido de la **Tabla 4.3 [22]** y depende del material de las tuberías. Las tuberías tipo A312 son tuberías austeníticas de acero inoxidable que han pasado el examen radiográfico al 100%, lo cual corresponde a las características de las tuberías en ETHOXID, y por lo tanto, se tiene un valor de $E=1$.

Tabla 4.3. Factores de calidad E para diferentes tipos de tuberías.

Spec no.	Class (or Type)	Description	E	Notes
A182	-	Forgings and Fittings	1.00	-
A268	-	Seamless Tube	1.00	-
	-	Electric Fusion Welded Tube, Double Butt Seam	0.85	-
	-	Electric Fusion Welded Tube, Single Butt Seam	0.80	-
A269	-	Seamless Tube	1.00	-
	-	Electric Fusion Welded Tube, Double Butt Seam	0.85	-
	-	Electric Fusion Welded Tube, Single Butt Seam	0.80	-
A312	-	Seamless Pipe	1.00	-
	-	Electric Fusion Welded Pipe, Double Butt Seam	0.85	-
	-	Electric Fusion Welded Pipe, Single Butt Seam	0.80	-

Para obtener el valor del esfuerzo de tracción permitido por la tubería, se ha utilizado la **Tabla 4.4 [7]**, en la cual se indica el valor de S en megapascales en función de la temperatura de diseño. Los valores utilizados de la Tabla 4.4 son los de la columna TP316L ya que hacen referencia a Tubular Products (TP) del material SS316L.

Tabla 4.4 Tensión de tracción S permitida por el acero inoxidable 316L a diferentes temperaturas de diseño.

Type/Grade	F321	F316L	TP316L
-30 to 40°C [MPa]	138	115	97.9
≤ 65°C [MPa]	130	106	97.9
≤ 100°C [MPa]	123	96.3	97.9
≤ 125°C [MPa]	118	91.3	97.9
≤ 150°C [MPa]	114	87.4	97.9
≤ 200°C [MPa]	106	81.2	93.0
≤ 250°C [MPa]	99.7	76.0	87.2
≤ 300°C [MPa]	94.5	72.5	82.9
≤ 325°C [MPa]	92.3	71.2	81.6
≤ 350°C [MPa]	90.7	70.0	80.2
≤ 375°C [MPa]	89.4	68.8	78.4
≤ 400°C [MPa]	87.5	67.5	77.2
≤ 425°C [MPa]	68.9	66.3	75.9

Una vez obtenidos todos los parámetros anteriores se calcula la máxima presión admisible, y el resultado se multiplica por 0.875, teniéndose una reducción del 12.5% de la presión admisible como parámetro de seguridad. Un ejemplo de cálculo en donde se aplica todo lo anterior puede ser observado en el **Capítulo 11. Manual de cálculos**.

Todas las presiones antes mencionadas se presentan en las tablas del listado de tuberías que se encuentran en este capítulo y con el fin de obtener una relación entre ellas, se ha calculado además, a partir de la presión máxima que admite cada tubería, un porcentaje de sobrepresión admitido con respecto a la presión de diseño.

4.1.5 Temperatura de diseño y de trabajo

Para el diseño de las tuberías se tienen en cuenta dos temperaturas. Una de ellas será la temperatura de trabajo y la otra será la de diseño. Como se ha podido ver, la temperatura es también un factor de suma importancia ya que de ella dependerán otros valores como por ejemplo los de la máxima presión admitida.

La temperatura de trabajo será la temperatura a la cual se encuentra el fluido que circula la tubería, y la temperatura de diseño se definirá de acuerdo con las siguientes especificaciones encontradas en el *código ASME B31.3*.

a) Para temperaturas de fluidos inferiores a 65 °C (150 °F), la temperatura del componente se deberá considerar como la temperatura del fluido, a menos que la radiación solar, las temperaturas mínimas y máximas del sitio donde se ubica la planta u otros efectos den como resultado una temperatura más alta. Una temperatura potencial comúnmente asumida debido al calentamiento solar para las tuberías expuestas al sol es de 50 °C

(b) Para temperaturas de flujo de 65 °C y superiores, la temperatura para componentes no aislados no deberá ser menor al 95% de la temperatura del fluido, a menos que una temperatura de pared promedio menor se determine mediante pruebas o cálculos de transferencia de calor.

(c) Para tuberías aisladas externamente, la temperatura de diseño del componente será la temperatura del fluido, a menos que los cálculos, las pruebas o la experiencia de servicio basado en mediciones justifique el uso a otra temperatura.

Es importante que la mayoría de las corrientes en ETHOXID conserven su temperatura deseada, tanto para evitar la polimerización del óxido de etileno como para evitar la potenciación de un posible incendio, por lo tanto, una gran parte de las tuberías se

encontrará aislada térmicamente. En estos casos, la temperatura de diseño, de acuerdo con el punto (c) antes mencionado, será la misma que la temperatura de trabajo.

Para las tuberías que no cuenten con un aislamiento térmico se ha decidido seguir el valor recomendado por el código ASME de 50°C para la temperatura de diseño.

4.1.6 Velocidades de circulación de los fluidos y diámetros de las tuberías

Para definir el diámetro de las tuberías, se ha realizado una aproximación teórica que consiste en elegir primeramente velocidades típicas de circulación de fluidos por las tuberías, que se encuentran en la **Tabla 4.5. [23]**

Se tomarán en cuenta las velocidades de fluidos líquidos poco viscosos en la entrada y salida de bombas y líneas de conducción, y velocidades para corrientes de aire o gas para las tuberías del proceso y además se tomará en cuenta la velocidad típica del vapor de agua para las tuberías de servicios por las cuales circula dicho fluido.

Tabla 4.5. Velocidades típicas de circulación de fluidos por tuberías.

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

En las tuberías del área 100 (almacenamiento y acondicionamiento de materias primas) en las cuales se mezclan los reactivos, se han elegido las velocidades más altas posibles dentro del rango de velocidades típicas con el fin de garantizar una mayor turbulencia y por lo tanto la mezcla correcta de los reactivos antes de ser dirigidos hacia el área 200 e introducidos en el reactor.

A partir de las velocidades típicas elegida y de los caudales volumétricos se calcula un diámetro interno, como se explica en el **Capítulo 11. Manual de Cálculos**. Este diámetro interno será una aproximación al diámetro que verdaderamente tendrá la tubería y con este se procede a definir el diámetro nominal de la tubería a partir de la **Tabla 4.6 [21]**, que contiene diámetros y gruesos de tuberías reales. El NPS o DN en mm que se elegirá será

similar pero mayor al diámetro interno obtenido a partir de la aproximación hecha previamente.

De acuerdo con el *APQ ITC MIE APQ-2* el diámetro mínimo de las tuberías y conexiones por las cuales circule óxido de etileno será como mínimo de 25 milímetros. Por este motivo, no se tendrán tuberías con un NPS menor a 1 pulgada si por ellas circula óxido de etileno.

Tabla 4.6. Diámetros y groesos de tuberías reales de acero inoxidable.

Nominal Pipe Size		Outside Diameter (mm)	Nominal Wall Thickness Schedule																		
NPS	DN		OD	SCH 5s	SCH 10s	SCH 10	SCH 20	SCH 30	SCH 40s	SCH STD	SCH 40	SCH 60	SCH 80s	SCH XS	SCH 80	SCH 100	SCH 120	SCH 140	SCH 160	SCH XXS	
1/8	6	10.3		1.24					1.73	1.73	1.73		2.41	2.41	2.41						
1/4	8	13.7		1.65					2.24	2.24	2.24		3.02	3.02	3.02						
3/8	10	17.1		1.65					2.31	2.31	2.31		3.20	3.20	3.20						
1/2	15	21.3	1.65	2.11					2.77	2.77	2.77		3.73	3.73	3.73				4.78	7.47	
3/4	20	26.7	1.65	2.11					2.87	2.87	2.87		3.91	3.91	3.91				5.56	7.82	
1	25	33.4	1.65	2.77					3.38	3.38	3.38		4.55	4.55	4.55				6.35	9.09	
1 1/4	32	42.2	1.65	2.77					3.56	3.56	3.56		4.85	4.85	4.85				6.35	9.70	
1 1/2	40	48.3	1.65	2.77					3.68	3.68	3.68		5.08	5.08	5.08				7.14	10.15	
2	50	60.3	1.65	2.77					3.91	3.91	3.91		5.54	5.54	5.54				8.74	11.07	
2 1/2	65	73	2.11	3.05					5.16	5.16	5.16		7.01	7.01	7.01				9.53	14.02	
3	80	88.9	2.11	3.05					5.49	5.49	5.49		7.62	7.62	7.62				11.13	15.24	
3 1/2	90	101.6	2.11	3.05					5.74	5.74	5.74		8.08	8.08	8.08						
4	100	114.3	2.11	3.05					6.02	6.02	6.02		8.56	8.56	8.56		11.13		13.49	17.12	
5	125	141.3	2.77	3.40					6.55	6.55	6.55		9.53	9.53	9.53		12.70		15.88	19.05	
6	150	168.3	2.77	3.40					7.11	7.11	7.11		10.97	10.97	10.97		14.27		18.26	21.95	
8	200	219.1	2.77	3.76		6.35	7.04	8.18	8.18	8.18	10.31	12.70	12.70	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01	22.23		
10	250	273.1	3.40	4.19		6.35	7.80	9.27	9.27	9.27	12.70	12.70	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58	25.40		
12	300	323.9	3.96	4.57		6.35	8.38	9.53	9.53	10.31	14.27	12.70	12.70	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32	25.40		
14	350	355.6	3.96	4.78	6.35	7.92	9.53		9.53	11.13	15.09		12.70	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71			
16	400	406.4	4.19	4.78	6.35	7.92	9.53		9.53	12.70	16.66		12.70	21.44	26.19	30.96	36.53	40.49			
18	450	457.2	4.19	4.78	6.35	7.92	11.13		9.53	14.27	19.05		12.70	23.83	29.36	34.93	39.67	45.24			
20	500	508	4.78	5.54	6.35	9.53	12.70		9.53	15.09	20.62		12.70	26.19	32.54	38.10	44.45	50.01			
22		559	4.78	5.54	6.35	9.53	12.70		9.53		22.23		12.70	28.58	34.93	41.28	47.63	53.98			
24	600	610	5.54	6.35	6.35	9.53	14.27		9.53	17.48	24.61		12.70	30.96	38.89	46.02	52.37	59.54			
26		660			7.92	12.70			9.53				12.70								
28	700	711			7.92	12.70	15.88		9.53				12.70								
30		762	6.35	7.92	7.92	12.70	15.88		9.53				12.70								
32	800	813			7.92	12.70	15.88		9.53	17.48			12.70								
34		884			7.92	12.70	15.88		9.53	17.48			12.70								
36	900	914			7.92	12.70	15.88		9.53	19.05			12.70								
38		965							9.53				12.70								
40	1000	1016							9.53		12.70										

4.1.7 Selección de Schedule de las tuberías

Para poder saber el grueso de las tuberías se ha de definir el Schedule de estas. El grueso de las paredes de las tuberías será mayor para un mismo NPS mientras mayor sea el Schedule.

Todas las tuberías han sido diseñadas inicialmente para un Schedule de 10 (SCH10), posteriormente se calcula la máxima presión admisible para la tubería con ese Schedule y se obtiene el porcentaje de sobrepresión que aceptaría la tubería. Si este porcentaje era igual o superior a un 20% se mantenía el Schedule de 10, en caso contrario se ha procedido a diseñar la tubería con el siguiente Schedule mayor.

Se ha seguido este proceso hasta que el porcentaje de sobrepresión admitido resultara en un 20% o mayor, llegándose en algunos casos a necesitar un Schedule de XS (*extra strong*) para conseguirlo. Estas tuberías con un mayor grueso de pared, y por lo tanto mayor presión máxima admisible, se encontrarán en su mayoría en la zona de reacción, lo cual también beneficiará a la planta en cuanto a seguridad.

4.1.8 Enrutamiento de tuberías bajo tierra

El enrutamiento de las tuberías de óxido de etileno bajo tierra aumenta la posibilidad de corrosión y dificulta la inspección. Sin embargo, puede reducir la necesidad de aislamiento y reduce significativamente la exposición potencial al fuego [16]. Es por esto que las tuberías que contienen el óxido de etileno producto y que circularán hacia el área de almacenamiento estarán bajo tierra.

Para cumplir con las distancias de seguridad, el área de almacenamiento de óxido de etileno se encuentra a 60m del área de producción y por lo tanto las tuberías por las que circula el producto serán de longitudes elevadas. En el caso de encontrarse en el exterior estarían expuestas a diferentes riesgos como exposición a fuentes de calor u objetos que podrían dañar las tuberías. Por lo tanto enrutarlas bajo tierra tendrá más beneficios que desventajas.

Las tuberías que se entierren bajo tierra contarán con un sistema de protección catódica que será regularmente mantenido y que protegerá las tuberías de la corrosión (de acuerdo con el APQ ITC MIE APQ-2. Las tuberías, válvulas y accesorios se probarán antes de ser enterradas de acuerdo con los códigos de diseño.

A pesar de no ser obligatorio el aislamiento de tuberías que se encuentran bajo tierra, estas tuberías también serán aisladas para evitar los problemas antes mencionados que podrían ser ocasionados por un aumento de temperatura y para mantener el óxido de etileno a una temperatura cercana a la de su almacenamiento.

4.1.9 Aislamiento térmico de tuberías

Para evitar que el óxido de etileno alcance temperaturas que provoquen su descomposición o que aumente la posibilidad de un incendio, los equipos y tuberías que lo contengan son protegidos con un material aislante térmico e ignífugo y recubiertas por chapa de acero inoxidable.

Además de las tuberías por las que circule óxido de etileno se aislarán también las tuberías que se encuentren a temperaturas elevadas o temperaturas bajo 0°C para asegurar el bienestar de los trabajadores de la planta. También se aislarán tuberías por las que circulen fluidos de servicio y por las que circulen corrientes de las cuales es importante mantener su temperatura para que los equipos a los que arriben funcionen de manera correcta.

Para el resto de las tuberías se ha determinado si es necesario o no aislarlas de acuerdo con el *Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios* (RITE). En este se indica que deben ser aisladas las tuberías que se encuentren a temperaturas iguales o superiores a 40°C e iguales o inferiores a 15°C.

Para determinar el grueso necesario de aislante, se ha calculado mediante la **Ecuación 4.2**, especificada en el *reglamento RITE*. **[15]**

$$\text{Ecuación 4.2 } d = \frac{D}{2} \left[\text{EXP} \left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \left(\frac{D+2d_{ref}}{D} \right) - 1 \right) \right]$$

Donde:

λ_{ref} = Conductividad térmica de referencia del aislante a 10°. (W/m·K)

λ = Conductividad térmica del material empleado a la temperatura de la tubería aislada. (W/m·K)

d_{ref} = Espesor mínimo de referencia. (mm)

D = Diámetro interior del material aislante, coincide con el diámetro exterior de la tubería.

d = Espesor mínimo del aislante. (mm)

El material elegido como aislante es la lana de roca debido a que tiene una serie de ventajas entre las cuales se encuentran como el ser un material ignífugo e hidrófugo (actúa como barrera contra la humedad), tiene una alta resistencia térmica (conductividad térmica baja a temperaturas de hasta más de 700°C) [15] y es un material reciclable y sostenible.

La lana de roca utilizada se obtendrá con el proveedor ISOVER, y se han utilizado dos tipos de lana de roca, Lana de roca *TECH PIPE Section MT4.1* para tuberías cuyas temperaturas no superan los 300°C y Lana de roca *TECH Wired Mat MT 6.1* para las tuberías cuya temperatura era igual o superior a 300°C.

Para el primer tipo de lana de roca su conductividad térmica de referencia a 10° es igual a 0.038 (W/m*K) [15] y consta de un aislamiento tipo coquilla, como el que se puede observar en la **Figura 4.1**, que consiste en un recubrimiento de tuberías con forma cilíndrica y estructura concéntrica.



Figura 4.1. Lana de roca *TECH PIPE Section MT4.1*

La lana de rocha *TECH Wired Mat MT 6.1* tiene una conductividad térmica de referencia a 10°C de 0.040 (W/m*K), [15] y consiste en un aislamiento en formato de manta como observado en la **Figura 4.2**.



Figura 4.2. Lana de roca *TECH Wired Mat MT 6.1*.

Para obtener la conductividad térmica del material empleado a la temperatura de la tubería aislada se ha utilizado la **Tabla 4.7 [15]** a partir de la cual se ha interpolado para obtener la conductividad térmica a la temperaturas que no se encontraban en ella.

Tabla 4.7. Conductividades térmicas de las diferentes lanas de roca utilizadas por ISOVER a diferentes temperaturas.

Producto	Lana de Vidrio	Lana de Roca	Lana ULTIMATE	Conductividad Térmica (λ)											Reacción al fuego	Formato	Rango T ^o (°C)	
				T ^o	50	100	150	200	250	300	400	500	550	600				650
AISLAMIENTO TÉRMICO Y CALORIFUGADO PARA TUBERÍAS																		
TECH PIPE Section MT 4.0	+			λ	0,037	0,043	0,052	0,062	0,074	0,089	-	-	-	-	-	A1	Coquilla	-40-400
TECH PIPE Section MT 4.1		+		λ	0,038	0,045	0,054	0,063	0,073	0,084	-	-	-	-	-	A1	Coquilla	hasta 640
U-TECH PIPE Section MT 4.0			+	λ	0,037	0,043	0,052	0,062	0,074	0,089	-	-	-	-	-	A1	Coquilla	hasta 660
TECH Wired Mat MT 3.1		+		λ	0,040	0,047	0,057	0,067	-	0,094	0,134	0,173	0,200	-	-	A1	Manta	hasta 560
TECH Wired Mat MT 4.2		+		λ	0,041	0,047	-	0,065	-	0,090	0,124	0,167	0,217	-	-	A1	Manta	hasta 600
TECH Wired Mat MT 5.1		+		λ	0,039	0,045	0,052	0,061	-	0,081	0,106	0,137	-	0,175	0,195	A1	Manta	hasta 660
TECH Wired Mat MT 6.1		+		λ	0,040	0,045	0,051	0,058	-	0,076	0,098	0,124	-	0,156	0,174	A1	Manta	hasta 680

Para obtener el Espesor mínimo de referencia d_{ref} se ha utilizado la **Tabla 4.8, [15]** en la cual se presenta en función de la temperatura del fluido que circula por la tubería y del diámetro externo, el mínimo de aislante que se tendría que colocar.

Tabla 4.8 Aislante mínimo a colocar en las tuberías en función del diámetro externo y de la temperatura del fluido.

ISOVER TECH. Aislamiento Térmico. Espesores mínimos recomendados												
Tuberías		°C Temperatura del fluido <=										
Diámetro nominal		100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	500
Di (°)	Di (mm)	Espesor de aislamiento (mm)*										
1	34	40	50	60	80	100	120	120	140	160	200	200
1 1/2	48	50	60	80	80	100	120	140	160	180	200	220
2	60	50	60	80	100	100	120	140	160	190	210	220
2 1/2	73	60	80	100	100	110	130	140	170	190	210	230
3	89	60	80	100	110	110	130	150	180	200	220	240
4	114	80	80	110	110	120	140	160	180	210	240	250
6	168	80	80	110	120	130	150	170	190	230	260	280
8	219	80	100	120	130	130	160	180	200	240	270	290
10	273	100	100	120	130	140	170	190	210	250	290	310
12	324	100	100	120	130	140	170	200	220	260	300	320
14	356	120	120	130	140	140	180	200	230	260	300	320
16	407	120	120	130	140	150	180	200	230	270	310	330
18	457	120	120	130	140	150	180	210	240	280	320	340
20	508	120	120	130	140	150	190	210	240	280	320	350
22	559	120	130	140	150	150	190	220	250	290	330	350
24	609	130	140	140	150	150	190	220	250	290	330	360

■ TECH Pipe Section MT 4.0* ■ TECH Pipe Section MT 4.1* ■ TECH Pipe Section MT 4.1 + TECH Wired Mat MT 3.1 (2 o 3 capas)*
■ TECH Pipe Section MT 4.1 + TECH Wired Mat MT 4.2 (2 o 3 capas)* ■ TECH Wired Mat MT 4.2* ■ TECH Wired Mat MT 5.1*
■ TECH Wired Mat MT 6.1*

* Los espesores de aislamiento para los productos que se indican en la tabla están calculados para conseguir una T^o máxima superficial de 50 °C en cada caso (protección personal), para unas condiciones en exterior de Tamb de 20 °C, velocidad del viento de 0,5 m/s, una emisividad de la protección metálica de 0,13 y unas pérdidas máximas de 90 W/m², según el aislamiento clase 4 de acuerdo a la Norma EN 12828. En cualquier caso, se recomienda analizar cada proyecto de forma particular y calcular el espesor óptimo según la Norma UNE EN ISO 12241 y VDI 2055 teniendo en cuenta factores como coste de instalación, coste de la energía, periodos de amortización, etc.

Para cada tubería a aislar se sustituyen los valores obtenidos a partir de las tablas anteriores y la conductividad térmica de referencia en la ecuación obtenida del *RITE* y de esa manera se calcula el diámetro que deberá tener el aislante para mantener las tuberías a las condiciones de temperatura que se requieran y para mantener a las tuberías y a los trabajadores fuera de peligro. En el **Capítulo 11: Manual de cálculos** es posible apreciar un ejemplo de cálculo para del aislante necesario para las tuberías.

El grueso del aislante que se ha obtenido para cada tubería es uno de los parámetros que se presenta en el listado de tuberías por áreas de este capítulo.

4.1.10 Limpieza de las tuberías

Para que las superficies interiores y exteriores de las tuberías estén exentas de restos de soldadura o cuerpos extraños se realizará la limpieza de las tuberías antes de la puesta en marcha y durante las paradas por mantenimiento de la planta. De acuerdo con el *APQ ITC MIE APQ-2* en tuberías se admitirá solo la limpieza química. Las limpiezas que se llevarán a cabo en tuberías serán un decapado y pasivado.

El decapado es el proceso utilizado para eliminar el óxido, la corrosión, la oxidación repentina, la decoloración de soldaduras y la acumulación de contaminantes en el acero inoxidable, ya que estos ocasionan una reducción del contenido de cromo de la superficie de la tubería. Para esto se usarán mezclas de ácido nítrico y fluorhídrico **[10]**.

El acero inoxidable puede resistir la corrosión gracias a la capa pasiva de óxido de cromo que se forma en su superficie. La abrasión mecánica, las temperaturas elevadas, diferentes compuestos y la contaminación galvánica dañan la capa de óxido de cromo y provocan su oxidación. Para restaurar completamente la resistencia a la corrosión de las tuberías, se realizará el pasivado de las mismas. El pasivado se suele producir de modo espontáneo en las superficies de acero inoxidable, pero este será favorecido con un tratamiento de ácido nítrico como parte de la limpieza de las tuberías **[10]**.

Al final de la limpieza se realizará una inertización de las tuberías con nitrógeno y se garantizará que no quede ningún residuo para evitar el riesgo de polimerización posterior del óxido de etileno, catalizado por los ácidos.

4.1.11 Listado de tuberías

En este apartado se procede a realizar el listado de tuberías diseñadas para las áreas de producción, servicios y almacenamiento de reactivos y productos de la planta de ETHOXID. En estas tablas se presentan los parámetros descritos hasta ahora en este capítulo, además del estado de la corriente que circula por la tubería, indicado como G si se trata de un gas y L si se trata de un líquido.

También se especifica una longitud aproximada de las tuberías. Dicha longitud diferirá de su verdadera longitud y ha sido aproximada a partir de los planos realizados a escala de la planta.

4.1.11.1 Tuberías área 100.

Tabla 4.9. Listado de tuberías área 100. Tabla 1 de 2

		LISTADO DE TUBERÍAS								HOJA 1 DE 11		PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO					
		ÁREA 100			POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES					FECHA: 08/06/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA					
Corriente	Fluido	NPS (in)	Nomenclatura	Estado	Q(m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Schedule	Δx (mm)	Presión (bar)				Temperatura (°C)		Aislamiento	
										P de trabajo (bar)	P de diseño (bar)	P admisible (bar)	% Sobrepresión admisible	T de trabajo (°C)	T de diseño (°C)	Tipo	ΔX (mm)
1-A	F01	5	5"-F01-SS316L-101	G	960.5	18.78	-	10S	3.40	10.00	12.0	42.03	250.3	25.0	50.0	-	-
2-A	F02	4	4"-F02-SS316L-102	G	859.8	25.97	-	10S	3.05	10.00	12.0	46.71	289.3	25.0	50.0	-	-
3-A	F03	1/2	1/2"-F03-SS316L-103	G	19.75	23.94	4	10S	2.11	10.00	12.0	184.3	1436.0	25.0	50.0	-	-
3-B	F03	1/2	1/2"-F03-SS316L-104	G	12.32	23.94	3	10S	1.65	10.00	12.0	184.3	1436.0	25.0	50.0	-	-
3-C	F03	1/2	1/2"-F03-SS316L-105	G	12.32	23.94	4	10S	1.65	10.00	12.0	184.3	1436.0	25.0	50.0	-	-
3-D	F03	1/2	1/2"-F03-SS316L-106	G	12.32	23.94	3	10S	1.65	10.00	12.0	184.3	1436.0	25.0	50.0	-	-
1	F01	5	5"-F01-SS316L-107	G	960.5	18.78	18	10S	3.40	10.00	12.0	42.03	250.3	25.0	50.0	-	-
2	F02	4	4"-F02-SS316L-108	G	859.8	25.97	18	10S	3.05	10.00	12.0	46.71	289.3	25.0	50.0	-	-
3	F03	1/2	1/2"-F03-SS316L-109	G	19.8	23.94	7	10S	2.11	10.00	12.0	184.3	1436.0	25.0	50.0	-	-
4	M01	6	6"-M01-SS316L-110	G	1875.2	25.02	4	10S	3.40	10.00	12.0	35.18	193.2	23.9	50.0	-	-

Tabla 4.10. Listado de tuberías área 100. Tabla 2 de 2

			LISTADO DE TUBERÍAS							HOJA 2 DE 11		PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO					
			ÁREA 100			POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES				FECHA: 08/06/2020			LOCALIDAD: LA CANONJA				
Corriente	Fluido	NPS (in)	Nomenclatura	Estado	Q(m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Schedule	Δx (mm)	Presión (bar)				Temperatura (°C)		Aislamiento	
										P de trabajo (bar)	P de diseño (bar)	P admisible (bar)	% Sobrepresión admisible	T de trabajo (°C)	T de diseño (°C)	Tipo	ΔX (mm)
5	M01	4	4"-M01-SS316L-111	G	957.2	28.92	32	10S	3.05	20.15	24.2	38.27	58.3	89.4	89.4	Lana de roca	80.0
97	F05	4	4"-F05-SS316L-112	L	82.4	2.787	15	40s	6.02	50.00	60.0	94.20	57.0	40.2	40.2	Lana de roca	80.0
97A	F05	8	8"-F05-SS316L-113	L	82.4	0.709	8	40s	8.18	45.00	54.0	65.93	22.1	40.2	40.2	Lana de roca	80.0
98	F05	6	6"-F05-SS316L-114	L	102.9	1.532	6	40s	7.11	50.00	60.0	74.91	24.8	40.2	40.2	Lana de roca	80.0
98A	F05	10	10"-F05-SS316L-115	L	102.9	0.617	6	80s	15.09	48.00	57.6	99.08	72.0	40.2	40.2	Lana de roca	100.0
99	F05	4	4"-F05-SS316L-116	L	82.4	2.787	15	40s	6.02	50.00	60.0	94.20	57.0	40.2	40.2	Lana de roca	80.0
99A	F05	8	8"-F05-SS316L-117	L	82.4	0.709	8	40s	8.18	45.00	54.0	65.93	22.1	40.2	40.2	Lana de roca	80.0
100	F05	6	6"-F05-SS316L-118	L	102.9	1.532	6	40s	7.11	50.00	60.0	74.91	24.8	40.2	40.2	Lana de roca	80.0
100A	F05	10	10"-F05-SS316L-119	L	102.9	0.617	6	80s	15.09	48.00	57.6	99.08	72.0	40.2	40.2	Lana de roca	100.0
101	F05	6	6"-F05-SS316L-120	L	102.9	1.532	10	40S	7.11	50.00	60.0	74.91	24.8	40.2	40.2	Lana de roca	80.0
129	F03	10	10"-F03-SS316L-121	L	159.0	0.803	10	10S	4.19	16.50	19.8	26.62	34.5	-190.0	-190.0	Lana de roca	80.0
130	F03	8	8"-F03-SS316L-122	L	159.0	1.256	10	10S	3.76	17.00	20.4	29.81	46.1	-190.0	-190.0	Lana de roca	80.0
131	F03	10	10"-F03-SS316L-123	L	159.0	0.803	10	10S	4.16	16.50	19.8	26.62	34.5	-190.0	-190.0	Lana de roca	80.0
132	F03	8	8"-F03-SS316L-124	L	159.0	1.256	10	10S	3.76	17.00	20.4	29.81	46.1	-190.0	-190.0	Lana de roca	80.0

4.1.11.2 Tuberías área 200.

Tabla 4.11. Listado de tuberías área 200.

			LISTADO DE TUBERÍAS							HOJA 3 DE 11		PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO					
			ÁREA 200			POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES				FECHA: 08/06/2020			LOCALIDAD: LA CANONJA				
Corriente	Fluido	NPS (in)	Nomenclatura	Estado	Q(m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Schedule	Δx (mm)	Presión (bar)				Temperatura (°C)		Aislamiento	
										P de trabajo (bar)	P de diseño (bar)	P admisible (bar)	% Sobrepresión admisible	T de trabajo (°C)	T de diseño (°C)	Tipo	ΔX (mm)
6	M02	22	22"-M02-SS316L-201	G	21068.3	26.17	2	XS	12.70	20.15	24.2	39.64	64.0	103.2	103.2	Lana de roca	146.7
7	M02	26	26"-M02-SS316L-202	G	31095.2	27.31	2	XS	12.70	20.00	24.0	28.35	18.1	270.0	270.0	Lana de roca	377.9
7A	M02	20	20"-M02-SS316L-203	G	15547.6	23.61	9	XS	12.70	20.00	24.0	37.01	54.2	270.0	270.0	Lana de roca	399.7
7B	M02	20	20"-M02-SS316L-204	G	15547.6	23.61	9	XS	12.70	20.00	24.0	37.01	54.2	270.0	270.0	Lana de roca	399.7
7C	M02	20	20"-M02-SS316L-205	G	15547.6	23.61	9	XS	12.70	20.00	24.0	37.01	54.2	270.0	270.0	Lana de roca	399.7
8A	M02	20	20"-M02-SS316L-206	G	16392.6	24.89	9	XS	12.70	18.70	22.4	37.01	64.9	270.0	270.0	Lana de roca	399.7
8B	M02	20	20"-M02-SS316L-207	G	16392.6	24.89	9	XS	12.70	18.70	22.4	37.01	64.9	270.0	270.0	Lana de roca	399.7
8C	M02	20	20"-M02-SS316L-208	G	16392.6	24.89	9	XS	12.70	18.70	22.4	37.01	64.9	270.0	270.0	Lana de roca	399.7
8	M02	30	30"-M02-SS316L-209	G	32785.3	21.37	5	XS	12.70	18.70	22.4	24.51	9.21	270.0	270.0	Lana de roca	399.7
9	M02	24	24"-M02-SS316L-210	G	19977.3	20.67	13	XS	12.70	18.42	22.1	36.27	64.10	60.00	60.00	Lana de roca	135.7
64	M02	26	26"-M02-SS316L-211	G	31812.8	27.12	17	10S	7.92	10.00	12.0	20.76	73.0	26.25	50.00	Lana de roca	136.7
65	M02	20	20"-M02-SS316L-212	G	19955.9	29.52	12	20S	9.53	20.15	24.2	32.63	34.9	103.2	103.2	Lana de roca	149.8

4.1.11.3 Tuberías área 300.

Tabla 4.12. Listado de tuberías área 300

		LISTADO DE TUBERÍAS								HOJA 4 DE 11		PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO					
		ÁREA 300			POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES					FECHA: 08/06/2020			LOCALIDAD: LA CANONJA				
Corriente	Fluido	NPS (in)	Nomenclatura	Estado	Q(m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Schedule	Δx (mm)	Presión (bar)				Temperatura (°C)		Aislamiento	
										P de trabajo (bar)	P de diseño (bar)	P admisible (bar)	% Sobrepresión admisible	T de trabajo (°C)	T de diseño (°C)	Tipo	ΔX (mm)
10	M02	28	28"-M02-SS316L-301	G	32105	23.50	14	10S	7.92	10.0	12.0	20.0	66.7	26.2	50.0	-	-
11	M03	20	20"-M03-SS316L-302	L	568.2	0.819	5	10S	6.35	13.0	15.6	21.6	38.7	38.3	50.0	-	-
12	M03	12	12"-M03-SS316L-303	L	567.9	2.185	13	40S	10.31	35.00	42.0	56.0	33.3	38.6	58.6	Lana de roca	100.0
13	M02	3/4	3/4"-M02-SS316L-304	G	32.8	13.64	13	10S	2.11	3.00	4.00	52.6	1216	39.3	59.3	-	-
14	M04	12	12"-M04-SS316L-305	L	568.6	2.031	20	10S	4.57	3.00	4.00	24.5	511	39.3	59.3	Lana de roca	100.0
26	M02	1	1"-M02-SS316L-306	G	40.8	18.60	4	10S	2.77	2.97	4.00	152.2	3705	110.0	110.0	Lana de roca	81.45
27	M02	1 1/4	1 1/4"-M02-SS316L-307	G	86.5	22.75	3	10S	2.77	1.20	4.00	118.7	2867	54.5	54.5	Lana de roca	54.43
28	M02	5	5"-M02-SS316L-308	G	788.6	15.418	4	10S	3.40	1.20	4.00	42.0	951	90.0	90.0	Lana de roca	97.80
29	M02	1 1/2	1 1/2"-M02-SS316L-309	G	117.0	22.721	4	10S	2.77	15.0	18.0	79.8	342	407.5	407.5	Lana de roca	1898.3
30	M02	1 1/4	1 1/4"-M02-SS316L-310	G	79.0	20.78	25	10S	2.770	15.0	18.0	118.7	559	90.2	90.2	Lana de roca	262.3
31	F04	5	5"-F04-SS316L-311	L	107.3	2.098	10	10S	3.40	1.01	4.00	42.0	951	25.0	50.0	-	-
34	F04	5	5"-F04-SS316L-312	L	107.3	2.098	90	10S	3.40	2.50	4.00	42.0	951	25.0	50.0	-	-
35	F04	12	12"-F04-SS316L-313	L	580.4	2.073	5	10S	4.57	2.50	4.00	24.5	511	107.2	107.2	Lana de roca	102.1
36	F04	20	20"-F04-SS316L-314	L	543.0	0.783	6	10S	6.35	2.38	4.00	21.6	441	26.0	46.0	Lana de roca	120.0
37	F04	12	12"-F04-SS316L-315	L	542.9	1.939	20	10S	4.57	15.0	18.0	24.5	35.9	26.1	46.1	Lana de roca	100.0
38	M02	26	26"-M02-SS316L-316	G	24088	20.53	27	10S	7.92	10.0	12.0	20.8	73.0	26.2	46.2	-	-
39	M02	16	16"-M02-SS316L-317	G	8029	18.32	25	10S	6.35	10.0	12.0	27.1	126	26.2	46.2	-	-

4.1.11.4 Tuberías área 400.

Tabla 4.13. Listado de tuberías área 400.

			LISTADO DE TUBERÍAS							HOJA 5 DE 11		PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO					
			ÁREA 400			POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES				FECHA: 08/06/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA					
Corriente	Fluido	NPS (in)	Nomenclatura	Estado	Q(m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Schedule	Δx (mm)	Presión (bar)				Temperatura (°C)		Aislamiento	
										P de trabajo (bar)	P de diseño (bar)	P admisible (bar)	% Sobrepresión admisible	T de trabajo (°C)	T de diseño (°C)	Tipo	ΔX (mm)
15	M02	14	14"-M02-SS316L-401	G	6562.5	19.74	7	10S	6.35	1.50	4.00	31.04	675.9	38.2	38.2	Lana de roca	120.0
16	F04	14	14"-F04-SS316L-402	L	589.1	1.772	8	10S	6.35	2.00	4.00	31.04	675.9	120.2	120.2	Lana de roca	166.1
17	F04	12	12"-F04-SS316L-403	L	573.3	2.048	20	10S	4.57	1.73	4.00	24.46	511.4	90.0	90.0	Lana de roca	119.2
18	M02	12	12"-M02-SS316L-404	G	5224.3	18.66	20	10S	4.57	2.00	4.00	24.46	511.4	58.4	58.1	Lana de roca	100.0
19	M02	4	4"-M02-SS316L-405	G	699.8	21.14	58	10S	3.05	1.20	4.00	46.71	1067.8	93.3	93.3	Lana de roca	100.4
20	M04	22	22"-M04-SS316L-406	L	593.9	0.704	4	10S	6.35	1.67	4.00	19.64	391.0	93.1	93.1	Lana de roca	143.3
21	M04	12	12"-M04-SS316L-407	L	593.8	2.121	13	10S	4.57	2.50	4.00	24.46	511.4	93.1	93.1	Lana de roca	120.7
22	M04	4	4"-M04-SS316L-408	L	18.7	0.564	13	10S	3.05	2.00	4.00	46.7	1067.8	28.3	53.3	Lana de roca	80.0
23	F04	14	14"-F04-SS316L-409	L	593.1	1.784	30	10S	6.35	2.50	4.00	31.04	675.9	127.4	127.4	Lana de roca	172.4
24	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-410	L	18.7	1.475	7	10S	3.05	5.12	6.14	74.06	1105.3	28.5	53.5	Lana de roca	60.0
25	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-411	L	18.3	1.444	60	10S	3.05	5.06	6.07	74.06	1120.0	15.0	15.0	Lana de roca	60.0
32	F04	6	6"-F04-SS316L-412	L	118.6	1.608	100	10S	3.40	2.5	4.00	35.18	779.5	127.4	127	Lana de roca	118.1
33	F04	12	12"-F04-SS316L-413	L	474.5	1.695	10	10S	4.57	2.5	4.00	24.46	511.4	127.4	127	Lana de roca	142.4

4.1.11.5 Tuberías área 500.

Tabla 4.14. Listado de tuberías área 500. Tabla 1 de 2.

			LISTADO DE TUBERÍAS							HOJA 6 DE 11		PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO					
			ÁREA 500			POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES				FECHA: 08/06/2020			LOCALIDAD: LA CANONJA				
Corriente	Fluido	NPS (in)	Nomenclatura	Estado	Q(m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Schedule	Δx (mm)	Presión (bar)				Temperatura (°C)		Aislamiento	
										P de trabajo (bar)	P de diseño (bar)	P admisible (bar)	% Sobrepresión admisible	T de trabajo (°C)	T de diseño (°C)	Tipo	ΔX (mm)
40	M02	8	8"-M02-SS316L-501	G	2680.6	25.27	3	80S	12.7	50.1	60.1	92.8	54.4	216.7	216.7	Lana de roca	174.36
41	M02	8	8"-M02-SS316L-502	G	1630.1	14.63	3	60S	10.3	50.0	60.0	83.7	39.5	40.3	40.3	Lana de roca	80.00
42	M13	8	8"-M13-SS316L-503	G	1575.4	14.14	10	60S	10.3	50.0	60.0	83.7	39.5	40.0	40.0	Lana de roca	80.00
43	M06	3	3"-M06-SS316L-504	L	30.07	1.689	20	30S	4.78	50.0	60.0	96.3	60.4	40.0	40.0	Lana de roca	60.00
44	M07	10	10"-M07-SS316L-505	L	367.4	2.204	12	80S	15.09	50.0	60.0	99.1	65.1	47.4	47.4	Lana de roca	100.0
45	M07	2 1/2	2 1/2"-M07-SS316L-506	G	267.9	21.17	90	10S	3.05	1.0	4.00	74.1	1751	48.4	48.4	Lana de roca	42.14
46	M07	10	10"-M07-SS316L-507	L	367.2	1.854	5	10S	4.19	1.0	4.00	26.6	566	48.4	48.4	Lana de roca	74.16
47	M07	18	18"-M07-SS316L-508	L	373.2	0.669	3	10S	6.35	1.0	4.00	24.1	502	62.0	62.0	Lana de roca	126.6
48	M07	10	10"-M07-SS316L-509	L	369.7	2.019	13	40S	9.27	40.0	48.0	59.8	24.6	62.6	62.6	Lana de roca	84.46
49	M12	1	1"-M12-SS316L-510	G	48.96	22.31	2	10S	2.77	35.0	42.0	129.4	208	-85.6	-85.6	Lana de roca	40.00
50	M12	1 1/4	1 1/4"-M12-SS316L-511	G	62.65	16.49	3	10S	2.77	35.0	42.0	118.7	183	25.0	45.0	Lana de roca	50.00
51	M09	12	12"-M09-SS316L-512	L	454.3	1.805	12	XS	12.7	36.9	44.3	61.8	39.5	250.7	250.7	Lana de roca	246.0

Tabla 4.15. Listado de tuberías área 500. Tabla 2 de 2.

		LISTADO DE TUBERÍAS								HOJA 7 DE 11		PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO					
		ÁREA 500				POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES				FECHA: 08/06/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA					
Corriente	Fluido	NPS (in)	Nomenclatura	Estado	Q(m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Schedule	Δx (mm)	Presión (bar)				Temperatura (°C)		Aislamiento	
										P de trabajo (bar)	P de diseño (bar)	P admisible (bar)	% Sobrepresión admisible	T de trabajo (°C)	T de diseño (°C)	Tipo	ΔX (mm)
52	M09	16	16"-M09-SS316L-513	L	364.5	0.888	3	40S	12.7	36.9	44.2	54.9	24.2	40.0	40.0	Lana de roca	120.0
53	M09	10	10"-M09-SS316L-514	L	364.4	2.102	20	XS	12.7	50.0	60.0	82.8	38.0	40.2	40.2	Lana de roca	100.0
54	F04	10	10"-F04-SS316L-515	L	265.3	1.531	100	XS	12.7	50.0	60.0	82.8	38.0	40.2	40.2	Lana de roca	100.0
55	F05	5	5"-F05-SS316L-516	L	102.6	2.207	90	40S	6.55	50.0	60.0	82.5	37.5	40.2	40.2	Lana de roca	80.00
56	M14	1/8	1/8"-M14-SS316L-517	L	0.135	1.024	90	40S	1.73	50.0	60.0	332.4	454	40.2	40.2	Lana de roca	40.00
57	M16	10	10"-M16-SS316L-518	L	364.3	2.101	20	XS	12.7	50.0	60.0	82.8	38.0	40.2	40.2	Lana de roca	40.00
58	F04	3	3"-F04-SS316L-519	L	29.7	1.667	100	30S	4.78	50.0	60.0	96.3	60.4	40.0	40.0	Lana de roca	60.00
59	F05	1/8	1/8"-F05-SS316L-520	L	0.289	1.673	90	10S	1.24	50.0	60.0	228.2	280	40.0	40.0	Lana de roca	40.00
60	F05	1/8	1/8"-F05-SS316L-521	L	0.001	0.007	90	40S	2.41	50.0	60.0	493.2	722	40.0	40.0	Lana de roca	40.00
61	M17	3	3"-M17-SS316L-522	L	30.08	1.690	25	30S	4.78	50.0	60.0	96.3	60	40.0	40.0	Lana de roca	60.00
62	M13	12	12"-M13-SS316L-523	G	5752.5	20.55	4	10S	4.57	10.0	12.0	20.8	72.7	-44.2	-44.2	Lana de roca	100.0
63	M13	14	14"-M13-SS316L-524	G	7718.5	23.22	20	10S	6.35	10.0	12.0	31.0	159	26.3	50.0	Lana de roca	120.0

4.1.11.6 Tuberías área 600.

Tabla 4.16. Listado de tuberías área 600. Tabla 1 de 2.

			LISTADO DE TUBERÍAS							HOJA 8 DE 11		PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO					
			ÁREA 600			POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES				FECHA: 08/06/2020			LOCALIDAD: LA CANONJA				
Corriente	Fluido	NPS (in)	Nomenclatura	Estado	Q(m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Schedule	Δx (mm)	Presión (bar)				Temperatura (°C)		Aislamiento	
										P de trabajo (bar)	P de diseño (bar)	P admisible (bar)	% Sobrepresión admisible	T de trabajo (°C)	T de diseño (°C)	Tipo	ΔX (mm)
102	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-601	L	18.3	1.44	13	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0
103	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-602	L	18.3	1.44	8	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0
104	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-603	L	18.3	1.44	11	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0
105	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-604	L	18.3	1.44	11	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0
106	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-605	L	18.3	1.44	10	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0
107	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-606	L	18.3	1.44	10	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0
108	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-607	L	18.3	1.44	10	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0
109	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-608	L	18.3	1.44	13	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0
110	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-609	L	18.3	1.44	8	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0
111	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-610	L	18.3	1.44	11	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0
112	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-611	L	18.3	1.44	11	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0
113	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-612	L	18.3	1.44	10	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0
114	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-613	L	18.3	1.44	10	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0
115	M04	2 1/2	2 1/2"-M04-SS316L-614	L	18.3	1.44	10	10S	3.05	5.058	6.07	74.06	1120.0	15	15	Lana de roca	60.0

Tabla 4.17. Listado de tuberías área 600. Tabla 2 de 2.

		LISTADO DE TUBERÍAS								HOJA 9 DE 11		PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO					
		ÁREA 600			POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES					FECHA: 08/06/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA					
Corriente	Fluido	NPS (in)	Nomenclatura	Estado	Q(m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Schedule	Δx (mm)	Presión (bar)				Temperatura (°C)		Aislamiento	
										P de trabajo (bar)	P de diseño (bar)	P admisible (bar)	% Sobrepresión admisible	T de trabajo (°C)	T de diseño (°C)	Tipo	ΔX (mm)
116	M04	8	8"-M04-SS316L-615	L	80.0	0.63	3	10S	3.76	5.058	6.07	29.81	391.1	15	15	Lana de roca	80
117	M04	8	8"-M04-SS316L-616	L	80.0	0.63	3	10S	3.76	5.058	6.07	29.81	391.1	15	15	Lana de roca	80
118	M04	8	8"-M04-SS316L-617	L	80.0	0.63	3	10S	3.76	5.058	6.07	29.81	391.1	15	15	Lana de roca	80
119	M04	8	8"-M04-SS316L-618	L	80.0	0.63	3	10S	3.76	5.058	6.07	29.81	391.1	15	15	Lana de roca	80
120	M04	8	8"-M04-SS316L-619	L	80.0	0.63	3	10S	3.76	5.058	6.07	29.81	391.1	15	15	Lana de roca	80
121	M04	8	8"-M04-SS316L-620	L	80.0	0.63	3	10S	3.76	5.058	6.07	29.81	391.1	15	15	Lana de roca	80
122	M04	8	8"-M04-SS316L-621	L	80.0	0.63	8	10S	3.76	5.058	6.07	29.81	391.1	15	15	Lana de roca	80
123	M04	8	8"-M04-SS316L-622	L	80.0	0.63	20	10S	3.76	5.058	6.07	29.81	391.1	15	15	Lana de roca	80
124	M04	8	8"-M04-SS316L-623	L	80.0	0.63	3	10S	3.76	5.058	6.07	29.81	391.1	15	15	Lana de roca	80
125	M04	8	8"-M04-SS316L-624	L	80.0	0.63	3	10S	3.76	5.058	6.07	29.81	391.1	15	15	Lana de roca	80
126	M04	5	5"-M04-SS316L-625	L	80.0	1.56	3	10S	3.40	5.000	6.00	42.03	600.6	15	15	Lana de roca	80
127	M04	5	5"-M04-SS316L-626	L	80.0	1.56	3	10S	3.40	5.000	6.00	42.03	600.6	15	15	Lana de roca	80
128	M04	5	5"-M04-SS316L-627	L	80.0	1.56	15	10S	3.40	5.000	6.00	42.03	600.6	15	15	Lana de roca	80

4.1.11.7 Tuberías área 1000.

Tabla 4.18. Listado de tuberías área 1000. Tabla 1 de 2.

		LISTADO DE TUBERÍAS							HOJA 10 DE 11		PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO					
		ÁREA 1000			POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES				FECHA: 08/06/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA					
Corriente	Fluido	NPS (in)	Nomenclatura	Estado	Q(m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Schedule	Δx (mm)	Presión (bar)				Temperatura (°C)		Aislamiento	
									P de trabajo (bar)	P de diseño (bar)	P admisible (bar)	% Sobrepresión admisible	T de trabajo (°C)	T de diseño (°C)	Tipo	ΔX (mm)
34	F04	5	5"-F04-SS316L-1001	L	107.30	2.098	10S	3.4	1.013	1.216	42.0	3357.9	25.0	25.0	Lana de roca	80.00
66	F09	12	12"-F09-SS316L-1002	G	3590.88	12.83	10S	4.57	8.0	9.600	24.5	154.8	24.5	24.5	Lana de roca	364.5
67	F09	5	5"-F09-SS316L-1003	L	112.05	2.191	10S	3.4	7.9	9.516	42.0	341.7	42.0	42.0	Lana de roca	120.7
68	F04	5	5"-F04-SS316L-1004	L	119.12	2.329	10S	3.4	3.0	3.600	42.0	1067.6	42.0	42.0	Lana de roca	80.00
69	F04	6	6"-F04-SS316L-1005	L	129.16	1.751	10S	3.4	2.9	3.468	35.2	914.5	35.2	35.2	Lana de roca	115.03
70	F04	12	12"-F04-SS316L-1006	L	479.31	1.712	10S	4.57	5.0	6.000	24.5	307.6	5.0	25.0	Lana de roca	100.0
71	F04	14	14"-F04-SS316L-1007	L	514.92	1.549	10S	6.35	4.7	5.655	31.0	448.9	79.0	79.0	Lana de roca	146.6
72	F04	14	14"-F04-SS316L-1008	L	510.72	1.536	10S	6.35	4.7	5.655	31.0	448.9	95.8	79.0	Lana de roca	146.6
73	F04	1	1"-F04-SS316L-1009	L	4.20	1.915	10S	2.77	4.7	5.655	152.2	2591.2	95.8	79.0	Lana de roca	52.74
74	F04	1 1/4	1 1/4"-F04-SS316L-1010	L	4.27	1.124	10S	2.77	4.6	5.549	118.7	2039.1	113.5	135.0	Lana de roca	73.70
75	F04	1/8	1/8"-F04-SS316L-1011	G	0.65	7.666	80S	2.41	15.5	18.66	493.2	2543.2	200.0	200.0	Lana de roca	172.7
76	F04	1/8	1/8"-F04-SS316L-1012	L	0.01	0.069	80S	2.41	15.5	18.66	493.2	2543.0	199.0	199.0	Lana de roca	172.7
77	F04	8	8"-F04-SS316L-1013	L	179.67	1.546	40S	8.18	3.0	3.600	65.9	1731.5	25.0	45.0	Lana de roca	80.00
78	F04	8	8"-F04-SS316L-1014	L	193.90	1.532	10S	3.76	2.7	3.185	29.8	836.0	116.9	116.9	Lana de roca	139.0
79	F04	2	2"-F04-SS316L-1015	L	14.67	1.731	10S	2.77	5.0	6.000	81.7	1261.7	5.0	25.0	Lana de roca	50.00
80	F04	2	2"-F04-SS316L-1016	L	14.74	1.738	10S	2.77	4.9	5.916	81.7	1281.0	11.0	31.0	Lana de roca	50.00

Tabla 4.19. Listado de tuberías área 1000. Tabla 2 de 2.

		LISTADO DE TUBERÍAS							HOJA 11 DE 11		PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO					
		ÁREA 1000			POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES				FECHA: 08/06/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA					
Corriente	Fluido	NPS (in)	Nombre de tubería	Estado	Q(m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Schedule	Δx (mm)	Presión (bar)				Temperatura (°C)		Aislamiento	
									P de trabajo (bar)	P de diseño (bar)	P admisible (bar)	% Sobrepresión admisible	T de trabajo (°C)	T de diseño (°C)	Tipo	ΔX (mm)
81	F04	3 1/2	1017	L	54.15	2.100	10S	3.05	3.0	3.600	52.7	1363.8	25.00	25.0	Lana de roca	60.00
82	F04	4	1018	L	57.28	1.753	10S	3.4	2.9	3.511	52.2	1386.9	120.2	120.2	Lana de roca	117.9
83	F04	6	1019	G	1041.69	14.13	10S	3.4	15.5	18.66	35.2	88.5	200.1	200.1	Lana de roca	252.4
84	F04	1 1/2	1020	L	9.24	1.787	10S	2.77	15.5	18.66	103	452.0	199.0	199.0	Lana de roca	238.0
85	F04	8	1021	L	178.27	1.480	20S	6.35	3.0	3.600	50.8	1312.0	25.00	25.0	Lana de roca	80.00
86	F04	8	1022	L	186.99	1.467	10S	3.4	2.6	3.127	26.9	760.8	110.0	110.0	Lana de roca	125.8
87	F04	1	1023	G	29.95	13.65	10S	2.77	15.5	18.66	152.2	715.6	200.1	200.1	Lana de roca	184.2
88	F04	1/8	1024	L	0.27	1.538	10S	1.24	15.5	18.66	228	1123.4	199.9	199.9	Lana de roca	318.4
89	F04	4	1025	G	416.56	12.58	10S	3.05	15.5	18.66	46.7	150.4	200.0	200.0	Lana de roca	272.1
90	F04	1	1026	L	3.75	1.556	10S	2.11	15.5	18.65	114.0	511.3	199.9	199.9	Lana de roca	184.2
91	F04	3	1027	L	33.23	1.714	10S	3.05	12.55	15.06	60.44	301.3	190.0	190	Lana de roca	240.5
92	F04	16	1028	G	4588.65	10.47	10S	6.35	12.55	15.06	27.11	80.0	190.0	190	Lana de roca	240.5
93	F04	3	1029	L	33.23	1.714	10S	3.05	12.55	15.06	60.44	301.3	190.0	190	Lana de roca	241.3
94	F04	16	1030	G	4588.65	10.47	10S	6.354	12.55	15.06	27.11	80.0	190.0	190	Lana de roca	240.5
95	F04	3	1031	L	33.23	1.714	10S	3.05	12.55	15.06	60.44	301.3	190.0	190	Lana de roca	241.3
96	F04	16	1032	G	4588.65	10.47	10S	6.354	12.55	15.06	27.11	80.0	190.0	190	Lana de roca	240.5

4.2 Bombas

En ocasiones se requiere aumentar la presión de una de las corrientes líquidas, o se requiere de algún equipo para impulsar los fluidos de un sitio o equipo a otro. Para estos casos es necesario contar con bombas.

4.2.1 Selección del tipo de bombas

Las bombas con las que se contará en la planta serán de tipo centrífugas ya que cuentan con una serie de ventajas como:

- ✚ Mecanismos de acoplamiento sencillos.
- ✚ Para una operación definida, el gasto es constante y no se requiere dispositivo regulador.
- ✚ Fácil operación.
- ✚ Menor coste que otros tipos de bombas.
- ✚ La incorporación de variadores de velocidad permite mayor eficiencia.

El proveedor de bombas para la planta de ETHOXID será KSB, una empresa alemana que cuenta con una oficina de servicio también en Barcelona. Se ha elegido a esta empresa como los proveedores ya que tienen una gran variedad de bombas, incluyendo bombas de alta potencia y en versión ATEX, como las que se requieren en ETHOXID.

Para las bombas por las que circule óxido de etileno, es decir, las bombas para los fondos de la columna C-300, las bombas del área 400 y las del área de almacenamiento (incluyendo las de carga a camiones cisterna), se utilizarán bombas ATEX ya que estas están destinadas para uso en atmósferas potencialmente explosivas o entornos potencialmente inflamables.

Para seleccionar las bombas se ha realizado el cálculo de la potencia necesaria para cada una de ellas, de la manera explicada en el **Capítulo 11. Manual de cálculos**. Posteriormente, se ha procedido a buscar bombas que cumplieran con los requisitos de potencia, que soportarán el caudal a mover y que tuvieran una carga total máxima igual o mayor a la obtenida en los cálculos hechos.

Todas las bombas de la planta estarán dobladas para evitar que la producción o el funcionamiento de otros equipos se vea afectado en caso de malfuncionamiento de alguna de las bombas.

4.2.2 NPSH de las bombas.

Adicionalmente, se ha calculado la NPSH disponible y la NPSH requerida con el fin de asegurar que las bombas no tendrían problemas de cavitación. La explicación de los cálculos se presenta de igual manera en el **Capítulo 11. Manual de cálculos**.

Se sabe que la NPSH requerida es la NPSH mínima que se necesita para evitar la cavitación, por lo tanto la NPSH disponible deberá ser mayor que la requerida para que la bomba funcione correctamente. Como se puede observar en la **Tabla 4.20**, los valores de NPSH disponibles han resultado mayores que los requeridos para todas las bombas, algunas con mayor margen de diferencia que otras. Por lo tanto para las condiciones del proceso, se tendrá un funcionamiento correcto de las bombas de la planta.

Tabla 4.20. NPSH requerido y disponible para cada bomba en ETTHOXID.

	ha (m)	NPSHdisp	NPSHreq
P-100	214.8	196.4	187.8
P-101	457.9	460.2	457.8
P-102	488.6	497.6	488.5
P-103	488.6	497.6	488.5
P-300	23.50	32.58	23.16
P-301	132.6	8.446	0.467
P-302	9.519	15.31	9.194
P-400	17.43	7.910	0.322
P-401	23.14	6.817	1.677
P-500	9.929	4.357	3.583
P-501	372.7	380.4	372.1
P-600	58.83	55.28	44.05

4.2.3 Consideraciones importantes para las bombas de óxido de etileno.

Las bombas que se utilizan en las plantas de producción de óxido de etileno son una fuente potencial de peligro de incendio, por ejemplo, si hubiese una falla en el sello de las bombas podría ocurrir una liberación de óxido de etileno que podría conducir a un incendio. Por esto, al colocar las bombas se han considerado los posibles efectos que tendría una fuga en ellas para mitigar el posible peligro que esto significaría, por lo tanto, siguiendo el APQ ITC MIE APQ-2:

- Las bombas de trasvase de óxido de etileno no se situarán nunca en una cota más baja que la del nivel normal del terreno. Tampoco bajo tuberías y siempre al aire libre con acceso fácil para los equipos móviles de lucha contra incendios

- ✚ Cuando la circulación se realice mediante bombas, las bombas serán diseñadas en forma que no se produzcan nunca aumentos excesivos de temperatura.
- ✚ Todas las bombas estarán equipadas con dispositivos de medición de temperatura del producto, situados en la propia bomba, en la impulsión de la bomba o en el circuito de recirculación, que accionarán el dispositivo de paro automático del equipo motriz cuando el líquido bombeado sufra un incremento de temperatura superior a 10 °C por encima de la temperatura normal de servicio.
- ✚ Las bombas irán dotadas como mínimo de un cierre mecánico.
- ✚ Se evitarán las fuentes de ignición o calentamiento en la bomba que puedan dar lugar a la descomposición del óxido de etileno.

Para cumplir con las características mencionadas, las bombas elegidas serán de tipo ATEX cuando la corriente de líquido a impulsar contenga en ella óxido de etileno, de esta manera se cumplirán los requisitos mínimos de seguridad del lugar de trabajo y del equipo utilizado en atmósferas explosivas. Además las bombas utilizadas cumplirán con las normativas *ISO 80079-37* que especifican los requisitos de diseño y construcción de equipos que se utilizan en atmósferas explosivas.

4.2.4 Nomenclatura de bombas

Con el fin de identificar las bombas de la planta con mayor facilidad, se les ha asignado una nomenclatura en específico. Esta consiste en una P seguida por un número de tres dígitos que depende del área en la que la bomba se encuentra y del número de bomba de la que se trata. De esta manera, la primera bomba del área 300 se tratará de la bomba P-301.

4.2.5 Listado de bombas

A continuación se presenta el listado de bombas por áreas, seguido por las hojas de especificaciones de cada una de ellas.

En el listado se presentarán los valores obtenidos de carga total de la bomba h , pérdidas de carga totales ev en tramos de aspiración e impulsión, potencia que requiere la bomba, longitud de aspiración e impulsión, caudal volumétrico que moverá la bomba Q , entre otros.

Tabla 4.21. Listado de bombas áreas 100, 300, 400, 500 y 600.

			LISTADO DE BOMBAS				HOJA 1 DE 1							PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO			
			ÁREA 100, 300, 400, 500, 600				POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES							FECHA: 08/06/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA	
Nomenclatura	Área	Fluido	Tramo		ΔP (kPa)	ΔZ (m)	L (m)		Q (m³/h)	ev (m²/s²)			velocidad (m/s)		h (m)	Potencia (kW)	
			Desde	Hasta			Aspiración	Impulsión		Aspiración	Impulsión	Totales	Aspiración	Impulsión			
P-100A	A-100	F03	Camión cisterna	T-100A, T-100B	50.0	1.5	10	10	159.0	1.56	13.75	15.3	0.804	1.256	9.035	4.488	
P-100B	A-100	F03	Camión cisterna	T-100A, T-100B	50.0	1.5	10	10	159.0	1.56	13.75	15.3	0.804	1.256	9.035	4.488	
P-101A	A-100	F05	Camión cisterna	T-103A, T-103B	500.0	15	8	15	82.40	5.36	124.0	129	0.709	2.787	79.49	23.82	
P-101B	A-100	F05	Camión cisterna	T-103A, T-103B	500.0	15	8	15	82.40	5.36	124.0	129	0.709	2.787	79.49	15.64	
P-102A	A-100	F05	T-103A, T-103B	A-500	200.0	15	6	116	102.9	3.95	58.4	62.3	0.615	1.532	41.83	15.64	
P-102B	A-100	F05	T-103A, T-103B	A-500	200.0	15	6	116	102.9	3.95	58.4	62.3	0.615	1.532	41.83	15.64	
P-103A	A-100	F05	T-103A, T-103B	A-500	200.0	15	6	116	102.9	3.95	58.4	62.3	0.615	1.532	41.83	15.64	
P-103B	A-100	F05	T-103A, T-103B	A-500	200.0	15	6	116	102.9	3.95	58.4	62.3	0.615	1.532	41.83	15.64	
P-300A	A-300	F04	E-300	C-300	1262.0	15	6	20	543.0	6.24	54.9	61.1	0.783	1.939	149.2	296.3	
P-300B	A-300	F04	E-300	C-300	1262.0	15	6	20	543.0	6.24	54.9	61.1	0.783	1.939	149.2	296.3	
P-301A	A-300	M03	C-300	T-300	2200.0	15	5	13	567.9	7.25	68.9	76.2	0.819	2.185	248.4	509.8	
P-301B	A-300	M03	C-300	T-300	2200.0	10	5	13	567.9	7.25	68.9	76.2	0.819	2.185	248.4	509.8	
P-302A	A-300	F04	A-900	A-300	148.70	5	10	90	107.3	7.54	87.2	94.8	0.848	2.098	29.90	11.74	
P-302B	A-300	F04	A-900	A-300	148.70	5	10	90	107.3	7.54	87.2	94.8	0.848	2.098	29.90	11.74	
P-400A	A-400	M04	C-401	C-402	83.00	10	8	13	593.9	5.04	64.9	69.9	0.704	2.121	26.24	53.78	
P-400B	A-400	M04	C-401	C-402	83.00	15	8	13	593.9	5.04	64.9	69.9	0.704	2.121	26.24	53.78	
P-401A	A-400	M04	C-402	A-600	312.00	15	13	7	18.67	5.96	74.7	80.6	0.724	2.202	60.44	3.520	
P-401B	A-400	M04	C-403	A-601	312.00	15	13	7	18.67	5.96	74.7	80.6	0.724	2.202	60.44	3.520	
P-500A	A-500	M07	E-501	C-501	3898.7	15	5	14	373.2	4.55	59.3	63.9	0.669	2.019	420.8	568.2	
P-500B	A-500	M07	E-501	C-501	3898.7	15	5	14	373.2	4.55	59.3	63.9	0.669	2.019	420.8	568.2	
P-501A	A-500	M09	E-502	C-500	1314.0	15	5	20	364.5	8.04	65.3	73.3	0.888	2.102	155.8	207.6	
P-501B	A-500	M09	E-502	C-500	1314.0	15	5	20	364.5	8.04	65.3	73.3	0.888	2.102	155.8	207.6	
P-600A	A-600	M04	A-600	Camión cisterna	100.00	1.5	31	18	80.0	4.48	37.1	41.6	0.632	1.564	17.69	4.423	
P-600B	A-600	M04	A-600	Camión cisterna	100.00	1.5	31	18	80.0	4.48	37.1	41.6	0.632	1.564	17.69	4.423	

4.2.6 Hojas de especificaciones de bombas

4.2.6.1 Bombas área 100

Tabla 4.23. Hoja de especificaciones de bombas del área 100. Tabla 1 de 4.

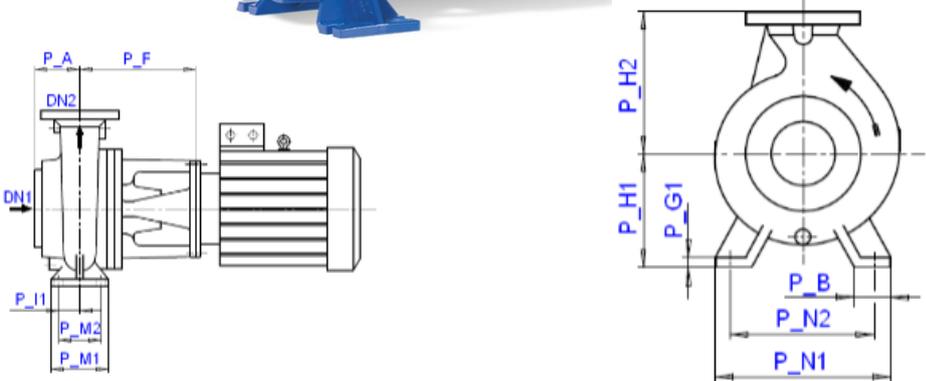
	Hoja de especificación de bombas	Ítem	P-100A, P-100B
		Área	A-600
		Fecha	09/06/2020
		Revisado	Dpto. de calidad
Hoja 1 de 12		Localidad	La Canonja
Datos generales de la bomba			
Objetivo		Impulsar nitrógeno a su tanque de almacenamiento en el área 100 A-100	
Datos de operación			
Fluido		F03	
Densidad (kg/m³)		782.7	
Temperatura (°C)		-190.0	
Presión de aspiración (bar)		16.50	
Presión de impulsión (bar)		17.00	
Carga total (m)		9.035	
Caudal (m³/h)		159.0	
Potencia requerida (kW)		4.488	
Datos del equipo			
Fabricante	KSB	Modelo	KWP-Bloc
Tipo	Bomba centrífuga de voluta	Material	Acero Inoxidable
Rango de caudales (m³/h)	4.0 - 330.0	Potencia (kW)	22.0
Rango de carga total (m)	2.0 -100.0	Posición	Horizontal
Presión máx. de impulsión (bar)	10.0	Normativa	ISO 5199, ISO2858, ISO3661, ISO 80079-37
Tipo de conexión	Brida		UE 2014/34/UE (ATEX)
			
			

Tabla 4.23. Hoja de especificaciones de bombas del área 100. Tabla 2 de 4

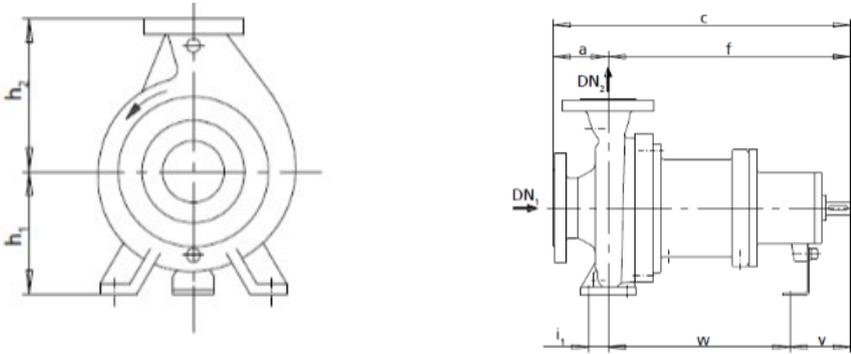
	Hoja de especificación de bombas Hoja 2 de 12	Ítem	P-101A, P-101B
		Área	A-300
		Fecha	09/06/2020
		Revisado	Dpto. de calidad
		Localidad	La Canonja
Datos generales de la bomba			
Objetivo		Impulsar monoetanolamina desde el camión cisterna a su tanque de almacenamiento en el área 100.	
Datos de operación			
Fluido		F05	
Densidad (kg/m ³)		1000.9	
Temperatura (°C)		40.00	
Presión de aspiración (bar)		45.00	
Presión de impulsión (bar)		50.00	
Carga total (m)		79.49	
Caudal (m ³ /h)		82.40	
Potencia requerida (kW)		23.82	
Datos del equipo			
Fabricante	KSB	Modelo	CPKN
Tipo	Bomba centrífuga de voluta	Material	Acero Inoxidable
Rango de caudales (m ³ /h)	4.0 - 1500.0	Potencia máxima (kW)	3200.0
Rango de carga total (m)	20.0-1000.0	Posición	Horizontal
Presión máx. de impulsión (bar)	100.0	Normativa	ISO 5199, ISO2858, ISO3661, ISO 80079-37.
Tipo de conexión	Brida		
			
			

Tabla 4.24. Hoja de especificaciones de bombas del área 100. Tabla 3 de 4

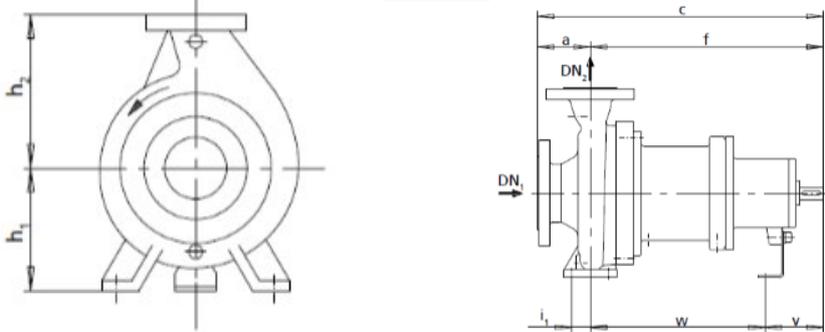
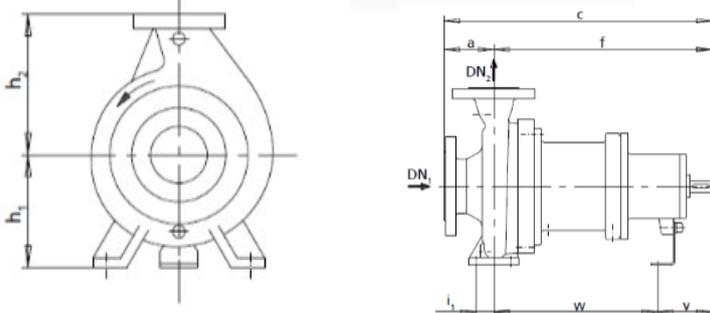
	Hoja de especificación de bombas Hoja 3 de 12	Ítem	P-102A, P-102B
		Área	A-300
		Fecha	09/06/2020
		Revisado	Dpto. de calidad
		Localidad	La Canonja
Datos generales de la bomba			
Objetivo		Impulsar monoetanolamina desde su tanque de almacenamiento en el área 100 al área de tratamiento de CO ₂ (A-500)	
Datos de operación			
Fluido		F05	
Densidad (kg/m³)		1000.9	
Temperatura (°C)		40.00	
Presión de aspiración (bar)		48.00	
Presión de impulsión (bar)		50.00	
Carga total (m)		41.83	
Caudal (m³/h)		102.9	
Potencia requerida (kW)		15.64	
Datos del equipo			
Fabricante	KSB	Modelo	CPKN
Tipo	Bomba centrífuga de voluta	Material	Acero Inoxidable
Rango de caudales (m³/h)	4.0 - 1500.0	Potencia máxima (kW)	3200.0
Rango de carga total (m)	20.0-1000.0	Posición	Horizontal
Presión máx. de impulsión (bar)	100.0	Normativa	ISO 5199, ISO2858, ISO3661, ISO 80079-37.
Tipo de conexión	Brida		UE 2014/34/UE (ATEX)
			
			

Tabla 4.25. Hoja de especificaciones de bombas del área 100. Tabla 4 de 4.

	Hoja de especificación de bombas Hoja 4 de 12	Ítem	P-103A, P-103B
		Área	A-300
		Fecha	09/06/2020
		Revisado	Dpto. de calidad
		Localidad	La Canonja
Datos generales de la bomba			
Objetivo		Impulsar monoetanolamina desde su tanque de almacenamiento en el área 100 al área de tratamiento de CO ₂ (A-500)	
Datos de operación			
Fluido		F05	
Densidad (kg/m³)		1000.9	
Temperatura (°C)		40.00	
Presión de aspiración (bar)		48.00	
Presión de impulsión (bar)		50.00	
Carga total (m)		41.83	
Caudal (m³/h)		102.9	
Potencia requerida (kW)		15.64	
Datos del equipo			
Fabricante	KSB	Modelo	CPKN
Tipo	Bomba centrífuga de voluta	Material	Acero Inoxidable
Rango de caudales (m³/h)	4.0 - 1500.0	Potencia máxima (kW)	3200.0
Rango de carga total (m)	20.0-1000.0	Posición	Horizontal
Presión máx. de impulsión (bar)	100.0	Normativa	ISO 5199, ISO2858, ISO3661, ISO 80079-37.
Tipo de conexión	Brida		
			
			

4.2.6.2 Bombas área 300

Tabla 4.26. Hoja de especificaciones de bombas del área 300.

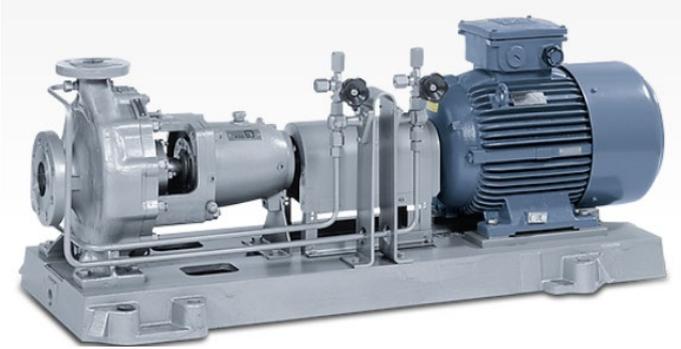
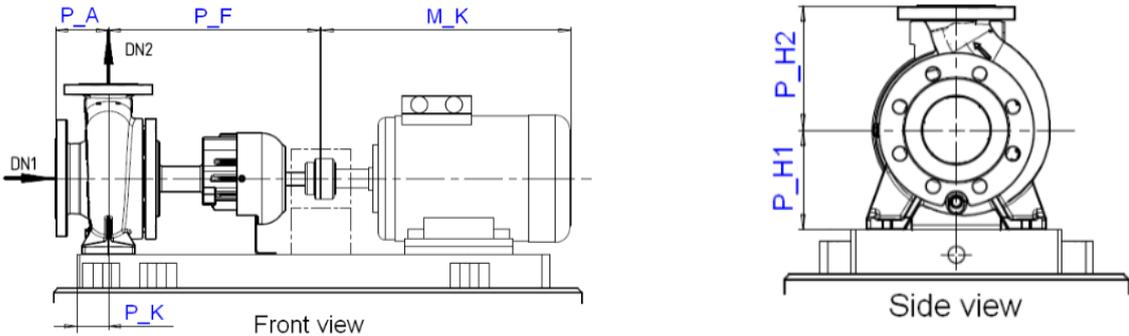
	Hoja de especificación de bombas	Ítem	P-300A, P300B	
		Área	A-300	
		Fecha	09/06/2020	
		Revisado	Dpto. de calidad	
	Hoja 5 de 12	Localidad	La Canonja	
Datos generales de la bomba				
Objetivo		Impulsar agua desde el intercambiador de calor E-300 hasta la columna de absorción C-300		
Datos de operación				
Fluido		F04		
Densidad (kg/m³)		1007		
Temperatura (°C)		26.00		
Presión de aspiración (bar)		2.380		
Presión de impulsión (bar)		15.00		
Carga total (m)		149.2		
Caudal (m³/h)		542.9		
Potencia requerida (kW)		296.3		
Datos del equipo				
Fabricante	KSB	Modelo	HPK	
Tipo	Bomba centrífuga de voluta. Diseño "back pull-out".	Material	Acero inoxidable	
Rango de caudales (m³/h)	1.0-4,800.0	Potencia máxima (kW)	3200	
Rango de carga total (m)	2.0- 275.0	Posición	Horizontal	
Presión máx. de impulsión (bar)	40.0	Normativa	ISO 80079-37, ISO 9906	
Tipo de conexión	Brida			
				
				

Tabla 4.27. Hoja de especificaciones de bombas del área 300.

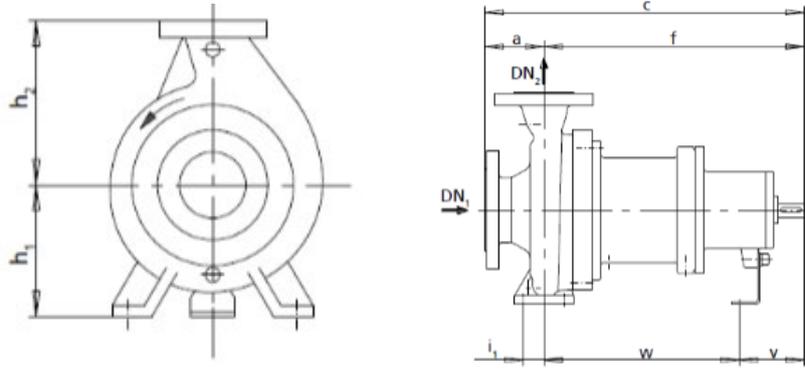
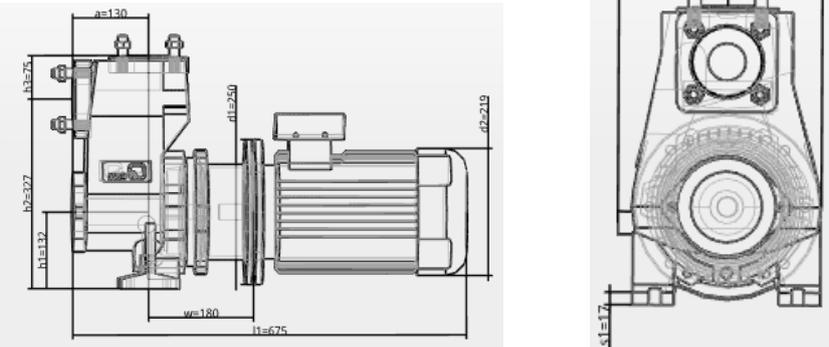
	Hoja de especificación de bombas	Ítem	P-301A, P-301B
		Área	A-300
		Fecha	09/06/2020
	Revisado	Dpto. de calidad	
Hoja 6 de 12	Localidad	La Canonja	
Datos generales de la bomba			
Objetivo	Impulsar corriente de fondos de la columna C-300 al tanque flash T-300		
Datos de operación			
Fluido	M03		
Densidad (kg/m ³)	994.5		
Temperatura (°C)	38.50		
Presión de aspiración (bar)	13.00		
Presión de impulsión (bar)	35.00		
Carga total (m)	248.4		
Caudal (m ³ /h)	568.2		
Potencia requerida (kW)	509.8		
Datos del equipo			
Fabricante	KSB	Modelo	CPKN
Tipo	Bomba centrífuga de voluta	Material	Acero Inoxidable
Rango de caudales (m ³ /h)	4.0 - 1500.0	Potencia máxima (kW)	3200.0
Rango de carga total (m)	20.0-1000.0	Posición	Horizontal
Presión máx. de impulsión (bar)	100.0	Normativa	ISO 5199, ISO2858, ISO3661, ISO 80079-37.
Tipo de conexión	Brida		UE 2014/34/UE (ATEX)
			
			

Tabla 4.28. Hoja de especificaciones de bombas del área 300.

	Hoja de especificación de bombas Hoja 7 de 12	Ítem	P-302A, P-302B
		Área	A-300
		Fecha	09/06/2020
		Revisado	Dpto. de calidad
		Localidad	La Canonja
Datos generales de la bomba			
Objetivo		Impulsar agua de la EDAR al área A-300	
Datos de operación			
Fluido		F04	
Densidad (kg/m³)		1007	
Temperatura (°C)		25.00	
Presión de aspiración (bar)		1.013	
Presión de impulsión (bar)		2.500	
Carga total (m)		29.90	
Caudal (m³/h)		107.3	
Potencia requerida (kW)		11.74	
Datos del equipo			
Fabricante	KSB	Modelo	Etaprime B
Tipo	Bomba centrífuga de voluta	Material	Acero inoxidable
Rango de caudales (m³/h)	4.0 – 150.0	Potencia máxima (kW)	30.0
Rango de carga total (m)	3.5 – 100.0	Posición	Horizontal
Presión máx. de impulsión (bar)	10.0	Normativa	ISO 5199, ISO2858, ISO3661.
Tipo de conexión	Extremo roscado, brida		
			
			

4.2.6.3 Bombas área 400

Tabla 4.29. Hoja de especificaciones de bombas del área 400.

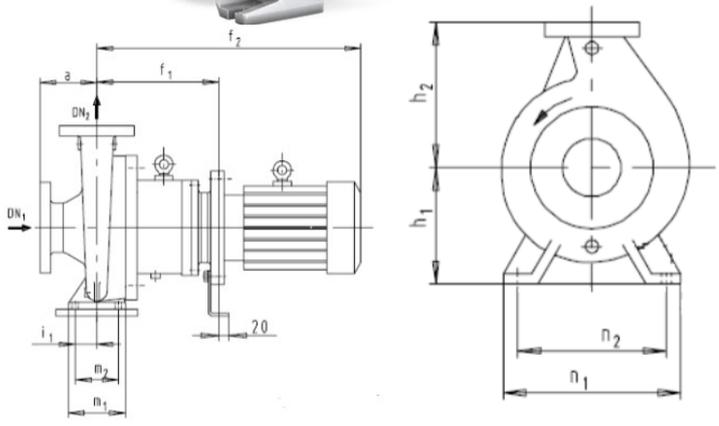
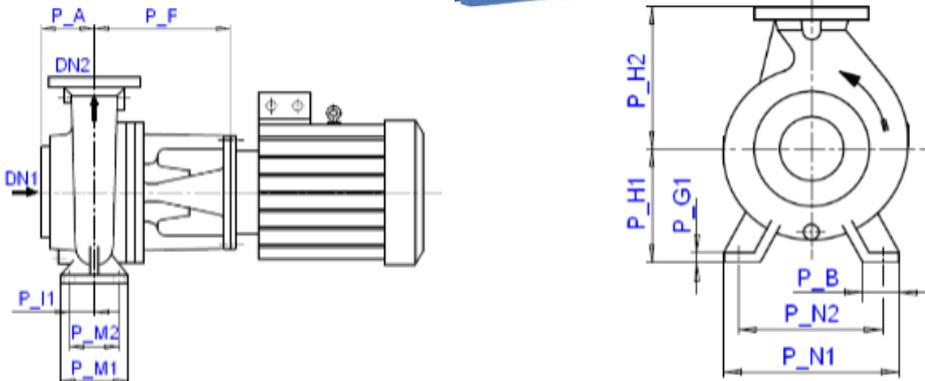
	Hoja de especificación de bombas	Ítem	P-400A, P-400B
		Área	A-400
		Fecha	09/06/2020
		Revisado	Dpto. de calidad
	Hoja 8 de 12	Localidad	La Canonja
Datos generales de la bomba			
Objetivo		Impulsar la salida de fondos de la columna C-401 hacia la columna C-402	
Datos de operación			
Fluido		M04	
Densidad (kg/m³)		950.0	
Temperatura (°C)		93.10	
Presión de aspiración (bar)		1.670	
Presión de impulsión (bar)		2.500	
Carga total (m)		26.24	
Caudal (m³/h)		593.9	
Potencia requerida (kW)		53.80	
Datos del equipo			
Fabricante	KSB	Modelo	Magnochem-Bloc
Tipo	Bomba centrífuga de voluta	Material	Acero inoxidable
Rango de caudales (m³/h)	1.0 - 754.0	Potencia (kW)	90.0
Rango de carga total (m)	3.5 – 236.0	Posición	Horizontal
Presión máx. de impulsión (bar)	40.0	Normativa	ISO 5199, ISO2858, ISO3661, ISO 80079-37.
Tipo de conexión	Brida		UE 2014/34/UE (ATEX)
			
			

Tabla 4.30. Hoja de especificaciones de bombas del área 400.

	Hoja de especificación de bombas	Ítem	P-401A, P-401B
		Área	A-400
		Fecha	09/06/2020
		Revisado	Dpto. de calidad
Hoja 9 de 12		Localidad	La Canonja
Datos generales de la bomba			
Objetivo		Impulsar óxido de etileno del área de purificación A-400 al área de almacenamiento A-600	
Datos de operación			
Fluido		M04	
Densidad (kg/m³)		859.6	
Temperatura (°C)		28.50	
Presión de aspiración (bar)		2.000	
Presión de impulsión (bar)		5.120	
Carga total (m)		60.44	
Caudal (m³/h)		18.67	
Potencia requerida (kW)		3.520	
Datos del equipo			
Fabricante	KSB	Modelo	KWP-Bloc
Tipo	Bomba centrífuga de voluta	Material	Acero Inoxidable
Rango de caudales (m³/h)	4.0 - 330.0	Potencia (kW)	22.0
Rango de carga total (m)	2.0 -100.0	Posición	Horizontal
Presión máx. de impulsión (bar)	10.0	Normativa	ISO 5199, ISO2858, ISO3661, ISO 80079-37
Tipo de conexión	Brida	UE 2014/34/UE (ATEX)	
			
			

4.2.6.4 Bombas área 500

Tabla 4.31. Hoja de especificaciones de bombas del área 500.

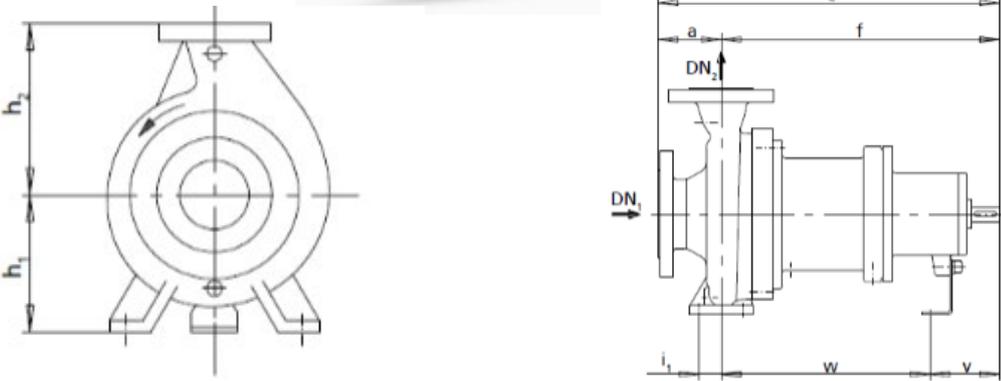
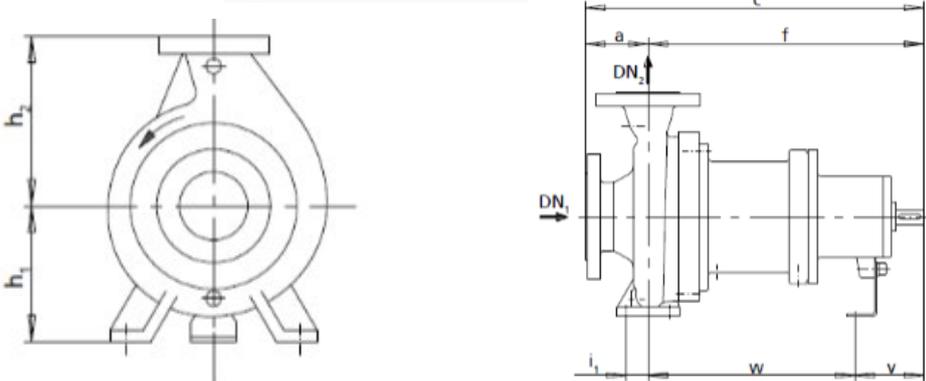
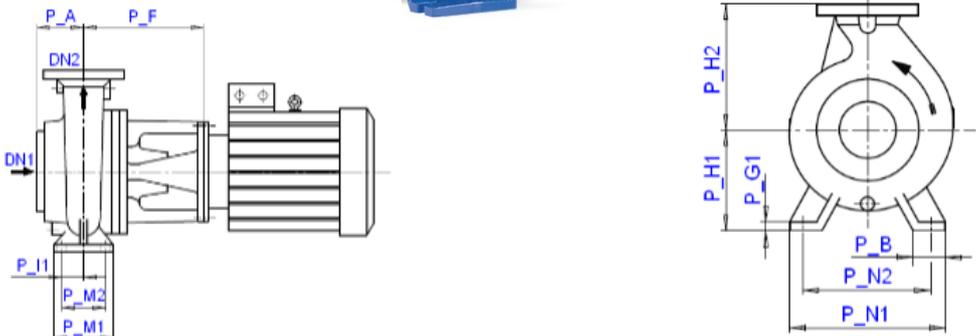
	Hoja de especificación de bombas	Ítem	P-500A, P-500B
		Área	A-500
		Fecha	09/06/2020
		Revisado	Dpto. de calidad
	Hoja 10 de 12	Localidad	La Canonja
Datos generales de la bomba			
Objetivo		Impulsar la corriente de salida del intercambiador E-501 a la columna C-501	
Datos de operación			
Fluido		M07	
Densidad (kg/m³)		44.06	
Temperatura (°C)		62.50	
Presión de aspiración (bar)		1.013	
Presión de impulsión (bar)		40.00	
Carga total (m)		420.8	
Caudal (m³/h)		373.2	
Potencia requerida (kW)		568.2	
Datos del equipo			
Fabricante	KSB	Modelo	CPKN
Tipo	Bomba centrífuga de voluta	Material	Acero Inoxidable
Rango de caudales (m³/h)	4.0 - 1500.0	Potencia máxima (kW)	3200.0
Rango de carga total (m)	20.0-1000.0	Posición	Horizontal
Presión máx. de impulsión (bar)	100.0	Normativa	ISO 5199, ISO2858, ISO3661, ISO 80079-37.
Tipo de conexión	Brida		UE 2014/34/UE (ATEX)
			
			

Tabla 4.32. Hoja de especificaciones de bombas del área 500.

	Hoja de especificación de bombas	Ítem	P-501A, P-501B
		Área	A-500
		Fecha	09/06/2020
		Revisado	Dpto. de calidad
	Hoja 11 de 12	Localidad	La Canonja
Datos generales de la bomba			
Objetivo		Impulsar la corriente de salida del intercambiador E-50 a la columna C-500	
Datos de operación			
Fluido		M09	
Densidad (kg/m³)		44.81	
Temperatura (°C)		40.00	
Presión de aspiración (bar)		36.86	
Presión de impulsión (kPa)		50.00	
Carga total (m)		155.8	
Caudal (m³/h)		364.5	
Potencia requerida (kW)		207.6	
Datos del equipo			
Fabricante	KSB	Modelo	CPKN
Tipo	Bomba centrífuga de voluta	Material	Acero Inoxidable
Rango de caudales (m³/h)	4.0 - 1500.0	Potencia máxima (kW)	3200.0
Rango de carga total (m)	20.0-1000.0	Posición	Horizontal
Presión máx. de impulsión (bar)	100.0	Normativa	ISO 5199, ISO2858, ISO3661, ISO 80079-37.
Tipo de conexión	Brida		UE 2014/34/UE (ATEX)
			
			

4.2.6.5 Bombas área 600

Tabla 4.33. Hoja de especificaciones de bombas del área 600.

	Hoja de especificación de bombas		Ítem	P-600A, P-600B
			Área	A-600
	Hoja 12 de 12		Fecha	09/06/2020
			Revisado	Dpto. de calidad
			Localidad	La Canonja
Datos generales de la bomba				
Objetivo		Impulsar óxido de etileno del área de almacenamiento A-600 al camión cisterna en el área de carga		
Datos de operación				
Fluido		M04		
Densidad (kg/m ³)		859.6		
Temperatura (°C)		15.00		
Presión de aspiración (bar)		5.000		
Presión de impulsión (bar)		6.100		
Carga total (m)		17.69		
Caudal (m ³ /h)		80.00		
Potencia requerida (kW)		4.423		
Datos del equipo				
Fabricante	KSB	Modelo	KWP-Bloc	
Tipo	Bomba centrífuga de voluta	Material	Acero Inoxidable	
Rango de caudales (m ³ /h)	4.0 - 330.0	Potencia (kW)	22.0	
Rango de carga total (m)	2.0 - 100.0	Posición	Horizontal	
Presión máx. de impulsión (bar)	10.0	Normativa	ISO 5199, ISO2858, ISO3661, ISO 80079-37	
Tipo de conexión	Brida		UE 2014/34/UE (ATEX)	
				
				

4.3 Compresores y expansores

Los compresores y expansores serán necesarios cuando se requiera aumentar o disminuir alguna de las corrientes de gases del proceso. Al igual que las bombas, estarán doblados para prever que la producción se vea afectada en caso de malfuncionamiento del compresor o expansor.

4.3.1 Selección del tipo de compresores y expansores

Los compresores se clasifican según su funcionamiento: dinámico (centrífugo y axial) o alternativo. Los compresores dinámicos utilizan un conjunto de cuchillas giratorias para agregar velocidad y presión al fluido. Funcionan a altas velocidades y funcionan con turbinas de vapor o de gas o motores eléctricos. Para una misma presión a conseguir suelen ser más pequeños y menos pesados para un servicio dado que los compresores alternativos, y por lo tanto tienen costos más bajos [8].

Los compresores alternativos usan pistones para empujar el gas a una presión alta. Son comunes en los sistemas de recolección y transmisión de gas natural, pero son menos comunes en las aplicaciones de proceso. Se pueden usar compresores alternativos cuando se deben lograr diferencias de presión muy grandes; sin embargo, dado que producen un flujo pulsante, pueden necesitar un recipiente receptor para amortiguar los pulsos [8].

Es por esto que en ETHOXID se decide trabajar con compresores del tipo dinámico y más específicamente compresores centrífugos. En la planta se tendrán que comprimir caudales muy elevados de gases y por lo tanto se requerirán compresores de elevadas potencias. Los compresores centrífugos son capaces de trabajar con grandes volúmenes, y por lo tanto se conseguirán las potencias deseadas, haciéndolos adecuados para el proceso de ETHOXID.

Los compresores y expansores pueden ser adiabáticos, isoentálpicos o politrópicos. Si se produce la compresión o expansión de gases sin haber transferencia de calor hacia o desde el gas que se está comprimiendo, el proceso es adiabático o isentrópico. Si se elimina el calor del gas durante la compresión o expansión, se puede conseguir la expansión o compresión bajo condiciones de temperaturas constantes, es decir, se logra un ciclo de compresión isotérmica. Un proceso isotérmico debe ocurrir muy lentamente para mantener constante la temperatura del gas. Un proceso adiabático ideal debe ocurrir muy rápidamente sin ningún flujo de energía dentro o fuera del sistema. Es por esto que, en la práctica, la

mayoría de los procesos de expansión y compresión se encuentran en un punto intermedio, o se dice que son politrópicos [8].

Los compresores y expansores en ETHOXID serán politrópicos. Este tipo de máquinas suelen tener eficiencias más elevadas que los adiabáticos para un servicio dado. En el caso en específico de las máquinas de ETHOXID, se contará con eficiencias iguales o superiores al 75%.

Cabe mencionar que al igual que las bombas, los compresores y expansores deberían ser ATEX, sin embargo, debido a los grandes volúmenes de gases que se requieren mover, los equipos con los que se cuenta serán simplemente de acero inoxidable para soportar las temperaturas y presiones con las que se requiere trabajar y para asegurar que no ocurra ningún imprevisto serán controlados de manera que se asegure su correcto funcionamiento.

Los expansores son necesarios para disminuir la presión de una corriente de gases. Los expansores con los que se cuenta en las plantas son del tipo turboexpanders. Los turboexpanders serán turbinas de expansión de tipo centrífugas a través de las cuales se expande la corriente de gas a alta presión para producir trabajo y conseguir una presión menor deseada, el trabajo producido se podrá utilizar para conducir un compresor o generador.

Los compresores en ETHOXID serán de los proveedores *Ingersoll Rand*, ya que es una de las empresas que cuenta con compresores capaces de mover caudales elevados y con altas potencias. Los compresores cumplirán las normas ISO y API indicadas en sus hojas técnicas. Los turboexpanders con los que se cuenta serán de la empresa Atlas Copco.

4.3.2 Nomenclatura de los compresores

Al igual que los demás equipos de la planta, se les ha asignado una nomenclatura a los compresores y a los expansores con el fin de identificarlos más fácilmente. Esta consiste en una K seguida por un número de tres dígitos para los compresores, y EX seguido de un número de tres dígitos para los expansores.

El número de tres dígitos asignado a cada máquina dependerá del área en la que se encuentra. De esta manera, el compresor del área 100 será K-100 y el expansor del área 300 será EX-300.

4.3.3 Listado de compresores y expansores

A continuación se presenta el listado de los compresores y expansores con los que se cuenta en ETHOXID por áreas, seguido por las hojas de especificaciones o fichas técnicas de cada uno de ellos.

En el listado se presenta la potencia requerida por los compresores y la producida por los expansores, además de la *polytropic head*. Estos valores fueron obtenidos a partir del su diseño en el programa ASPEN HYSYS V10, además de otros parámetros que se pueden observar en las **Tablas 11.35-11.41** en el **Capítulo 11**. En el listado de compresores y expansores de a continuación, también se presenta el caudal volumétrico a comprimirse, la presión, longitud y velocidad en los tramos de aspiración e impulsión y el fluido a comprimir.

Tabla 4.34. Listado de compresores y expansores áreas 100, 200, 300, 400, y 500.

		LISTADO DE COMPRESORES Y EXPANSORES		HOJA 1 de 1				PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 100, 200, 300, 400, 500		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES				FECHA: 08/06/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Fluido	Tramo		Presiones (bar)		Q entrada(m ³ /h)	L (m)		Velocidad (m/s)		head(m)	Potencia (kW)
		Desde	Hasta	Aspiración	Impulsión		Aspiración	Impulsión	Aspiración	Impulsión		
K-100	M01	A-100	A-200	10.00	20.15	1875.2	4	32	25.02	28.92	1901.0	157.9
K-100	M01	A-100	A-200	10.00	20.15	1875.2	4	32	25.02	28.92	1901.0	157.9
K-200	M02	A-500	A-200	10.00	20.15	31813	17	12	27.12	29.52	6922.0	9057
K-200	M02	A-500	A-200	10.00	20.15	31813	17	12	27.12	29.52	6922.0	9057
K-300	M02	Tubería 308	E-301	1.20	15.04	788.60	4	4	15.42	22.72	39999.2	117.1
K-300	M02	Tubería 308	E-302	1.20	15.04	788.60	4	4	15.42	22.72	39999.2	117.1
K-400	M02	C-400	C-401	1.50	2.00	6562.5	7	20	19.74	18.66	1776.0	107.2
K-400	M02	C-400	C-401	1.50	2.00	6562.5	7	20	19.74	18.66	1776.0	107.2
K-500	M02	C-300	E-500	10.00	50.05	8029.4	25	3	18.32	25.27	18331.8	5927
K-500	M02	C-300	E-501	10.00	50.05	8029.4	25	3	18.32	25.27	18331.8	5927
EX-300	M02	E-302	Tubería 308	2.97	1.20	40.82	4	3	18.60	22.75	8693.0	2.066
EX-300	M02	E-303	Tubería 308	2.97	1.20	40.82	4	3	18.60	22.75	8693.0	2.066
EX-500	M13	A-500	E-504	50.00	10.03	1575.4	10	4	14.14	20.55	12262.5	2087
EX-500	M13	A-501	E-505	50.00	10.03	1575.4	10	4	14.14	20.55	12262.5	2087

4.3.4 Hojas de especificaciones de compresores y expansores

4.3.4.1 Compresores área 100

Tabla 4.35. Hoja de especificaciones de compresores del área 100.

	Hoja de especificación de compresores	Ítem	K-100A, K100B
		Área	A-100
		Fecha	09/06/2020
		Revisado	Dpto. de calidad
	Hoja 1 de 7	Localidad	La Canonja
Datos generales del compresor			
Objetivo		Impulsar la corriente de reactivos del área A-100 al área A-200	
Datos de operación		Entrada	Salida
Fluido		M01	
Densidad (kg/m³)		12.50	20.64
Temperatura (°C)		24.0	89.4
Presión (bar)		10.00	20.15
Caudal (m³/h)		1845.2	1117.2
Potencia requerida (kW)		157.9	
Datos del equipo			
Fabricante	Ingersoll Rand	Modelo	TURBO-GAS 2040
Tipo	Centrífugo	Potencia máxima (kW)	373
Caudal máximo (m³/h)	3060	P máx de impulsión (bar)	42
Normativas que sigue	ISO 8573-1 clase 0, American Petroleum Institute (API), ISO 9001:2008, ISO 14001:2004		
			

4.3.4.2 Compresores área 200

Tabla 4.36. Hoja de especificaciones de compresores del área 200.

	Hoja de especificación de compresores Hoja 2 de 7	Ítem	K-200A, K200B	
		Área	A-200	
		Fecha	09/06/2020	
		Revisado	Dpto. de calidad	
		Localidad	La Canonja	
Datos generales del compresor				
Objetivo		Impulsar la corriente de recirculación al área de reacción A-200		
Datos de operación		Entrada	Salida	
Fluido		M02		
Densidad (kg/m ³)		11.63	18.54	
Temperatura (°C)		26.25	103.2	
Presión (bar)		10.00	20.15	
Caudal (m ³ /h)		31812.8	19955.9	
Potencia requerida (kW)		9057		
Datos del equipo				
Fabricante	Ingersoll Rand	Modelo	MSG-18	
Tipo	Centrífugo	Potencia máxima (kW)	14900	
Caudal máximo (m³/h)	135900	P máx de impulsión (bar)	41	
Normativas que sigue	ISO 8573-1 clase 0, American Petroleum Institute (API), ISO 9001:2008, ISO 14001:2004			
				

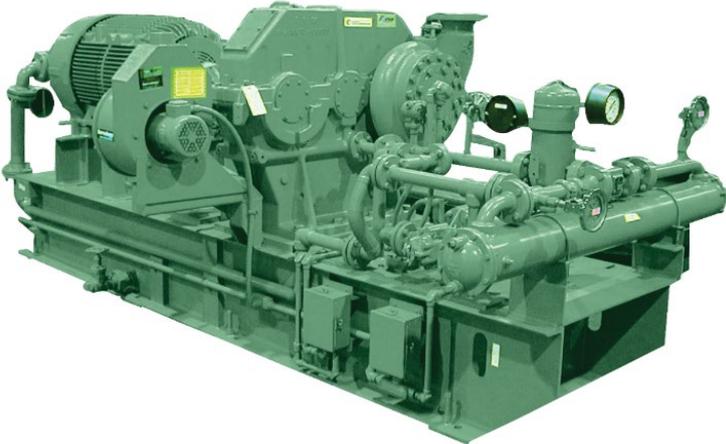
4.3.4.3 Compresores área 300

Tabla 4.37. Hoja de especificaciones de compresores del área 300.

	Hoja de especificación de compresores Hoja 3 de 7	Ítem	K-300A, K300B	
		Área	A-300	
		Fecha	06/09/2020	
		Revisado	Dpto. de calidad	
		Localidad	La Canonja	
Datos generales del compresor				
Objetivo		Impulsar la corriente 28 al intercambiador E-301		
Datos de operación		Entrada	Salida	
Fluido		M02		
Densidad (kg/m³)		11.63	18.54	
Temperatura (°C)		90.0	407.5	
Presión (bar)		1.20	15.0	
Caudal (m³/h)		788.6	117.0	
Potencia requerida (kW)		117.1		
Datos del equipo				
Fabricante	Ingersoll Rand	Modelo	TURBO-GAS 2040	
Tipo	Centrífugo	Potencia máxima (kW)	373	
Caudal máximo (m³/h)	3060	P máx de impulsión (bar)	42	
Normativas que sigue	ISO 8573-1 clase 0, American Petroleum Institute (API), ISO 9001:2008, ISO 14001:2004			
				

4.3.4.4 Compresores área 400

Tabla 4.38. Hoja de especificaciones de compresores del área 400.

	Hoja de especificación de compresores Hoja 4 de 7	Ítem	K-400A, K400B
		Área	A-400
		Fecha	09/06/2020
		Revisado	Dpto. de calidad
		Localidad	La Canonja
Datos generales del compresor			
Objetivo		Impulsar la salida por cabezas de la columna C-400 a la columna C-401	
Datos de operación		Entrada	Salida
Fluido		M02	
Densidad (kg/m³)		2.57	3.22
Temperatura (°C)		38.2	58.4
Presión (bar)		1.50	2.00
Caudal (m³/h)		6562.5	5224.3
Potencia requerida (kW)		107.2	
Datos del equipo			
Fabricante	Ingersoll Rand	Modelo	MSG-2/3
Tipo	Centrífugo	Potencia máxima (kW)	4100
Rango de caudal (m³/h)	4200 - 16800	P máx de impulsión (bar)	100
Normativas que sigue	ISO 8573-1 clase 0, American Petroleum Institute (API), ISO 9001:2008, ISO 14001:2004		
			

4.3.4.5 Compresores área 500

Tabla 4.39. Hoja de especificaciones de compresores del área 500.

	Hoja de especificación de compresores	Ítem	K-500A, K500B	
		Área	A-500	
		Fecha	09/06/2020	
		Revisado	Dpto. de calidad	
	Hoja 5 de 7	Localidad	La Canonja	
Datos generales del compresor				
Objetivo		Impulsar corriente de gases de salida de cabezas de la columna C-300 (área A-300) al área A-500		
Datos de operación		Entrada	Salida	
Fluido		M02		
Densidad (kg/m ³)		11.7	35.0	
Temperatura (°C)		26.2	216.7	
Presión (bar)		10.0	50.1	
Caudal (m ³ /h)		8029.4	2680.6	
Potencia requerida (kW)		5927		
Datos del equipo				
Fabricante	Ingersoll Rand	Modelo	MSG-8/9	
Tipo	Centrífuga	Potencia máxima (kW)	7640	
Caudal máximo (m³/h)	60300	P máx de impulsión (bar)	100	
Normativas que sigue	ISO 8573-1 clase 0, American Petroleum Institute (API), ISO 9001:2008, ISO 14001:2004			
				

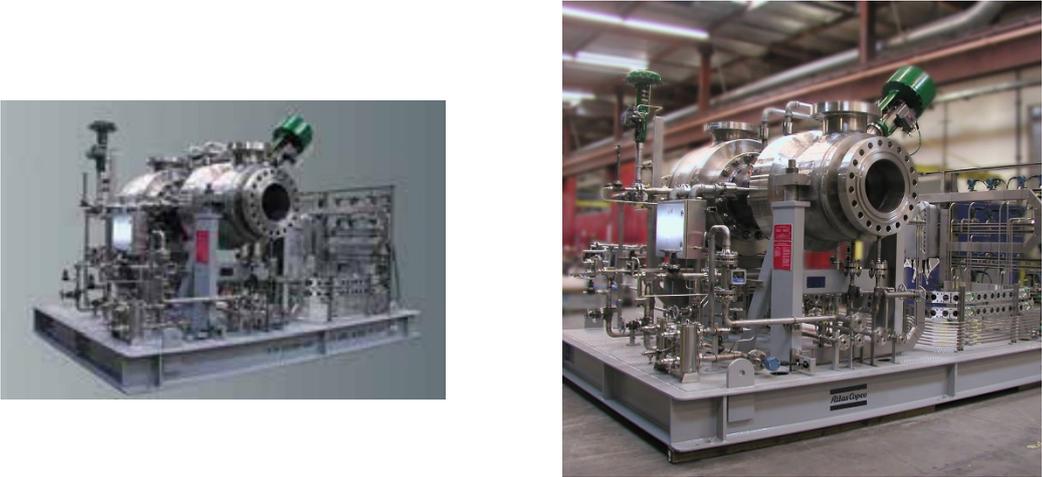
4.3.4.6 Expansores área 300

Tabla 4.40. Hoja de especificaciones de expansores del área 300.

	Hoja de especificación de expansores		Ítem	EX-300A, EX-300B
			Área	A-300
	Fecha	09/06/2020		
	Revisado	Dpto. de calidad		
Hoja 6 de 7		Localidad	La Canonja	
Datos generales del expansor				
Objetivo		Disminuir la presión de la corriente de salida de salida por cabezas del tanque flash T-300		
Datos de operación		Entrada	Salida	
Fluido		M02		
Densidad (kg/m ³)		2.93	1.39	
Temperatura (°C)		110.0	54.4	
Presión (bar)		3.0	1.2	
Caudal (m ³ /h)		40.8	86.5	
Potencia generada (kW)		2.066		
Datos del equipo				
Fabricante	Atlas Copco	Modelo	ETB 190 NS	
Tipo	Turboexpander	Potencia máxima (kW)	1096	
Caudal (m ³ /h)	40.8	P máx de entrada (bar)	200	
Normativas que sigue	ISO 19001, 14001 y 18001, API 617, API 614, API 670 y ANSI B31.3, IEC, NEC, ASME PTC-10 Class II, BS5500			
				

4.3.4.7 Expansores área 500

Tabla 4.41. Hoja de especificaciones de expansores del área 500.

	Hoja de especificación de expansores Hoja 7 de 7	Ítem	EX-500A, EX-500B	
		Área	A-500	
		Fecha	09/06/2020	
		Revisado	Dpto. de calidad	
		Localidad	La Canonja	
Datos generales del expansor				
Objetivo		Disminuir la presión de la corriente que sale del área de purificación de CO ₂ para ser recirculada al área de reacción		
Datos de operación		Entrada	Salida	
Fluido		M13		
Densidad (kg/m³)		56.4624067294332	15.3879244328698	
Temperatura (°C)		40.0	-44.2	
Presión (bar)		50.0	10	
Caudal (m³/h)		1575.37	5752.48	
Potencia generada (kW)		2087		
Datos del equipo				
Fabricante	Atlas Copco	Modelo	ECM - 5.0	
Tipo	Turbocompresor	Potencia máxima (kW)	7303	
Caudal máximo (m³/h)	8100	P máx de entrada (bar)	100	
Normativas que sigue	ISO 19001, 14001 y 18001, API 617, API 614, API 670 y ANSI B31.3, IEC, NEC, ASME PTC-10 Class II, BS5500			
				

4.4 Válvulas y bridas

Las válvulas son de suma importancia para controlar los fluidos que circularán por la red de tuberías. Se utilizan para evitar problemas de sobrepresión, para modificar los flujos, y para controlar su circulación hacia un sitio u otro. En este apartado se hace un listado de todas las válvulas empleadas en la planta, su modo de apertura durante el funcionamiento usual del proceso, su diámetro, y el tipo de unión que tienen estas con la tubería del proceso.

4.4.1 Selección de válvulas y bridas

Los tipos de válvulas empleados en ETHOXID son:

-  Válvulas de todo o nada.
-  Válvulas de retención.
-  Válvulas de regulación.
-  Válvulas de seguridad.

4.4.1.1 Válvulas de todo o nada

Estas válvulas se utilizarán cuando se quiera permitir el flujo por una tubería sin obstáculos o evitarlo por completo. Son válvulas que no son capaces de regular los caudales. Estas válvulas se utilizarán para enrutar el fluido del proceso a diferentes ubicaciones, al iniciar y detener el proceso y para realizar funciones de seguridad.

Dentro de la categoría de válvulas todo o nada, se emplearán las válvulas de compuerta con actuadores neumáticos y válvulas manuales ya que son simples de operar y causan pocas pérdidas de carga en el fluido. Estas válvulas se mantendrán completamente abiertas o cerradas desde la puesta en marcha de la planta y no están pensadas para ser manipuladas durante el proceso excepto en caso de una parada de emergencia.

En la **Figura 4.3** se puede apreciar una de las válvulas todo o nada de compuerta como las que se encuentran en ETHOXID. Estas válvulas serán adquiridas con el proveedor KSB.



Figura 4.3. Válvula de Compuerta

4.4.1.2 Válvulas de regulación de flujo

Las válvulas de regulación de flujo permitirán el control del flujo que circule por las tuberías y por lo tanto el control de diferentes variables del proceso tales como presión, temperatura y nivel. Estas válvulas serán de tipo globo y se utilizarán mayoritariamente para los sistemas bypass de los distintos controles distribuidos a lo largo del proceso como el que se puede observar en la **Figura 4.4**. Estos sistemas se emplearán tanto en la puesta en marcha de la planta, como para actuar en caso de un fallo del sistema, en el cual se cerrarán las válvulas de compuerta anteriores y posteriores a la válvula de control, y el caudal se regulará a partir de la válvula de globo.

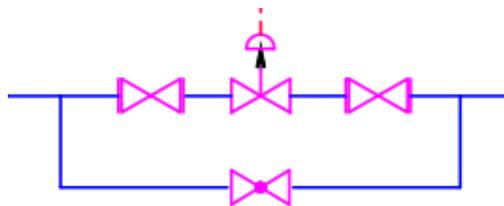


Figura 4.4. Diagrama del bypass de control

Se han elegido las válvulas de regulación tipo globo ya que frente a otro tipo de válvulas, estas tienen la ventaja de ofrecer un buen sistema de regulación del caudal en el rango desde moderado hasta flujo total, a la vez que ofrecen un cierre hermético cuando no están actuando. En la **Figura 4.5** se observa una de las válvulas de globo como las que se utilizan en ETHOXID, del proveedor KSB.



Figura 4.5. Válvula de globo

4.4.1.3 Válvulas de alivio de presión

Adicionalmente, el proceso dispone de válvulas de alivio de presión, como la que se puede observar en la **Figura 4.6**. Estas son calibradas para abrirse en caso de una subida de presión descontrolada en un equipo. Éstas serán usadas en todos aquellos equipos que trabajen a alta presión, así como en las tuberías que transporten fluidos, tanto gases como líquidos a presiones elevadas.



Figura 4.6. Válvula de alivio de presión.

Las válvulas de alivio de presión serán usadas en todos aquellos equipos que trabajen a alta presión, igual o superior a 10 bar, así como en las tuberías que transporten fluidos, tanto gases como líquidos, a presiones elevadas. También serán colocadas en tuberías donde se pudiese dar un repentino aumento de presión por malfuncionamiento de equipos previos, como sería el caso de tuberías posteriores a una bomba o a un compresor y las tuberías en el área de reacción. Adicionalmente, a pesar de no representarse en los diagramas P&ID, se han colocado válvulas de alivio de presión en tuberías cuyo porcentaje de sobrepresión admitido es menor a un 70%.

4.4.1.4 Válvulas en y

Estas válvulas se usan para retener y drenar los sólidos que pueden estar presentes en el fluido. Se usan antes de cualquier bomba, para prevenir los problemas que podrían provocar los sólidos en caso de entrar en éstas, como pérdidas de carga, cavitaciones, o fallos mecánicos que pondrían en riesgo la estructura de la bomba.



Figura 4.7. Válvula en Y

4.4.1.5 Válvulas de retención.

Por último, el proceso dispone también de válvulas de retención, que impiden el posible flujo en contracorriente del fluido, el cual podría producirse en caso de una diferencia de presión entre flujos que se unen. También se dispone de éstas a la salida de elementos como bombas, compresores, e intercambiadores de calor



Figura 4.8. Válvula de retención

4.4.1.6 Válvulas de control y electroválvulas.

A demás de todas las válvulas mencionadas anteriormente, el proceso dispone también de válvulas de control y electroválvulas empleadas en los distintos lazos de control distribuidos al largo de la planta. Éstas no serán listadas a continuación, ya que están recogidas en el **Capítulo 3**. Las válvulas de control actúan como válvulas de regulación, mientras que las electroválvulas actúan como válvulas on-off.



Figura 4.9 Válvula de control



Figura 4.10 Electroválvula

4.4.2 Uniones de válvulas con las tuberías

Como se ha mencionado antes, el reglamento *APQ ITC MIE APQ-2* exige para el caso de producción de óxido de etileno que las uniones en las tuberías sean soldadas excepto las necesarias para un desmontaje para limpieza, en ese caso se pueden utilizar uniones bridadas. Para cumplir con esta norma, los accesorios y conexiones en la planta de ETHOXID serán en su mayoría soldados. En el caso de las válvulas se utilizarán bridas soldadas para facilitar el desmontaje de las tuberías en caso de ser necesaria una limpieza o mantenimiento de la tubería o de la válvula.

En caso de ser una válvula de menos de 5 pulgadas de diámetro nominal, la unión se realizará con un asiento soldado.



Figura 4.11. Brida con asiento para soldar.

En caso de ser una válvula de más de 5 pulgadas de diámetro nominal, la unión se realizará con un cuello soldado.



Figura 4.12. Brida con cuello para soldar

4.4.3 Nomenclatura de las válvulas bridas.

Al igual que para los demás equipos y tuberías, las válvulas y los tipos de conexiones contarán con su propia nomenclatura con el fin de ser identificados de manera sencilla. Las nomenclaturas elegidas se pueden apreciar en las **Tablas 4.42 y 4.43**.

Tabla 4.42. Nomenclatura utilizada para las válvulas en ETHOXID.

Tipo	Válvula	Abreviación válvula
Todo o nada	Compuerta	C
	Manual	M
Retención	Retención	R
Regulación	Globo	G
Seguridad	Alivio	A
	Válvula en Y	Y

Tabla 4.43. Nomenclatura utilizada para las bridas en ETHOXID.

Brida	Abreviación brida
Cuello soldado	C
Asiento soldado	A

4.4.4 Listado de válvulas y conexiones

A continuación se presentan todas las válvulas empleadas en la planta, presentando su modo de apertura durante el funcionamiento usual del proceso, su diámetro, y el tipo de unión que tienen con las tuberías a las que están conectadas. Todas las válvulas tienen un interior de acero inoxidable 316L.

4.4.4.1 Válvulas y conexiones área 100.

Tabla 4.44. Listado de válvulas y conexiones área 100. Tabla 1 de 3.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 1 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 100		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-101	M	5	SS316L	A	Abierta	V-120	C	½	SS316L	A	Abierta
V-102	C	5	SS316L	A	Abierta	V-121	C	½	SS316L	A	Abierta
V-103	C	5	SS316L	A	Abierta	V-122	G	½	SS316L	A	Cerrada
V-104	G	5	SS316L	A	Cerrada	V-123	M	½	SS316L	A	Abierta
V-105	M	4	SS316L	A	Abierta	V-124	C	½	SS316L	A	Abierta
V-106	C	4	SS316L	A	Abierta	V-125	C	½	SS316L	A	Abierta
V-107	C	4	SS316L	A	Abierta	V-126	G	4	SS316L	A	Cerrada
V-108	G	4	SS316L	A	Cerrada	V-127	R	4	SS316L	A	Automática
V-109	M	10	SS316L	C	Abierta	V-128	C	4	SS316L	A	Abierta
V-110	Y	10	SS316L	C	Automática	V-129	C	4	SS316L	A	Abierta
V-111	Y	10	SS316L	C	Automática	V-130	G	4	SS316L	A	Cerrada
V-112	R	8	SS316L	C	Automática	V-131	R	5	SS316L	A	Automática
V-113	R	8	SS316L	C	Automática	V-132	R	5	SS316L	A	Automática
V-114	C	8	SS316L	C	Abierta	V-133	C	5	SS316L	A	Abierta
V-115	C	8	SS316L	C	Abierta	V-134	C	5	SS316L	A	Abierta
V-116	M	8	SS316L	C	Abierta	V-135	G	5	SS316L	A	Cerrada
V-117	C	8	SS316L	C	Abierta	V-136	C	6	SS316L	C	Abierta
V-118	C	8	SS316L	C	Abierta	V-137	C	6	SS316L	C	Abierta
V-119	G	8	SS316L	C	Cerrada	V-138	Y	6	SS316L	C	Automática

Tabla 4.45. Listado de válvulas y conexiones área 100. Tabla 2 de 3.

		LISTADO DE VÁLVULAS				HOJA 2 DE 17		PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 100				POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES		FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	
V-139	Y	6	SS316L	C	Automática	V-156	G	6	SS316L	C	Cerrada	
V-140	R	4	SS316L	A	Automática	V-157	R	6	SS316L	C	Automática	
V-141	R	4	SS316L	A	Automática	V-158	Y	6	SS316L	C	Automática	
V-142	C	4	SS316L	A	Abierta	V-159	Y	6	SS316L	C	Automática	
V-143	C	4	SS316L	A	Abierta	V-160	R	6	SS316L	C	Automática	
V-144	A	4	SS316L	A	Automática	V-161	R	6	SS316L	C	Automática	
V-145	M	6	SS316L	C	Abierta	V-162	C	6	SS316L	C	Abierta	
V-146	Y	6	SS316L	C	Automática	V-163	C	6	SS316L	C	Abierta	
V-147	Y	6	SS316L	C	Automática	V-164	A	6	SS316L	C	Automática	
V-148	R	6	SS316L	C	Automática	V-165	M	6	SS316L	C	Cerrada	
V-149	R	6	SS316L	C	Automática	V-166	Y	6	SS316L	C	Automática	
V-150	C	6	SS316L	C	Abierta	V-167	Y	6	SS316L	C	Automática	
V-151	C	6	SS316L	C	Abierta	V-168	R	6	SS316L	C	Automática	
V-152	A	6	SS316L	C	Automática	V-169	R	6	SS316L	C	Automática	
V-153	M	6	SS316L	C	Abierta	V-170	C	6	SS316L	C	Cerrada	
V-154	C	6	SS316L	C	Abierta	V-171	C	6	SS316L	C	Cerrada	
V-155	C	6	SS316L	C	Abierta	V-172	A	6	SS316L	C	Automática	

Tabla 4.46. Listado de válvulas y conexiones área 100. Tabla 3 de 3.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 3 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 100		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-173	M	6	SS316L	C	Cerrada	V-190	C	5	SS316L	A	Abierta
V-174	C	6	SS316L	C	Cerrada	V-191	C	5	SS316L	A	Abierta
V-175	C	6	SS316L	C	Cerrada	V-192	G	5	SS316L	A	Cerrada
V-176	G	6	SS316L	C	Cerrada	V-193	C	5	SS316L	A	Abierta
V-177	R	6	SS316L	C	Automática	V-194	C	5	SS316L	A	Abierta
V-178	Y	6	SS316L	C	Automática	V-195	G	5	SS316L	A	Cerrada
V-179	Y	6	SS316L	C	Automática	V-196	C	5	SS316L	A	Cerrada
V-180	R	6	SS316L	C	Automática	V-197	C	5	SS316L	A	Cerrada
V-181	R	6	SS316L	C	Automática	V-198	G	5	SS316L	A	Cerrada
V-182	C	6	SS316L	C	Cerrada	V-199	C	5	SS316L	A	Cerrada
V-183	C	6	SS316L	C	Cerrada	V-1100	C	5	SS316L	A	Cerrada
V-184	A	6	SS316L	C	Automática	V-1101	G	5	SS316L	A	Cerrada
V-185	A	6	SS316L	C	Automática	V-1102	A	5	SS316L	A	Automática
V-186	A	6	SS316L	C	Automática	V-1103	A	5	SS316L	A	Automática
V-187	C	6	SS316L	C	Abierta	V-1104	A	5	SS316L	A	Automática
V-188	C	6	SS316L	C	Abierta	V-1105	A	5	SS316L	A	Automática
V-189	G	6	SS316L	C	Cerrada	V-1106	A	5	SS316L	A	Automática

4.4.4.2 Válvulas y conexiones área 200.

Tabla 4.47. Listado de válvulas y conexiones área 200. Tabla 1 de 2.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 4 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 200		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-201	R	26	SS316L	C	Automática	V-216	G	20	SS316L	C	Cerrada
V-202	A	26	SS316L	C	Automática	V-217	R	20	SS316L	C	Automática
V-203	A	20	SS316L	C	Automática	V-218	R	20	SS316L	C	Automática
V-204	C	20	SS316L	C	Abierta	V-219	A	20	SS316L	C	Automática
V-205	C	20	SS316L	C	Abierta	V-220	R	20	SS316L	C	Automática
V-206	G	20	SS316L	C	Cerrada	V-221	A	20	SS316L	C	Automática
V-207	R	20	SS316L	C	Automática	V-222	R	20	SS316L	C	Automática
V-208	A	20	SS316L	C	Automática	V-223	A	20	SS316L	C	Automática
V-209	C	20	SS316L	C	Abierta	V-224	A	30	SS316L	C	Automática
V-210	C	20	SS316L	C	Abierta	V-225	Y	30	SS316L	C	Automática
V-211	G	20	SS316L	C	Cerrada	V-226	C	30	SS316L	C	Abierta
V-212	R	20	SS316L	C	Automática	V-227	R	24	SS316L	C	Automática
V-213	A	20	SS316L	C	Automática	V-228	C	20	SS316L	C	Abierta
V-214	C	20	SS316L	C	Cerrada	V-229	Y	20	SS316L	C	Automática
V-215	C	20	SS316L	C	Cerrada	V-230	C	20	SS316L	C	Abierta

Tabla 4.48. Listado de válvulas y conexiones área 200. Tabla 2 de 2.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 5 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 200		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-231	Y	20	SS316L	C	Automática	V-245	C	10	SS316L	C	Abierta
V-232	R	26	SS316L	C	Automática	V-246	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-233	R	26	SS316L	C	Automática	V-247	R	10	SS316L	C	Automática
V-234	C	26	SS316L	C	Abierta	V-248	C	10	SS316L	C	Abierta
V-235	C	26	SS316L	C	Abierta	V-249	C	10	SS316L	C	Abierta
V-236	C	12	SS316L	C	Abierta	V-250	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-237	C	12	SS316L	C	Abierta	V-251	R	10	SS316L	C	Automática
V-238	G	12	SS316L	C	Cerrada	V-252	C	12	SS316L	C	Abierta
V-239	R	12	SS316L	C	Automática	V-253	C	12	SS316L	C	Abierta
V-240	C	10	SS316L	C	Abierta	V-254	G	12	SS316L	C	Cerrada
V-241	C	10	SS316L	C	Abierta	V-255	R	12	SS316L	C	Automática
V-242	G	10	SS316L	C	Cerrada	V-256	A	5	SS316L	A	Automática
V-243	R	10	SS316L	C	Automática	V-257	A	5	SS316L	A	Automática
V-244	C	10	SS316L	C	Abierta	V-258	A	5	SS316L	A	Automática

4.4.4.3 Válvulas y conexiones área 300.

Tabla 4.49. Listado de válvulas y conexiones área 300. Tabla 1 de 3.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 6 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO					
		ÁREA 300		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020			LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	
V-301	R	28	SS316L	C	Automática	V-316	G	12	SS316L	C	Cerrada	
V-302	C	28	SS316L	C	Abierta	V-317	R	¾	SS316L	A	Automática	
V-303	C	28	SS316L	C	Abierta	V-318	C	¾	SS316L	A	Abierta	
V-304	G	28	SS316L	C	Cerrada	V-319	C	¾	SS316L	A	Abierta	
V-305	C	20	SS316L	C	Abierta	V-320	G	¾	SS316L	A	Cerrada	
V-306	C	20	SS316L	C	Abierta	V-321	R	12	SS316L	C	Automática	
V-307	Y	20	SS316L	C	Automática	V-322	C	12	SS316L	C	Abierta	
V-308	Y	20	SS316L	C	Automática	V-323	C	12	SS316L	C	Abierta	
V-309	R	12	SS316L	C	Automática	V-324	G	12	SS316L	C	Cerrada	
V-310	R	12	SS316L	C	Automática	V-325	R	1	SS316L	A	Automática	
V-311	C	12	SS316L	C	Abierta	V-326	C	1	SS316L	A	Abierta	
V-312	C	12	SS316L	C	Abierta	V-327	C	1	SS316L	A	Abierta	
V-313	Y	12	SS316L	C	Automática	V-328	Y	1	SS316L	A	Automática	
V-314	C	12	SS316L	C	Abierta	V-329	Y	1	SS316L	A	Automática	
V-315	C	12	SS316L	C	Abierta	V-330	R	1	SS316L	A	Automática	

Tabla 4.50. Listado de válvulas y conexiones área 300. Tabla 2 de 3.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 7 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 300		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-331	R	1	SS316L	A	Automática	V-346	Y	5	SS316L	A	Automática
V-332	C	1	SS316L	A	Abierta	V-347	Y	5	SS316L	A	Automática
V-333	C	1	SS316L	A	Abierta	V-348	R	5	SS316L	A	Automática
V-334	C	5	SS316L	A	Abierta	V-349	R	5	SS316L	A	Automática
V-335	C	5	SS316L	A	Abierta	V-350	C	5	SS316L	A	Abierta
V-336	Y	5	SS316L	A	Automática	V-351	C	5	SS316L	A	Abierta
V-337	Y	5	SS316L	A	Automática	V-352	A	5	SS316L	A	Automática
V-338	R	2	SS316L	A	Automática	V-353	R	20	SS316L	C	Automática
V-339	R	2	SS316L	A	Automática	V-354	C	20	SS316L	C	Abierta
V-340	C	2	SS316L	A	Abierta	V-355	C	20	SS316L	C	Abierta
V-341	C	2	SS316L	A	Abierta	V-356	Y	20	SS316L	C	Automática
V-342	A	2	SS316L	A	Automática	V-357	Y	20	SS316L	C	Automática
V-343	R	1	SS316L	A	Automática	V-358	R	12	SS316L	C	Automática
V-344	C	5	SS316L	A	Abierta	V-359	R	12	SS316L	C	Automática
V-345	C	5	SS316L	A	Abierta	V-360	C	12	SS316L	C	Abierta

Tabla 4.51. Listado de válvulas y conexiones área 300. Tabla 3 de 3.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 8 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 300		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-361	C	12	SS316L	C	Abierta	V-373	C	10	SS316L	C	Abierta
V-362	A	12	SS316L	C	Automática	V-374	C	10	SS316L	C	Abierta
V-363	C	10	SS316L	C	Abierta	V-375	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-364	C	10	SS316L	C	Abierta	V-376	R	10	SS316L	C	Automática
V-365	G	10	SS316L	C	Cerrada	V-377	C	10	SS316L	C	Abierta
V-366	R	10	SS316L	C	Automática	V-378	C	10	SS316L	C	Abierta
V-367	C	10	SS316L	C	Abierta	V-379	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-368	C	10	SS316L	C	Abierta	V-380	R	10	SS316L	C	Automática
V-369	G	10	SS316L	C	Cerrada	V-381	A	5	SS316L	A	Automática
V-370	C	10	SS316L	C	Abierta	V-382	R	5	SS316L	A	Automática
V-371	C	10	SS316L	C	Abierta	V-383	A	5	SS316L	A	Automática
V-372	G	10	SS316L	C	Cerrada						

4.4.4.4 Válvulas y conexiones área 400.

Tabla 4.52. Listado de válvulas y conexiones área 400. Tabla 1 de 2.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 9 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 400		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-401	C	14	SS316L	C	Abierta	V-420	C	4	SS316L	A	Abierta
V-402	C	14	SS316L	C	Abierta	V-421	C	4	SS316L	A	Abierta
V-403	Y	14	SS316L	C	Automática	V-422	G	4	SS316L	A	Cerrada
V-404	Y	14	SS316L	C	Automática	V-423	C	22	SS316L	C	Abierta
V-405	R	12	SS316L	C	Automática	V-424	C	22	SS316L	C	Abierta
V-406	R	12	SS316L	C	Automática	V-425	Y	22	SS316L	C	Automática
V-407	C	12	SS316L	C	Abierta	V-426	Y	22	SS316L	C	Automática
V-408	C	12	SS316L	C	Abierta	V-427	R	12	SS316L	C	Automática
V-409	A	12	SS316L	C	Automática	V-428	R	12	SS316L	C	Automática
V-410	C	12	SS316L	C	Abierta	V-429	C	12	SS316L	C	Abierta
V-411	C	12	SS316L	C	Abierta	V-430	C	12	SS316L	C	Abierta
V-412	G	12	SS316L	C	Cerrada	V-431	A	12	SS316L	C	Automática
V-413	C	14	SS316L	C	Abierta	V-432	C	12	SS316L	C	Abierta
V-414	C	14	SS316L	C	Abierta	V-433	C	12	SS316L	C	Abierta
V-415	G	14	SS316L	C	Cerrada	V-434	G	12	SS316L	C	Cerrada
V-416	Y	14	SS316L	C	Automática	V-435	R	12	SS316L	C	Automática
V-417	C	14	SS316L	C	Abierta	V-436	C	14	SS316L	C	Abierta
V-418	R	14	SS316L	C	Automática	V-437	C	14	SS316L	C	Abierta
V-419	R	4	SS316L	A	Automática	V-438	G	14	SS316L	C	Cerrada

Tabla 4.53. Listado de válvulas y conexiones área 400. Tabla 2 de 2.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 10 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 400		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-439	C	4	SS316L	A	Abierta	V-458	C	10	SS316L	C	Abierta
V-440	C	4	SS316L	A	Abierta	V-459	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-441	Y	4	SS316L	A	Automática	V-460	R	10	SS316L	C	Automática
V-442	Y	4	SS316L	A	Automática	V-461	C	10	SS316L	C	Abierta
V-443	R	2 ½	SS316L	A	Automática	V-462	C	10	SS316L	C	Abierta
V-444	R	2 ½	SS316L	A	Automática	V-463	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-445	C	2 ½	SS316L	A	Abierta	V-464	R	10	SS316L	C	Automática
V-446	C	2 ½	SS316L	A	Abierta	V-465	C	10	SS316L	C	Abierta
V-447	C	2 ½	SS316L	A	Abierta	V-466	C	10	SS316L	C	Abierta
V-448	C	2 ½	SS316L	A	Abierta	V-467	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-449	G	2 ½	SS316L	A	Cerrada	V-468	R	10	SS316L	C	Automática
V-450	R	2 ½	SS316L	A	Automática	V-469	C	10	SS316L	C	Abierta
V-451	C	6	SS316L	C	Abierta	V-470	C	10	SS316L	C	Abierta
V-452	C	6	SS316L	C	Abierta	V-471	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-453	G	6	SS316L	C	Cerrada	V-472	R	10	SS316L	C	Automática
V-454	C	12	SS316L	C	Abierta	V-473	A	5	SS316L	A	Automática
V-455	C	12	SS316L	C	Abierta	V-474	A	5	SS316L	A	Automática
V-456	G	12	SS316L	C	Cerrada	V-475	A	5	SS316L	A	Automática
V-457	C	10	SS316L	C	Abierta						

4.4.4.5 Válvulas y conexiones área 500.

Tabla 4.54. Listado de válvulas y conexiones área 500. Tabla 1 de 3.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 11 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 500		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-501	C	16	SS316L	C	Abierta	V-519	C	10	SS316L	C	Abierta
V-502	C	16	SS316L	C	Abierta	V-520	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-503	Y	16	SS316L	C	Automática	V-521	R	2 ½	SS316L	A	Automática
V-504	Y	16	SS316L	C	Automática	V-522	C	2 ½	SS316L	A	Abierta
V-505	R	8	SS316L	C	Automática	V-523	C	2 ½	SS316L	A	Abierta
V-506	R	8	SS316L	C	Automática	V-524	G	2 ½	SS316L	A	Cerrada
V-507	C	8	SS316L	C	Abierta	V-525	R	10	SS316L	C	Automática
V-508	C	8	SS316L	C	Abierta	V-526	C	10	SS316L	C	Abierta
V-509	A	8	SS316L	C	Automática	V-527	C	10	SS316L	C	Abierta
V-510	R	8	SS316L	C	Automática	V-528	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-511	R	8	SS316L	C	Automática	V-529	R	18	SS316L	C	Automática
V-512	C	8	SS316L	C	Abierta	V-530	C	18	SS316L	C	Abierta
V-513	C	8	SS316L	C	Abierta	V-531	C	18	SS316L	C	Abierta
V-514	Y	8	SS316L	C	Automática	V-532	Y	18	SS316L	C	Automática
V-515	Y	8	SS316L	C	Automática	V-533	Y	18	SS316L	C	Automática
V-516	R	3	SS316L	A	Automática	V-534	R	10	SS316L	C	Automática
V-517	R	10	SS316L	C	Automática	V-535	R	10	SS316L	C	Automática
V-518	C	10	SS316L	C	Abierta	V-536	C	10	SS316L	C	Abierta

Tabla 4.55. Listado de válvulas y conexiones área 500. Tabla 2 de 3.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 12 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 500		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-537	C	10	SS316L	C	Abierta	V-553	C	16	SS316L	C	Abierta
V-538	A	10	SS316L	C	Automática	V-554	Y	16	SS316L	C	Automática
V-539	C	1	SS316L	A	Abierta	V-555	Y	16	SS316L	C	Automática
V-540	C	1	SS316L	A	Abierta	V-556	R	10	SS316L	C	Automática
V-541	G	1	SS316L	A	Cerrada	V-557	R	10	SS316L	C	Automática
V-542	A	1	SS316L	A	Automática	V-558	C	10	SS316L	C	Abierta
V-543	R	1	SS316L	A	Automática	V-559	C	10	SS316L	C	Abierta
V-544	C	1	SS316L	A	Abierta	V-560	A	10	SS316L	C	Automática
V-545	C	1	SS316L	A	Abierta	V-561	C	1/8	SS316L	A	Abierta
V-546	G	1	SS316L	A	Cerrada	V-562	C	1/8	SS316L	A	Abierta
V-547	R	1 ¼	SS316L	A	Automática	V-563	G	1/8	SS316L	A	Cerrada
V-548	C	12	SS316L	C	Abierta	V-564	C	10	SS316L	C	Abierta
V-549	C	12	SS316L	C	Abierta	V-565	C	10	SS316L	C	Abierta
V-550	G	12	SS316L	C	Cerrada	V-566	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-551	R	16	SS316L	C	Automática	V-567	R	10	SS316L	C	Automática
V-552	C	16	SS316L	C	Abierta	V-568	C	16	SS316L	C	Abierta

Tabla 4.56. Listado de válvulas y conexiones área 500. Tabla 3 de 3.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 13 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 500		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-569	C	16	SS316L	C	Abierta	V-587	C	10	SS316L	C	Abierta
V-570	G	16	SS316L	C	Cerrada	V-588	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-571	C	3	SS316L	A	Abierta	V-589	R	10	SS316L	C	Automática
V-572	C	3	SS316L	A	Abierta	V-590	C	10	SS316L	C	Abierta
V-573	G	3	SS316L	A	Cerrada	V-591	C	10	SS316L	C	Abierta
V-574	R	12	SS316L	C	Automática	V-592	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-575	R	12	SS316L	C	Automática	V-593	R	10	SS316L	C	Automática
V-576	C	12	SS316L	C	Abierta	V-594	C	10	SS316L	C	Abierta
V-577	C	12	SS316L	C	Abierta	V-595	C	10	SS316L	C	Abierta
V-578	C	12	SS316L	C	Abierta	V-596	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-579	C	12	SS316L	C	Abierta	V-597	R	10	SS316L	C	Automática
V-580	G	12	SS316L	C	Cerrada	V-598	A	5	SS316L	A	Automática
V-581	R	14	SS316L	C	Automática	V-599	A	5	SS316L	A	Automática
V-582	C	10	SS316L	C	Abierta	V-5100	A	5	SS316L	A	Automática
V-583	C	10	SS316L	C	Abierta	V-5101	R	5	SS316L	A	Automática
V-584	G	10	SS316L	C	Cerrada	V-5102	R	5	SS316L	A	Automática
V-585	R	10	SS316L	C	Automática	V-5103	R	5	SS316L	A	Automática
V-586	C	10	SS316L	C	Abierta						

4.4.4.6 Válvulas y conexiones área 600.

Tabla 4.57. Listado de válvulas y conexiones área 600. Tabla 1 de 4.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 14 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 600		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-601	C	2 ½	SS316L	A	Abierta	V-618	C	10	SS316L	C	Abierta
V-602	C	2 ½	SS316L	A	Abierta	V-619	C	10	SS316L	C	Abierta
V-603	G	2 ½	SS316L	A	Cerrada	V-620	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-604	M	5	SS316L	A	Abierta	V-621	R	10	SS316L	C	Automática
V-605	Y	5	SS316L	A	Automática	V-622	A	5	SS316L	A	Automática
V-606	Y	5	SS316L	A	Automática	V-623	R	5	SS316L	A	Automática
V-607	R	5	SS316L	A	Automática	V-624	C	2 ½	SS316L	A	Abierta
V-608	R	5	SS316L	A	Automática	V-625	C	2 ½	SS316L	A	Abierta
V-609	C	5	SS316L	A	Abierta	V-626	G	2 ½	SS316L	A	Cerrada
V-610	C	5	SS316L	A	Abierta	V-627	M	5	SS316L	A	Abierta
V-611	A	5	SS316L	A	Automática	V-628	Y	5	SS316L	A	Automática
V-612	C	10	SS316L	C	Abierta	V-629	Y	5	SS316L	A	Automática
V-613	C	10	SS316L	C	Abierta	V-630	R	5	SS316L	A	Automática
V-614	G	10	SS316L	C	Cerrada	V-631	R	5	SS316L	A	Automática
V-615	C	10	SS316L	C	Abierta	V-632	C	5	SS316L	A	Abierta
V-616	C	10	SS316L	C	Abierta	V-633	C	5	SS316L	A	Abierta
V-617	G	10	SS316L	C	Cerrada	V-634	A	5	SS316L	A	Automática

Tabla 4.58. Listado de válvulas y conexiones área 600. Tabla 2 de 4.

		LISTADO DE VÁLVULAS				HOJA 15 DE 17		PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 600				POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES		FECHA: 25/05/2020			LOCALIDAD: LA CANONJA	
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	
V-635	C	10	SS316L	C	Abierta	V-651	Y	5	SS316L	A	Automática	
V-636	C	10	SS316L	C	Abierta	V-652	Y	5	SS316L	A	Automática	
V-637	G	10	SS316L	C	Cerrada	V-653	R	5	SS316L	A	Automática	
V-638	C	10	SS316L	C	Abierta	V-654	R	5	SS316L	A	Automática	
V-639	C	10	SS316L	C	Abierta	V-655	C	5	SS316L	A	Abierta	
V-640	G	10	SS316L	C	Cerrada	V-656	C	5	SS316L	A	Abierta	
V-641	C	10	SS316L	C	Abierta	V-657	A	5	SS316L	A	Automática	
V-642	C	10	SS316L	C	Abierta	V-658	C	10	SS316L	C	Abierta	
V-643	G	10	SS316L	C	Cerrada	V-659	C	10	SS316L	C	Abierta	
V-644	R	10	SS316L	C	Automática	V-660	G	10	SS316L	C	Cerrada	
V-645	A	5	SS316L	A	Automática	V-661	C	10	SS316L	C	Abierta	
V-646	R	5	SS316L	A	Automática	V-662	C	10	SS316L	C	Abierta	
V-647	C	2 ½	SS316L	A	Abierta	V-663	G	10	SS316L	C	Cerrada	
V-648	C	2 ½	SS316L	A	Abierta	V-664	C	10	SS316L	C	Abierta	
V-649	G	2 ½	SS316L	A	Cerrada	V-665	C	10	SS316L	C	Abierta	
V-650	M	5	SS316L	A	Abierta	V-666	G	10	SS316L	C	Cerrada	

Tabla 4.59. Listado de válvulas y conexiones área 600. Tabla 3 de 4.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 16 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 600		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-667	R	10	SS316L	C	Automática	V-686	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-668	A	5	SS316L	A	Automática	V-687	C	10	SS316L	C	Abierta
V-669	R	5	SS316L	A	Automática	V-688	C	10	SS316L	C	Abierta
V-670	C	2 ½	SS316L	A	Abierta	V-689	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-671	C	2 ½	SS316L	A	Abierta	V-690	R	10	SS316L	C	Automática
V-672	G	2 ½	SS316L	A	Cerrada	V-691	A	5	SS316L	A	Automática
V-673	M	5	SS316L	A	Abierta	V-692	R	5	SS316L	A	Automática
V-674	Y	5	SS316L	A	Automática	V-693	C	2 ½	SS316L	A	Abierta
V-675	Y	5	SS316L	A	Automática	V-694	C	2 ½	SS316L	A	Abierta
V-676	R	5	SS316L	A	Automática	V-695	G	2 ½	SS316L	A	Cerrada
V-677	R	5	SS316L	A	Automática	V-696	M	5	SS316L	A	Abierta
V-678	C	5	SS316L	A	Abierta	V-697	Y	5	SS316L	A	Automática
V-679	C	5	SS316L	A	Abierta	V-698	Y	5	SS316L	A	Automática
V-680	A	5	SS316L	A	Automática	V-699	R	5	SS316L	A	Automática
V-681	C	10	SS316L	C	Abierta	V-6100	R	5	SS316L	A	Automática
V-682	C	10	SS316L	C	Abierta	V-6101	C	5	SS316L	A	Abierta
V-683	G	10	SS316L	C	Cerrada	V-6102	C	5	SS316L	A	Abierta
V-684	C	10	SS316L	C	Abierta	V-6103	A	5	SS316L	A	Automática
V-685	C	10	SS316L	C	Abierta	V-6104	C	10	SS316L	C	Abierta

Tabla 4.60. Listado de válvulas y conexiones área 600. Tabla 4 de 4.

		LISTADO DE VÁLVULAS		HOJA 17 DE 17			PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO				
		ÁREA 600		POLÍGONO INDUSTRIAL GASES NOBLES			FECHA: 25/05/2020		LOCALIDAD: LA CANONJA		
Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo	Nomenclatura	Tipo	NPS (in)	Material	Conexión	Modo
V-6105	C	10	SS316L	C	Abierta	V-6122	R	5	SS316L	A	Automática
V-6106	G	10	SS316L	C	Cerrada	V-6123	R	5	SS316L	A	Automática
V-6107	C	10	SS316L	C	Abierta	V-6124	C	5	SS316L	A	Abierta
V-6108	C	10	SS316L	C	Abierta	V-6125	C	5	SS316L	A	Abierta
V-6109	G	10	SS316L	C	Cerrada	V-6126	A	5	SS316L	A	Automática
V-6110	C	10	SS316L	C	Abierta	V-6127	C	10	SS316L	C	Abierta
V-6111	C	10	SS316L	C	Abierta	V-6128	C	10	SS316L	C	Abierta
V-6112	G	10	SS316L	C	Cerrada	V-6129	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-6113	R	10	SS316L	C	Automática	V-6130	C	10	SS316L	C	Abierta
V-6114	A	5	SS316L	A	Automática	V-6131	C	10	SS316L	C	Abierta
V-6115	R	5	SS316L	A	Automática	V-6132	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-6116	C	2 ½	SS316L	A	Abierta	V-6133	C	10	SS316L	C	Abierta
V-6117	C	2 ½	SS316L	A	Abierta	V-6134	C	10	SS316L	C	Abierta
V-6118	G	2 ½	SS316L	A	Cerrada	V-6135	G	10	SS316L	C	Cerrada
V-6119	M	5	SS316L	A	Abierta	V-6136	R	10	SS316L	C	Automática
V-6120	Y	5	SS316L	A	Automática	V-6137	A	5	SS316L	A	Automática
V-6121	Y	5	SS316L	A	Automática	V-6138	R	5	SS316L	A	Automática

4.5 Accesorios

Para poder formar las líneas estructurales del proceso, los accesorios son de suma importancia. Entre los accesorios necesarios para el sistema de tuberías en la planta de ETHOXID se encuentran los accesorios para la unión, accesorios para prevenir las dilataciones térmicas y accesorios de seguridad, de los cuales los más importantes se presentarán a continuación.

4.5.1 Accesorios para cambio de flujo

Cuando se requiera variar la dirección de una corriente, dividirla en más corrientes, o unir diferentes corrientes en una misma sin cambiar sus condiciones, se utilizarán accesorios de unión de tuberías como codos, tes y cruces. Estos accesorios serán de acero inoxidable 316L para evitar problemas por corrosión y para que sean capaces de soportar las presiones y temperaturas con las que se trabaja en la planta. El tipo de conexión que habrá entre estos y las tuberías será de tipo soldado.

Los codos serán de diferentes ángulos de curvaturas dependiendo de la dirección que se quiera establecer para las tuberías, por ejemplo codos de 45°, 90° y 180°, como los mostrados en la **Figura 4.13**. Los codos serán en su mayoría de largo alcance **AISI 4130** ya que son capaces de sostener las altas presiones.



Figure 4.13 Codos de diferentes curvaturas.

Las T's y las cruces se utilizarán como uniones entre tuberías para combinar o dividir corrientes, su material será como el del resto de accesorios, acero inoxidable 316L.



Figura 4.14. Accesorios T's y cruz.

4.5.2. Disco de ruptura

Aunque en la planta se cuenta con válvulas de seguridad para el alivio de presión, en ciertas circunstancias pueden resultar insuficientes para dar una protección completa. Por este motivo, se realiza la instalación de discos de ruptura como el que se observa en la **Figura 4.15**. Son unos dispositivos de alivio de presión sin cierre repetido del mecanismo, accionados por diferencia de presión entre el interior y exterior y diseñados para funcionar por estallido o venteo de un disco. [19]

Los discos de ruptura se instalarán en los sitios donde:

- ✚ Pueda ocurrir un aumento rápido de la presión
- ✚ Se encuentren fluidos tóxicos cuyo escape por una válvula de seguridad no está permitido.
- ✚ Se encuentren fluidos corrosivos que pueden causar un deterioro progresivo de las válvulas de seguridad.
- ✚ Se encuentren fluidos que pueden depositar sólidos o gomas que interfieran el buen funcionamiento de las válvulas de seguridad.

De esta manera, los discos de ruptura han sido colocados en equipos donde la presión sea igual o superior a 10 bar.



Figure 4.15. Disco de ruptura.

4.5.3 Accesorios contra la dilatación.

Para proteger las tuberías contra dilataciones térmicas es necesario añadir algún accesorio que compense la dilatación. Para ello se han añadido juntas de expansión o compensadores de dilatación que permiten absorber movimientos a lo largo del eje de la tubería para compensar dilataciones térmicas o de otro tipo.



Figure 4.16. Compensadores de dilatación.

4.6 Bibliografía

- [1] American Chemistry Council. *EO Product Stewardship Manual. Design of Facilities*. Última consulta: 10/6/2020. Recuperado de: <https://www.americanchemistry.com/ProductsTechnology/Ethylene-Oxide/EO-Product-Stewardship-Manual-3rd-edition/EO-Product-Stewardship-Manual-Design-of-Facilities.pdf>
- [2] ASME BPVC.VIII.1-2019. *ASME Boiler and Pressure Vessel Code. An International Code*. Última consulta: 12/6/2020. Recuperado de: https://www.academia.edu/39930357/ASME_VIII_-_DIV.1_2019
- [3] ASME B.31. *Código ASME B.31. Para tuberías a presión*. (2008). Última consulta: 12/6/2020. Recuperado de: https://www.academia.edu/26793732/ASME_B31.3_EN_ESPA%C3%91OL_TUBER%C3%8DAS_DE_PROCESO
- [4] Atlas Copco. *Driving Expander Technology*. Última consulta: 9/6/2020. Recuperado de: <https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/compressor-technique/gas-and-process/documents/driving-expander-technology.pdf>
- [5] Cefic. Petrochemistry EU. *Directrices para la distribución de Óxido de Etileno*. Última consulta: 8/6/2020. Recuperado de: https://www.petrochemistry.eu/wp-content/uploads/2018/01/Guidelines_EO_2013_SP_v2.pdf
- [6] CIR. *VENTAJAS Y DIFERENCIAS ENTRE LA LANA DE VIDRIO Y LA LANA MINERAL*. Última consulta: 12/6/2020. Recuperado de: https://cir62.com/blog/35_lana-de-vidrio-lana-mineral-ventajas-y-aplicaciones
- [7] CIS. *ASME allowable stress values "S" of typical stainless steels according to Section II, Part D*. Última consulta: 8/6/2020. Recuperado de: <https://www.cis-inspector.com/asme-code-calculation-allowable-stresses-high-alloy.html>
- [8] Engineering toolbox. *Compression and Expansion of Gases: Isothermal and isentropic gas compression and expansion processes*. Última consulta: 9/6/2020. Recuperado de: https://www.engineeringtoolbox.com/compression-expansion-gases-d_605.html
- [9] Engineering toolbox. *NPS - 'Nominal Pipe Size' and DN - 'Diametre Nominal'*. Última consulta: 9/6/2020. Recuperado de: https://www.engineeringtoolbox.com/nps-nominal-pipe-sizes-d_45.html

- [10] EURO Inox. *Decapado y Pasivado del acero inoxidable*. Última consulta: 13/6/2020. Recuperado de: https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Passivating_Pickling_SP.pdf
- [11] FactStaff. *Fluid Transportation*. Última consulta: 12/6/2020. Recuperado de: <http://facstaff.cbu.edu/rprice/lectures/compress.html>
- [12] Gasparini Industries. *Metales y materiales para bajas temperaturas y aplicaciones criogénicas*. Última consulta: 10/6/2020. Recuperado de: <https://www.gasparini.com/es/blog/metales-materiales-para-bajas-temperaturas/>
- [13] Grainer México. *Brida con asiento para soldar*. Última consulta: 13/6/2020. Recuperado de: <https://www.grainer.com.mx/producto/GRAINER-APPROVED-Brida-con-Asiento-para-Soldar%2C2-1-2%22/p/4HWY9>
- [14] Ingersoll Rand. *Centrifugal Compressors*. Última consulta: 9/6/2020. Recuperado de: <https://www.ingersollrand.com/es-la/air-compressor/products/centrifugal-compressors.html?page=2#resultsTopAnchor>
- [15] ISOVER. *Aislamiento de tuberías. Soluciones de Aislamiento con Lana Mineral*. Última consulta: 12/6/2020. Recuperado de: <https://www.isover.es/sites/isover.es/files/assets/documents/aislamiento-tuberias-2018.pdf>
- [16] ITC MIE APQ-2. *Almacenamiento de Óxido de etileno*. Última consulta: 12/6/2020. Recuperado de: <http://www.apici.es/wp-download/legislacion/ITCMIEAPQ2.pdf>
- [17] KSB España. *Catálogo de productos de KSB*. Última consulta: 8/6/2020. Recuperado de: <https://www.ksb.com/ksb-es/>
- [18] Makeitfrom. *AISI 316L Stainless Steel vs. AISI 317L Stainless Steel*. Última consulta: 9/6/2020. Recuperado de: <https://www.makeitfrom.com/compare/AISI-316L-S31603-Stainless-Steel/AISI-317L-S31703-Stainless-Steel>
- [19] Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España. *NTP Discos de ruptura*. Última consulta: 13/6/2020. Recuperado de: https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_456.pdf/05f82d46-df39-4b36-ab78-944901b9c3c4

[20] Nvent Hoffman. *Los beneficios del acero inoxidable*. Última consulta: 9/6/2020. Recuperado de: https://hoffman.nvent.com/wcsstore/AuroraStorefrontAssetStore/UserDownloads/WhitePapersCaseStudies/WP-00031_ES.pdf

[21] OCTALSTEEL, *Steel Pipe Dimensions Chart ANSI B36.10 & 36.19*, Última consulta: 9/6/2020. Recuperado de: <http://www.octalsteel.com/wp-content/uploads/2018/01/steel-pipe-dimensions-chart-ansi-b36.10-36.19.pdf>

[22] Pump fundamentals. *Calculating maximum allowable piping pressure according to the ASME pressure piping code B31.3*. Última consulta: 9/6/2020. Recuperado de: <https://www.pumpfundamentals.com/help15.html>

[23] PROMETAL. *Diferencias entre acero inoxidable y acero al carbono*. Última consulta: 13/6/2020. Recuperado de: <http://prometal.com.ar/diferencias-acero-inoxidable-acero-al-carbono/#:~:text=El%20acero%20inoxidable%2C%20aparte%20de,cromo%20para%20evitar%20la%20oxidaci%C3%B3n.&text=El%20acero%20al%20carbono%2C%20por,as%C3%AAD%20como%20una%20mayor%20flexibilidad.>

[24] Seguas. *Bombas centrifugas y su uso en instalaciones hidráulicas*. Última consulta: 13/6/2020. Recuperado de: <https://www.seguas.com/bombas-centrifugas-instalaciones-hidraulicas/>

[25] SSE Pipefittings LTD. *Piping Components*, Última consulta: 13/6/2020. Recuperado de: <https://www.ssepipefittings.co.uk/images/SSE%20brochure.pdf>

[26] SOMAS. *ON/OFF VALVES*. Última consulta: 13/6/2020. Recuperado de: <https://somas.se/en/products/valves/on-off-valves/>

[27] UGR. *DISEÑO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS Y CÁLCULO DE LAS BOMBAS*. Última consulta: 12/6/2020. Recuperado de: <https://www.ugr.es/~aulavirtualpfcij/descargas/documentos/BOMBAS%20Y%20TUBERIAS.pdf>